

ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL cambio climático

CAMBIO CLIMÁTICO 2014

Mitigación del cambio climático

Resumen para responsables de políticas
y Resumen técnico

GTIII

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



OMM



PNUMA

Cambio Climático 2014

Mitigación del cambio climático

Resumen para responsables de políticas

Resumen técnico

Parte de la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Editado por

Ottmar Edenhofer
Copresidente
del Grupo de trabajo III
Potsdam Institute for
Climate Impact Research

Ramón Pichs-Madruga
Copresidente
del Grupo de trabajo III
Centro de Investigaciones de
la Economía Mundial

Youba Sokona
Copresidente
del Grupo de trabajo III
South Centre

Jan C. Minx
Jefe de la Unidad
de apoyo técnico

Ellie Farahani
Jefa de operaciones

Susanne Kadner
Jefa científica

Kristin Seyboth
Jefa científica adjunta

Anna Adler
Auxiliar de equipo

Ina Baum
Oficial de proyectos

Steffen Brunner
Economista superior

Patrick Eickemeier
Editor científico

Benjamin Kriemann
Oficial de tecnología de
la información

Jussi Savolainen
Administrador del sitio web

Steffen Schlömer
Científico

Christoph von Stechow
Científico

Timm Zwickel
Científico superior

Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III

© Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático 2015

ISBN 978-92-9169-342-9

La figura RRP.4, originalmente incluida en la versión digital de la presente publicación, contenía un error que se ha corregido en esta versión, una vez finalizados, en enero de 2015, los procedimientos en virtud del Protocolo del IPCC para abordar los posibles errores en sus informes de evaluación, informes de síntesis, informes especiales o informes metodológicos.

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

Foto de la portada:

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

Foto de la dedicatoria:

Elinor Ostrom © dpa

**Prólogo, Prefacio,
Dedicatoria e
In Memoriam**

Prólogo

Cambio Climático 2014: Mitigación del cambio climático es la tercera parte del Quinto Informe de Evaluación (IE5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) —Cambio climático 2013/2014— y ha sido preparada por su Grupo de trabajo III. El volumen evalúa de manera exhaustiva y transparente todas las opciones de interés para atenuar ese fenómeno limitando o evitando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como las actividades que reducen sus concentraciones en la atmósfera.

El presente informe destaca que, a pesar de que el número de políticas de mitigación es cada vez mayor, el crecimiento de las emisiones de GEI se ha acelerado en el último decenio. La evidencia que arrojan cientos de nuevos escenarios de mitigación es que la estabilización del aumento de la temperatura en el siglo XXI requiere un cambio fundamental del statu quo. Al mismo tiempo, refleja que existen diversas trayectorias de emisiones en las que el aumento de temperatura puede limitarse a menos de 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Sin embargo, el logro de este objetivo conlleva importantes desafíos tecnológicos, económicos e institucionales, aún más si se retrasan los esfuerzos de mitigación o se limitan las tecnologías con bajas emisiones de carbono disponibles. La consecución de objetivos de mitigación menos ambiciosos, como limitar el calentamiento a 2,5 °C o 3 °C, implica retos similares, si bien a más largo plazo. Como complemento de estos conocimientos, el informe ofrece una evaluación exhaustiva de las opciones de mitigación relativas a la técnica y el comportamiento en los sectores de la energía, el transporte, los edificios, la industria y el uso del suelo y de las opciones de índole normativa en el ámbito de la gobernanza a escala local a internacional.

Las conclusiones del presente informe han mejorado notablemente nuestra comprensión del abanico de trayectorias de mitigación disponibles y las necesidades tecnológicas, económicas e institucionales sobre las que estas se asientan. El informe llega en el momento oportuno, ya que puede proporcionar información crucial a los negociadores encargados de concertar un nuevo acuerdo al amparo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para 2015. Por ello, en el informe se exige la atención urgente de los responsables de políticas y el público en general.

Desde que en 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon conjuntamente el IPCC, este órgano intergubernamental ha ofrecido con éxito a los responsables de políticas las evaluaciones científicas y técnicas más autorizadas y objetivas que, si bien abordan claramente cuestiones de política, no pretenden ser prescriptivas. A partir de 1990, esta serie de informes de evaluación, informes especiales, documentos técnicos e informes metodológicos y otros productos del IPCC se han convertido en obras de referencia.

La presente evaluación del Grupo de trabajo III es una realidad gracias al compromiso y la dedicación de cientos de expertos de distintas regiones y una amplia gama de disciplinas científicas. La OMM y el

PNUMA se enorgullecen de que muchos de estos expertos pertenezcan a sus comunidades y redes.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a todos los autores, editores-revisores y revisores expertos por contribuir con sus conocimientos, competencia profesional y tiempo. Nos gustaría dar las gracias al personal de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III y a la Secretaría del IPCC por su dedicación.

También estamos agradecidos a los gobiernos que apoyaron la participación de sus científicos en el desarrollo del presente informe y que contribuyeron al Fondo Fiduciario del IPCC para facilitar la participación esencial de expertos de países en desarrollo y países con economías en transición.

Quisiéramos expresar nuestra gratitud al Gobierno de Italia por acoger la reunión exploratoria del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, a los Gobiernos de la República de Corea, Nueva Zelandia y Etiopía, así como a la Universidad de Vigo y al centro de investigación Economics for Energy de España, por acoger las reuniones de redacción de la contribución del Grupo de trabajo III y al Gobierno de Alemania por acoger la duodécima reunión del Grupo de trabajo III, que se celebró en Berlín y en la que se aprobó del informe del Grupo de trabajo III. Quisiéramos también hacer extensivo nuestro agradecimiento a los Gobiernos de India, Perú, Ghana, Estados Unidos de América y Alemania por acoger las reuniones de expertos del Quinto Informe de Evaluación que se celebraron en Calcuta, Lima, Accra, Washington, D.C. y Potsdam, respectivamente. La generosa ayuda financiera del Gobierno de Alemania y el apoyo logístico del Potsdam Institute for Climate Impact Research (Alemania) permitieron el buen funcionamiento de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III. Agradecemos encarecidamente su apoyo.

Quisiéramos agradecer especialmente a Rajendra Pachauri, Presidente del IPCC, su dirección y orientación del Grupo y expresar nuestra profunda gratitud a Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga y Youba Sokona, copresidentes del Grupo de trabajo III, por su liderazgo incansable a lo largo de la elaboración y la producción del presente informe.

M. Jarraud
Secretario General
Organización Meteorológica Mundial



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



Prefacio

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación (IE5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) evalúa de manera exhaustiva y transparente las publicaciones científicas sobre la atenuación del cambio climático. Está basada en la contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del IPCC de 2007, en el Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático de 2011 y en otros informes previos e incorpora los nuevos resultados e investigaciones subsiguientes. En el informe se evalúan las opciones de mitigación en diferentes niveles de gobernanza y en diferentes sectores económicos, así como las consecuencias sociales de las distintas políticas de mitigación, pero no recomienda ninguna opción particular de mitigación.

Enfoque de la evaluación

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación estudia las soluciones posibles de mitigación del cambio climático basándose en las experiencias previas y las expectativas para el futuro. Esta exploración se basa en una evaluación exhaustiva y transparente de las publicaciones científicas, técnicas y socioeconómicas sobre mitigación del cambio climático.

El propósito del informe es facilitar un proceso de deliberación integrado e inclusivo de los objetivos alternativos de política climática y los medios posibles para alcanzarlos (p. ej., tecnologías, políticas y entornos institucionales). Este cometido se logra informando a los responsables de políticas y al público en general de las implicaciones prácticas que conllevan las opciones de políticas alternativas, es decir, los costos y beneficios asociados, los riesgos y las contrapartidas.

Durante el ciclo del Quinto Informe de Evaluación, los científicos del Grupo de Trabajo III desempeñaron una función similar a la que realizan los cartógrafos, ya que identificaron diferentes trayectorias dentro del espacio de soluciones y evaluaron las posibles consecuencias prácticas y las contrapartidas; al mismo tiempo, describieron claramente las incertidumbres y los juicios de valor implícitos. En consecuencia, ahora los responsables de políticas pueden utilizar el presente informe para orientarse en el territorio ampliamente desconocido de la política climática. En lugar de formular recomendaciones sobre cómo resolver los problemas complejos de políticas, el informe ofrece información pertinente que permite que los responsables de políticas puedan valorar las opciones alternativas de mitigación.

Existen cuatro pilares principales para este ejercicio de cartografía:

Exploración de los objetivos alternativos de política climática: El informe establece los requisitos tecnológicos, económicos e institucionales para estabilizar el aumento de la temperatura media glo-

bal en diferentes niveles. Asimismo, informa a los responsables de políticas de los costos y beneficios, riesgos y oportunidades de este aumento, reconociendo que el logro de un objetivo de política puede alcanzarse por medio de diferentes trayectorias.

Transparencia respecto de los juicios de valor: En la decisión sobre qué trayectoria de mitigación se va a seguir influyen una serie de opciones normativas, a veces controvertidas, relacionadas con los objetivos de estabilización a largo plazo, la consideración de otras prioridades sociales y las políticas para alcanzar dichos objetivos. Con frecuencia, los datos son indisolubles de los valores y no existe ninguna posibilidad de resolver las discrepancias en los valores utilizando métodos científicos. Lo que sí puede conseguir una evaluación para fomentar un debate público racional sobre conflictos de valores es emitir juicios de valor implícitos y presentar perspectivas éticas que sean lo más transparentes posible. Por otra parte, deberían abordarse los objetivos de política y las perspectivas éticas asociadas que generarán controversia en el contexto de los medios necesarios para alcanzar estos objetivos, en particular, sus posibles consecuencias y efectos secundarios. Por lo tanto, habida cuenta de la posibilidad de que las medidas de mitigación provoquen efectos adversos, es necesario un modelo de evaluación iterativo.

Múltiples objetivos en el contexto del desarrollo sostenible y la equidad: La exploración exhaustiva de las soluciones posibles en el ámbito de la mitigación del cambio climático reconoce que la mitigación es un objetivo en sí, entre muchos otros, para las instancias decisorias. Estas también pueden estar interesadas en ampliar el significado del concepto de bienestar. Este concepto más amplio también comprende la noción de compartir unos recursos limitados en y entre países, así como entre generaciones. La mitigación del cambio climático se aborda en el presente texto como un problema de objetivos múltiples que está subsumido en un contexto de desarrollo sostenible y equidad más amplio.

Gestión del riesgo: La mitigación del cambio climático puede formularse como un ejercicio de gestión de riesgos. Si bien puede brindar grandes oportunidades a la humanidad, también se asocia a riesgos e incertidumbres, que pueden ser de naturaleza fundamental y difíciles de reducir y manejar. Por tanto, es un requisito básico de cualquier evaluación científica que comunique estas incertidumbres siempre que sea posible, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos.

Alcance del informe

Durante el proceso de exploración del alcance y adopción del esquema de la contribución de Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación, el IPCC se centró en los aspectos de la comprensión actual de la

ciencia de la mitigación del cambio climático que se consideraban más pertinentes para los responsables de políticas.

El Grupo de trabajo III incluyó una sección preliminar ampliada para proporcionar una transparencia total respecto de los conceptos y métodos utilizados en todo el informe, destacando sus juicios de valor subyacentes. Ello comprende un tratamiento mejorado de los riesgos y la percepción del riesgo, las incertidumbres y las cuestiones éticas, así como del desarrollo sostenible.

La exploración del espacio de soluciones para mitigar el cambio climático parte de un nuevo conjunto de escenarios de referencia y mitigación. Por primera vez, el conjunto completo de escenarios proporciona información sobre el forzamiento radiativo y la temperatura que es plenamente coherente con la información proporcionada en la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático pidió al IPCC que aportara las pruebas científicas pertinentes para revisar el objetivo de los 2 °C, así como el posible objetivo de los 1,5 °C. En comparación con el Cuarto Informe de Evaluación, por tanto, el informe evalúa un gran número de escenarios de estabilización con bajas emisiones de carbono que concuerdan ampliamente con el objetivo de los 2 °C. Asimismo, incluye escenarios de políticas que estudian el impacto de las medidas de mitigación diferidas y fragmentadas a nivel internacional y el conjunto de tecnologías de mitigación con restricciones para alcanzar objetivos de mitigación específicos, así como sus costos asociados.

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación presenta varios elementos nuevos. Se dedica un capítulo entero a los asentamientos humanos y las infraestructuras y se abordan las estructuras de gobernanza para el diseño de políticas de mitigación a nivel mundial, regional, nacional y subnacional. El informe concluye con un nuevo capítulo sobre las necesidades de inversión y la financiación.

Estructura del informe

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación consta de cuatro partes:

- Parte I: Introducción (capítulo 1)
- Parte II: Cuestiones esenciales (capítulos 2-4)
- Parte III: Trayectorias para mitigar el cambio climático (capítulos 5-12)
- Parte IV: Evaluación de las políticas, instituciones y financiación (capítulos 13-16)

La parte I contiene una introducción a la contribución del Grupo de trabajo III y sienta las bases para los capítulos posteriores. En ella se describen las “lecciones aprendidas desde el Cuarto Informe de Evaluación” y los “nuevos desafíos para el Quinto Informe de Evaluación”. Se ofrece

también una breve visión general de las “tendencias pasadas, actuales y futuras” de las emisiones de gases de efecto invernadero y se examinan cuestiones relacionadas con las políticas de respuesta al cambio climático, en particular el objetivo definitivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (artículo 2) y las dimensiones humanas del cambio climático (en particular el desarrollo sostenible).

La parte II aborda las cuestiones esenciales que proporcionan transparencia respecto de las bases metodológicas y los conceptos subyacentes, incluidos los juicios de valor pertinentes para evaluar de manera detallada las políticas y medidas de mitigación del cambio climático de las partes siguientes. Cada capítulo aborda importantes cuestiones generales (Capítulo 2: Políticas de respuesta a la evaluación integrada del riesgo y la incertidumbre del cambio climático; Capítulo 3: Conceptos y métodos sociales, económicos y éticos; Capítulo 4: Desarrollo sostenible y equidad) y sirve de referencia para los capítulos siguientes.

La parte III proporciona una evaluación integrada de las posibles trayectorias de mitigación y las respectivas contribuciones e implicaciones sectoriales. Además, combina información transectorial y sectorial sobre las trayectorias de mitigación a largo plazo y las opciones de mitigación a corto y medio plazo en los principales sectores económicos. El capítulo 5 (Impulsores, tendencias y mitigación) proporciona el contexto para los capítulos siguientes al esbozar las tendencias mundiales en los stocks y los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) y los contaminantes climáticos de corta vida por medio de diferentes métodos de contabilización que ofrecen perspectivas complementarias sobre el pasado. También aborda los impulsores de las emisiones, que contribuyen a evaluar el desarrollo histórico de las emisiones de GEI. En el capítulo 6 (Evaluación de las trayectorias de transformación) se analizan 1 200 nuevos escenarios generados por 31 equipos de modelización de todo el mundo a fin de examinar los requisitos previos económicos, tecnológicos e institucionales y las consecuencias de las trayectorias de mitigación con distintos grados de ambición. Los capítulos sectoriales (capítulos 7 a 11) y el capítulo 12 (Asentamientos humanos, infraestructuras y planificación espacial) proporcionan información sobre las diferentes opciones de mitigación en los sistemas energéticos, el transporte, los edificios, la industria, la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo, así como las opciones propias de los asentamientos humanos y la infraestructura, incluidos los posibles cobeneficios, efectos colaterales adversos y costos que podrían estar asociados a cada una de estas opciones. Las trayectorias de transformación descritas en el capítulo 6 se abordan en el contexto de cada sector.

En la parte IV se evalúan las políticas en las diversas escalas de gobernanza. En primer lugar, esta parte aborda la cooperación internacional (capítulo 13), continúa con los niveles regional (capítulo 14), subnacional y nacional (capítulo 15) y concluye con un capítulo que evalúa la inversión transectorial y cuestiones de financiación (capítulo 16). Asimismo, examina la experiencia adquirida con las políticas de mitigación del cambio climático, tanto las políticas en sí como las interacciones de estas en todos los sectores y en todas las escalas, para que los res-

ponsables de políticas puedan comprender la estructura de las políticas que mejor se adecua a los criterios de evaluación, como la efectividad ambiental y económica, entre otros.

El proceso de evaluación

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación es el fruto de la labor conjunta de cientos de expertos destacados en el ámbito de la mitigación del cambio climático y se ha elaborado siguiendo las normas y los procedimientos establecidos por el IPCC. En julio de 2009 se celebró una reunión preparatoria para el Quinto Informe de Evaluación. Las líneas generales para las contribuciones de los tres Grupos de trabajo se aprobaron en la 31ª reunión del IPCC, que tuvo lugar en noviembre de 2009. Los gobiernos y las organizaciones observadoras del IPCC nombraron expertos para el equipo de autores. El equipo, compuesto por 235 autores principales coordinadores y autores principales y 38 editores-revisores seleccionados por la Mesa del Grupo de trabajo III, fue aceptado en la 41ª reunión de la Mesa del IPCC, que se celebró en mayo de 2010. Más de 170 autores contribuyentes presentaron proyectos de texto e información a los equipos de redacción a petición de estos. Se presentaron borradores preparados por los autores para dos rondas formales de revisión por expertos y, a continuación, los gobiernos participaron en una ronda final de comentarios sobre el Resumen para responsables de políticas. Más de 800 revisores expertos y 37 gobiernos presentaron más de 38 000 observaciones por escrito. Los editores-revisores de cada capítulo supervisaron el proceso de revisión para velar por que todas las observaciones sustantivas se tomaran debidamente en cuenta. El Resumen para responsables de políticas se aprobó línea por línea y, a continuación, se aprobaron los capítulos subyacentes en la 12ª reunión del Grupo de trabajo III del IPCC, que se celebró del 7 al 11 de abril de 2014 en Berlín.

Agradecimientos

La elaboración del presente informe ha constituido una gran empresa en la que han participado muchas personas de distintas partes del mundo, aportando una gran variedad de contribuciones. Quisiéramos agradecer a los gobiernos y las instituciones que han tomado parte en el proceso por sus generosas contribuciones, que han hecho posible la participación de autores, editores-revisores, gobiernos y revisores expertos.

La redacción del presente informe ha sido posible gracias a los conocimientos técnicos, al arduo trabajo y al espíritu de excelencia que ha guiado la labor de los autores principales coordinadores y los autores principales, quienes se han beneficiado de la importante asistencia de numerosos autores contribuyentes y asistentes científicos para los capítulos. También quisiéramos expresar nuestra gratitud a los gobiernos y a los revisores expertos por el tiempo y la energía que han puesto en la formulación de observaciones útiles y constructivas a los diferentes proyectos de informe. Los editores-revisores han desempeñado tam-

bién un papel decisivo en el proceso del Quinto Informe de Evaluación, ayudando al equipo de autores a tratar las observaciones y a velar por un debate objetivo de las cuestiones pertinentes.

Quisiéramos también expresar nuestro reconocimiento a los Gobiernos de la República de Corea, Nueva Zelandia y Etiopía, así como a la Universidad de Vigo y al centro de investigación Economics for Energy de España, que, en colaboración con las instituciones locales, acogieron las decisivas reuniones de autores principales del IPCC que se celebraron en Changwon (julio de 2011), Wellington (marzo de 2012), Vigo (noviembre de 2012) y Addis Abeba (julio de 2013). Quisiéramos también hacer extensivo nuestro agradecimiento a los Gobiernos de India, Perú, Ghana, Estados Unidos de América y Alemania por acoger las reuniones de expertos que se celebraron en Calcuta (marzo de 2011), Lima (junio de 2011), Accra (agosto de 2011), Washington, D.C. (agosto 2012), y Potsdam (octubre de 2013), respectivamente. Por último, quisiéramos transmitir nuestra gratitud al Potsdam Institute for Climate Impact Research por acoger a los autores principales coordinadores en su campus para una reunión de clausura (octubre de 2013).

Estamos especialmente agradecidos al Gobierno de Alemania por su contribución y apoyo, en particular al Ministerio Federal de Educación y de Investigación (BMBF) por financiar la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III. Gregor Laumann y Sylke Lenz, del Centro Aeroespacial Alemán (DLR), coordinaron esa financiación y se mostraron siempre dispuestos a dedicar su tiempo y energía a atender a las necesidades del equipo. Quisiéramos dar las gracias también al Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMUB) por su buena colaboración durante todo el ciclo del Quinto Informe de Evaluación y la excelente organización de la 39ª reunión del IPCC —y la 12ª reunión del Grupo de trabajo III del IPCC— y en particular a Nicole Wilke y Lutz Morgenstern. Además, quisiéramos dar las gracias a Christiane Textor del Centro de Coordinación Alemán del IPCC por su excelente colaboración y abnegado trabajo. Agradecemos la contribución del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de la República de Cuba, el Instituto de Meteorología de Cuba y el Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM) y les damos las gracias por su apoyo, al igual que a la Comisión Económica para África de las Naciones Unidas y al Centro Africano de políticas sobre el clima (ACPC).

Hacemos extensiva nuestra gratitud a nuestros colegas en la dirección del IPCC. El Comité Ejecutivo respaldó y facilitó las labores científicas y relativas a los procedimientos de los tres Grupos de trabajo para que completaran sus contribuciones: Rajendra K. Pachauri, Vicente Barros, Ismail El Gizouli, Taka Hiraishi, Chris Field, Thelma Krug, Hoesung Lee, Qin Dahe, Thomas Stocker y Jean-Pascal van Ypersele. Agradecemos especialmente al Presidente del IPCC, Rajendra K. Pachauri, su dedicación, liderazgo y conocimientos.

La Mesa del Grupo de trabajo III, constituida por Antonina Ivanova Boncheva (México), Carlo Carraro (Italia), Suzana Kahn Ribeiro (Brasil), Jim Skea (Reino Unido), Francis Yamba (Zambia) y Taha Zatarí (Arabia Saudita), prestó su asesoramiento de forma permanente y

constructiva durante todo el proceso del Quinto Informe de Evaluación. Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a Renate Christ, Secretaria del IPCC, y al personal de la Secretaría, Gaetano Leone, Jonathan Lynn, Mary Jean Burer, Sophie Schlingemann, Judith Ewa, Jesbin Baidya, Werani Zabula, Joelle Fernandez, Annie Courtin, Laura Biagioni, Amy Smith, Carlos Martin-Novella, Brenda Abrar-Milani y Nina Peeva, que brindaron apoyo logístico en el enlace con los gobiernos y la organización de los viajes de los expertos de países en desarrollo y de países con economías en transición. Damos también las gracias a Francis Hayes por actuar como funcionario de conferencias para la reunión de aprobación del Grupo de trabajo III.

Agradecemos también la labor de diseño gráfico realizada por Kay Schröder y su equipo en Daily-Interactive Digitale Kommunikation, así como las labores realizadas de revisión editorial por Stacy Hunt y su equipo en Confluence Communication, de composición por Gerd Blumenstein y su equipo en Da-TeX, de indexación por Stephen Ingle

y su equipo en WordCo y de impresión por Matt Lloyd y su equipo en Cambridge University Press. Por su parte, el Potsdam Institute for Climate Impact Research acogió y alojó amablemente las oficinas de la Unidad de apoyo técnico.

Por último, aunque no por ello menos importante, con placer expresamos nuestro reconocimiento por sus incansables esfuerzos al personal de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III. Damos las gracias a Jan Minx, Ellie Farahani, Susanne Kadner, Kristin Seyboth, Anna Adler, Ina Baum, Steffen Brunner, Patrick Eickemeier, Benjamin Kriemann, Jussi Savolainen, Steffen Schlömer, Christoph von Stechow y Timm Zwickel por su profesionalidad, creatividad y dedicación en la coordinación de la redacción de los informes y por conseguir un producto final de alta calidad. Agradecemos sinceramente a Hamed Beheshti, Siri Chrobog, Thomas Day, Sascha Heller, Ceren Hic, Lisa Israel, Daniel Mahringer, Inga Römer, Geraldine Satre-Buisson, Fee Stehle y Felix Zoll su apoyo y dedicación.

Atentamente,



Ottmar Edenhofer
Copresidente
del Grupo de trabajo III del IPCC



Ramón Pichs-Madruga
Copresidente
del Grupo de trabajo III del IPCC



Youba Sokona
Copresidente
del Grupo de trabajo III del IPCC

Dedicatoria



Elinor Ostrom
(7 de agosto de 1933 – 12 de junio de 2012)

El presente informe está dedicado a la memoria de Elinor Ostrom, profesora de Ciencias Políticas en la Universidad de Indiana y premio Nobel de Economía. Su labor contribuyó de manera fundamental a la comprensión de la acción colectiva, la confianza y la cooperación en la gestión de los recursos de uso común, incluida la atmósfera. Elinor Ostrom también puso en marcha un programa de investigación que ha alentado a científicos a explorar cómo podía contribuir el solapamiento de políticas a nivel local, nacional, regional e internacional a que la humanidad gestionara el problema del clima. La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación ha empezado a hacer hincapié en la evaluación de la mitigación del cambio climático en diferentes niveles de gobernanza, sectores y regiones. Nos hemos beneficiado enormemente de la visión y el liderazgo intelectual de Elinor Ostrom.

In Memoriam

Luxin Huang (1965-2013)

Autor principal del capítulo 12 sobre asentamientos humanos, infraestructuras y planificación espacial

Leon Jay (Lee) Schipper (1947-2011)

Editor revisor del capítulo 8 sobre transporte

Luxin Huang contribuyó al capítulo 12 sobre asentamientos humanos, infraestructuras y planificación espacial. Durante esta época, fue director del Departamento de Cooperación y Desarrollo Internacional de la Academia de Planificación y Diseño Urbanísticos de China (CAUPD), radicada en Beijing (China), donde trabajó durante 27 años. El prematuro fallecimiento de Luxin Huang a la temprana edad de 48 años sumió en un gran pesar al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Lee Schipper fue un científico destacado en el ámbito del transporte, la energía y el medio ambiente. Esperaba con ilusión colaborar como editor-revisor en el capítulo sobre transporte cuando falleció a la edad de 64 años. Schipper había guardado una estrecha relación con el IPCC durante muchos años y contribuyó como autor principal del capítulo sobre opciones de mitigación en el sector del transporte del Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Echamos de menos sus conocimientos y orientaciones, así como su sentido del humor y gusto por la música.

Ambos investigadores fueron contribuyentes dedicados del proceso de evaluación del IPCC. Su desaparición supone una gran pérdida para la comunidad científica internacional. Los autores y miembros del Grupo de trabajo III del IPCC los recuerdan con afecto.

Índice

Parte preliminar

Prólogo	vii
Prefacio	ix
Dedicatoria	xiii
In Memoriam	xv

RRP

Resumen para responsables de políticas	1
---	----------

RT

Resumen técnico	35
------------------------------	-----------

Anexo

Anexo Glosario, y siglas, abreviaturas y símbolos químicos	119
---	------------

Resumen para responsables de políticas

Resumen para responsables de políticas

Autores del equipo de redacción:

Ottmar Edenhofer (Alemania), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali), Shardul Agrawala (Francia), Igor Alexeyevich Bashmakov (Rusia), Gabriel Blanco (Argentina), John Broome (Reino Unido), Thomas Bruckner (Alemania), Steffen Brunner (Alemania), Mercedes Bustamante (Brasil), Leon Clarke (Estados Unidos de América), Felix Creutzig (Alemania), Shobhakar Dhakal (Nepal/Tailandia), Navroz K. Dubash (India), Patrick Eickemeier (Alemania), Ellie Farahani (Canadá), Manfred Fischedick (Alemania), Marc Fleurbaey (Francia), Reyer Gerlagh (Países Bajos), Luis Gómez-Echeverri (Colombia/Austria), Sujata Gupta (India/Filipinas), Jochen Harnisch (Alemania), Kejun Jiang (China), Susanne Kadner (Alemania), Sivan Kartha (Estados Unidos de América), Stephan Klasen (Alemania), Charles Kolstad (Estados Unidos de América), Volker Krey (Austria/Alemania), Howard Kunreuther (Estados Unidos de América), Oswaldo Lucon (Brasil), Omar Masera (México), Jan Minx (Alemania), Yacob Mulugetta (Etiopía/Reino Unido), Anthony Patt (Austria/Suiza), Nijavalli H. Ravindranath (India), Keywan Riahi (Austria), Joyashree Roy (India), Roberto Schaeffer (Brasil), Steffen Schlömer (Alemania), Karen Seto (Estados Unidos de América), Kristin Seyboth (Estados Unidos de América), Ralph Sims (Nueva Zelandia), Jim Skea (Reino Unido), Pete Smith (Reino Unido), Eswaran Somanathan (India), Robert Stavins (Estados Unidos de América), Christoph von Stechow (Alemania), Thomas Sterner (Suecia), Taishi Sugiyama (Japón), Sangwon Suh (República de Corea/Estados Unidos de América), Kevin Chika Urama (Nigeria/Reino Unido/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hungría), David G. Victor (Estados Unidos de América), Dadi Zhou (China), Ji Zou (China), Timm Zwickel (Alemania)

Autores contribuyentes del equipo de redacción

Giovanni Baiocchi (Reino Unido/Italia), Helena Chum (Brasil/Estados Unidos de América), Jan Fuglestvedt (Noruega), Helmut Haberl (Austria), Edgar Hertwich (Austria/Noruega), Elmar Kriegler (Alemania), Joeri Rogelj (Suiza/Bélgica), H.-Holger Rogner (Alemania), Michiel Schaeffer (Países Bajos), Steven J. Smith (Estados Unidos de América), Detlef van Vuuren (Países Bajos), Ryan Wiser (Estados Unidos de América)

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

IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [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. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Índice

RRP.1	Introducción.....	4
RRP.2	Enfoques en la mitigación del cambio climático.....	4
RRP.3	Tendencias en los <i>stocks</i> y los flujos de los gases de efecto invernadero y sus motores.....	6
RRP.4	Trayectorias y medidas de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible.....	10
RRP.4.1	Trayectorias de mitigación a largo plazo.....	10
RRP.4.2	Trayectorias y medidas de mitigación sectoriales e intersectoriales.....	18
RRP.4.2.1	Trayectorias y medidas de mitigación intersectoriales.....	18
RRP.4.2.2	Suministro de energía.....	21
RRP.4.2.3	Sectores de uso final de la energía.....	23
RRP.4.2.4	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo.....	26
RRP.4.2.5	Asentamientos humanos, infraestructura y planificación espacial.....	27
RRP.5	Políticas e instituciones de mitigación.....	29
RRP.5.1	Políticas sectoriales y nacionales.....	29
RRP.5.2	Cooperación internacional.....	33

RRP.1 Introducción

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación (GTIII IE5) del IPCC evalúa las publicaciones sobre los aspectos científicos, tecnológicos, ambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático. Está basada en la contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación (GTIII IE4) del IPCC, en el Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático y en otros informes previos e incorpora los nuevos resultados e investigaciones subsiguientes. El informe también evalúa las opciones de mitigación a diferentes niveles de gobernanza y en diferentes sectores económicos, así como las consecuencias sociales de las distintas políticas de mitigación, pero no recomienda ninguna opción particular de mitigación.

Este Resumen para responsables de políticas (RRP) se ajusta a la estructura del informe del Grupo de trabajo III. El planteamiento se apoya en una serie de conclusiones destacadas que, en conjunto, ofrecen un resumen conciso. Los fundamentos del Resumen para responsables de políticas figuran en las secciones de los capítulos del informe de base y en el Resumen técnico (RT); las referencias a estos figuran entre corchetes.

El grado de certeza de los resultados de la presente evaluación, al igual que en los informes de los tres Grupos de trabajo, se fundamenta en las evaluaciones realizadas por los equipos de autores 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). La confianza en la validez de un resultado se basa en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (p. ej., los datos, la comprensión mecánica, la teoría, los modelos y el juicio experto) y el nivel de acuerdo.¹ Las estimaciones probabilísticas de las mediciones cuantificadas de la incertidumbre de un resultado se basan en análisis estadísticos de las observaciones o en los resultados de modelos, o en ambos, y en el juicio experto.² Si procede, los resultados también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre. En los párrafos del presente resumen, los términos utilizados para el nivel de confianza, la evidencia y el nivel de acuerdo para un resultado destacado se aplican a las declaraciones subsiguientes del párrafo, a menos que se utilicen nuevos términos para ello.

RRP.2 Enfoques en la mitigación del cambio climático

La mitigación es una intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. La mitigación, junto con la adaptación al cambio climático, contribuye al objetivo expresado en el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):

El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

¹ Para describir la evidencia disponible se utilizan los términos limitada, media o sólida; y, para referirse al nivel de acuerdo, 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*. Para una evidencia y un enunciado de nivel de acuerdo determinados, se pueden asignar niveles de confianza distintos, pero los mayores niveles de evidencia y de acuerdo se corresponden con mayores niveles de confianza. Para más información, consúltese la nota de orientación para los autores principales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC sobre el tratamiento coherente de las incertidumbres.

² Para indicar el grado de probabilidad de un resultado o consecuencia se han utilizado los siguientes términos: prácticamente seguro, 99%-100%; muy probable, 90%-100%; probable, 66%-100%; tan probable como improbable, 33%-66%; improbable, 0%-33%; muy improbable, 0%-10%; y excepcionalmente improbable, 0%-1%. Si procede, se pueden utilizar otros términos (más probable que improbable: >50%-100%, y más improbable que probable: 0%-<50%). La probabilidad resultante de la evaluación se expresa en cursiva, por ejemplo, *muy probable*.

Las políticas climáticas pueden documentarse mediante los descubrimientos de la ciencia y los métodos sistemáticos de otras disciplinas. [1.2, 2.4, 2.5, recuadro 3.1]

El desarrollo sostenible y la equidad proporcionan una base para la evaluación de las políticas climáticas y subrayan la necesidad de evaluar los riesgos del cambio climático.³ Es necesario limitar los efectos del cambio climático para lograr el desarrollo sostenible y la equidad, incluida la erradicación de la pobreza. De igual modo, algunas iniciativas de mitigación podrían socavar la acción relacionada con el derecho a promover el desarrollo sostenible y con el logro de la erradicación de la pobreza y la equidad. Por consiguiente, para realizar una evaluación exhaustiva de las políticas climáticas es preciso ir más allá de la focalización en las políticas de mitigación y adaptación y examinar con mayor amplitud las trayectorias de desarrollo, junto con sus determinantes. [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]

No se logrará una mitigación efectiva 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 gases de efecto invernadero (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.⁴ Por tanto, es necesaria la cooperación internacional para mitigar con efectividad las emisiones de GEI y abordar otras cuestiones del cambio climático [1.2.4, 2.6.4, 3.2, 4.2, 13.2, 13.3]. Además, la investigación y el desarrollo en apoyo de la mitigación crean efectos de derrame de conocimientos. La cooperación internacional puede desempeñar un papel constructivo en el desarrollo, difusión y transferencia de conocimientos y tecnologías ambientalmente racionales [1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3].

A la par de la mitigación y la adaptación surgen cuestiones de equidad y justicia.⁵ Las contribuciones pasadas y futuras de los países a la acumulación de GEI en la atmósfera son diferentes, y los países también afrontan desafíos y circunstancias dispares, y tienen distintas capacidades para abordar la mitigación y la adaptación. La evidencia indica que los resultados que se consideran equitativos pueden desencadenar una cooperación más efectiva. [3.10, 4.2.2, 4.6.2]

Muchas esferas de la formulación de las políticas climáticas implican juicios de valor y consideraciones éticas. Estas esferas varían desde la cuestión de cuánta mitigación se necesita para prevenir una interferencia peligrosa con el sistema climático hasta elecciones entre políticas específicas de mitigación o adaptación [3.1, 3.2]. Se pueden emplear análisis sociales, económicos y éticos para documentar los juicios de valor, análisis que pueden considerar valores de diversos tipos, entre ellos de bienestar, culturales y no humanos [3.4, 3.10].

Entre otros métodos, la evaluación económica se utiliza habitualmente para orientar el diseño de la política climática. Entre las herramientas prácticas de la evaluación económica figuran el análisis costo-beneficio, el análisis costo-efectividad, el análisis multicriterios y la teoría de la utilidad esperada [2.5]. Las limitaciones de estas herramientas están bien documentadas [3.5]. Las teorías éticas basadas en funciones de bienestar social implican que la ponderación distributiva, que considera el diferente valor del dinero para distintas personas, debe aplicarse a medidas monetarias de los beneficios y daños [3.6.1, recuadro RT.2]. Si bien el cálculo de la ponderación distributiva no se ha aplicado con frecuencia para comparar los efectos de las políticas climáticas sobre personas distintas en un momento dado, sí que es una práctica común, haciendo el cálculo por descuento, para la comparación de los efectos en distintos momentos [3.6.2].

La política climática tiene 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 la acción climática. La mitigación y la adaptación pueden influir

³ Véase el Resumen para responsables de políticas de GTII IE5.

⁴ En las ciencias sociales esto se conoce como el 'problema del espacio común global'. Puesto que esta expresión se utiliza en las ciencias sociales, no tiene implicaciones específicas en relación con disposiciones jurídicas o criterios particulares respecto de la distribución de esfuerzos.

⁵ Véase la pregunta frecuente (PF) 3.2 para la aclaración de estos conceptos. La literatura filosófica sobre la justicia y de otro tipo puede aclarar estas cuestiones [3.2, 3.3, 4.6.2].

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, y viceversa, las políticas encaminadas a alcanzar otros objetivos sociales pueden influir en la consecución de los objetivos de mitigación y adaptación [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]. Esas influencias pueden ser sustanciales, aunque a veces difíciles de cuantificar, especialmente en términos de bienestar [3.6.3]. Esta perspectiva de objetivos variados es importante en parte porque ayuda a identificar las esferas en que se contará con un fuerte apoyo a las políticas que consiguen progresos en diversos objetivos [1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1].

La política climática puede documentarse mediante la consideración de una gran variedad de riesgos e incertidumbres, algunos de los cuales son difíciles de medir, en especial los asociados a fenómenos con pocas probabilidades de ocurrir pero que tendrían un impacto considerable si ocurrieran. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, la literatura científica ha examinado los riesgos conexos al cambio climático, la adaptación y las estrategias de mitigación. Para calcular con precisión los beneficios de la mitigación se debe tener en cuenta la gama completa de posibles impactos del cambio climático, incluidos aquellos que tienen grandes consecuencias pero con una baja probabilidad de ocurrencia. De no hacerse así, se podrían subestimar los beneficios de la mitigación (*nivel de confianza alto*) [2.5, 2.6, recuadro 3.9]. La elección de las medidas de mitigación también está influida por las incertidumbres en muchas variables socioeconómicas, incluidas la tasa de crecimiento económico y la evolución de la tecnología (*nivel de confianza alto*) [2.6, 6.3].

El diseño de la política climática está influido por el modo en que las personas y las organizaciones perciben y tienen en cuenta el riesgo y las incertidumbres. A menudo las personas se basan en normas sencillas para las decisiones que toman, como pueden ser la preferencia por el estado habitual de las cosas. Las personas y las organizaciones difieren en cuanto a la aversión al riesgo y la importancia relativa que dan a las ramificaciones de determinadas medidas a largo plazo frente al corto plazo [2.4]. Con la ayuda de métodos formales, el diseño de las políticas se puede mejorar teniendo en cuenta los riesgos y las incertidumbres en los sistemas naturales, socioeconómicos y tecnológicos así como los procesos de decisión, las percepciones, los valores y la riqueza [2.5].

RRP.3 Tendencias en los *stocks* y los flujos de los gases de efecto invernadero y sus motores

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) totales han continuado en aumento de 1970 a 2010 y los mayores aumentos decenales absolutos se han producido al final de ese período (*nivel de confianza alto*). A pesar de que cada vez es mayor el número de políticas de mitigación del cambio climático, las emisiones de GEI anuales aumentaron en promedio 1,0 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂eq) (2,2%) por año entre 2000 y 2010, cifra que contrasta con las 0,4 GtCO₂eq (1,3%) por año entre 1970 y 2000 (figura RRP.1).^{6,7} Las emisiones antropógenas de GEI totales entre 2000 y 2010 fueron las más altas en la historia de la humanidad y llegaron a 49 (±4,5) GtCO₂eq/año en 2010. La crisis económica mundial de 2007/2008 solo consiguió que las emisiones se redujeran temporalmente. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, recuadro RT.5, figura 15.1]

⁶ A lo largo del presente Resumen, las emisiones de GEI se ponderan en potenciales de calentamiento global (PCG) con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) desde el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Todas las métricas entrañan limitaciones e incertidumbres cuando se evalúan las consecuencias de las distintas emisiones. [3.9.6, recuadro RT.5, anexo II.9, RRP de GTI]

⁷ En el presente Resumen se indica la incertidumbre en las emisiones históricas de GEI utilizando intervalos de incertidumbre del 90% a menos que se especifique otra cosa. Los niveles de emisiones de GEI se redondean a dos dígitos significativos en todo el documento; como consecuencia, puede haber pequeñas diferencias en las sumas debido a los redondeos.

Las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en alrededor del 78% del aumento de las emisiones de GEI totales de 1970 a 2010, y la contribución porcentual para el período 2000-2010 fue similar (*nivel de confianza alto*). Las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles llegaron a 32 (±2,7) GtCO₂/año en 2010 y aumentaron alrededor del 3% entre 2010 y 2011 y alrededor del 1%-2% entre 2011 y 2012. De las 49 (±4,5) GtCO₂eq/año antropógenas de GEI emitidas en 2010, el CO₂ sigue siendo el principal GEI antropógeno y representa el 76% (38±3,8 GtCO₂eq/año) del total de GEI antropógenos emitidos en 2010. El 16% (7,8±1,6 GtCO₂eq/año) proviene del metano (CH₄), el 6,2% (3,1±1,9 GtCO₂eq/año) del óxido nitroso (N₂O) y el 2% (1,0±0,2 GtCO₂eq/año) de gases fluorados (figura RRP.1). Anualmente desde 1970 alrededor del 25% de las emisiones antropógenas de GEI han sido en forma de gases distintos del CO₂.⁸ [1.2, 5.2]

RRP

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

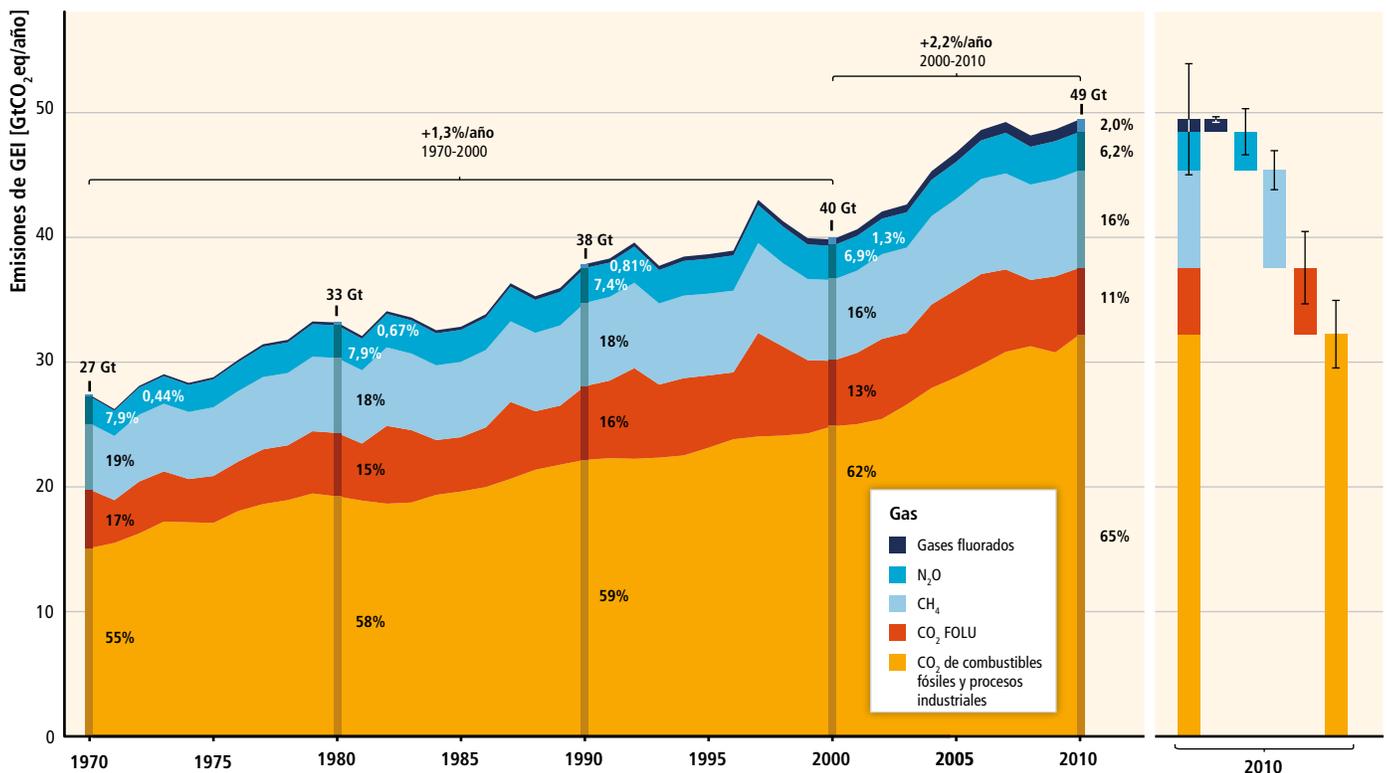


Figura RRP.1 | Emisiones antropógenas anuales de GEI totales (GtCO₂eq/año) por grupos de gases, 1970-2010: CO₂ procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); gases fluorados⁸ abarcados en el Protocolo de Kyoto. En la parte derecha de la figura se muestran las emisiones de GEI en 2010 de nuevo desglosadas por componentes con las incertidumbres asociadas (intervalo de confianza del 90%) indicadas por barras de error. Las incertidumbre en las emisiones antropógenas de GEI totales se deben a las estimaciones para los gases individuales tal como se describe en el capítulo 5 [5.2.3.6]. Las emisiones globales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles se muestran con una incertidumbre del 8% (intervalo de confianza del 90%). Las incertidumbres asociadas a las emisiones de CO₂ procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo son de gran magnitud, del orden de ±50%. Las incertidumbres para las emisiones globales de CH₄, N₂O y los gases fluorados se han estimado en el 20%, el 60% y el 20%, respectivamente. El año 2010 fue el más reciente para el que las estadísticas de las emisiones de todos los gases así como la evaluación de las incertidumbres asociadas estaban fundamentalmente completas en el momento límite de la recogida de datos para este informe. Las emisiones se convierten en CO₂-equivalente sobre la base del PCG₁₀₀⁶ desde el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Los datos de las emisiones de FOLU representan emisiones terrestres de CO₂ debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO₂ procedente de FOLU descrito en el capítulo 11 de este informe. La tasa promedio de crecimiento anual en los distintos periodos se señala con llaves. [figura 1.3, figura RT.1]

⁸ En el presente Resumen, los datos sobre los GEI distintos del CO₂, incluidos los gases fluorados, están tomados de la base de datos EDGAR (anexo II.9), que abarca sustancias incluidas en el Protocolo de Kyoto en su primer período de compromiso.

Alrededor de la mitad de las emisiones antropógenas acumuladas de CO₂ entre 1750 y 2010 se han producido en los últimos 40 años (*nivel de confianza alto*). En 1970 las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la combustión en antorcha desde 1750 fueron de 420±35 GtCO₂; en 2010 ese total acumulado se triplicó hasta alcanzar los 1 300±110 GtCO₂. Las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU)⁹ desde 1750 pasaron de 490±180 GtCO₂ en 1970 a 680±300 GtCO₂ en 2010. [5.2]

Las emisiones antropógenas anuales de GEI han aumentado en 10 GtCO₂eq entre 2000 y 2010, aumento que corresponde de forma directa a los sectores del suministro de energía (47%), la industria (30%), el transporte (11%) y los edificios (3%) (*nivel de confianza medio*). La contabilización de las emisiones indirectas hace que aumenten las contribuciones de los sectores de los edificios y la industria (*nivel de confianza alto*). Desde 2000 las emisiones de GEI han ido en aumento en todos los sectores, excepto en el de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). De las 49 (±4,5) GtCO₂eq emitidas en 2010, el 35% (17 GtCO₂eq) de las emisiones de GEI se liberaron en el sector del suministro de energía, el 24% (12 GtCO₂eq, emisiones netas) en AFOLU, el 21% (10 GtCO₂eq) en la industria, el 14% (7,0 GtCO₂eq) en el transporte y el 6,4% (3,2 GtCO₂eq) en los edificios. Cuando las emisiones derivadas de la producción eléctrica y térmica se atribuyen a los sectores que utilizan la energía final (es decir, emisiones indirectas), las proporciones de los sectores de la industria y los edificios a las emisiones globales de GEI aumentan al 31% y 19%⁷, respectivamente (figura RRP.2). [7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continúan siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO₂ 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 (*nivel de confianza alto*). Entre 2000 y 2010, las emisiones derivadas de ambos factores fueron superiores a las reducciones en las emisiones derivadas de las mejoras en la intensidad energética (figura RRP.3). El mayor uso del carbón respecto de otras fuentes de energía ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual del suministro de energía mundial. [1.3, 5.3, 7.2, 14.3, RT.2.2]

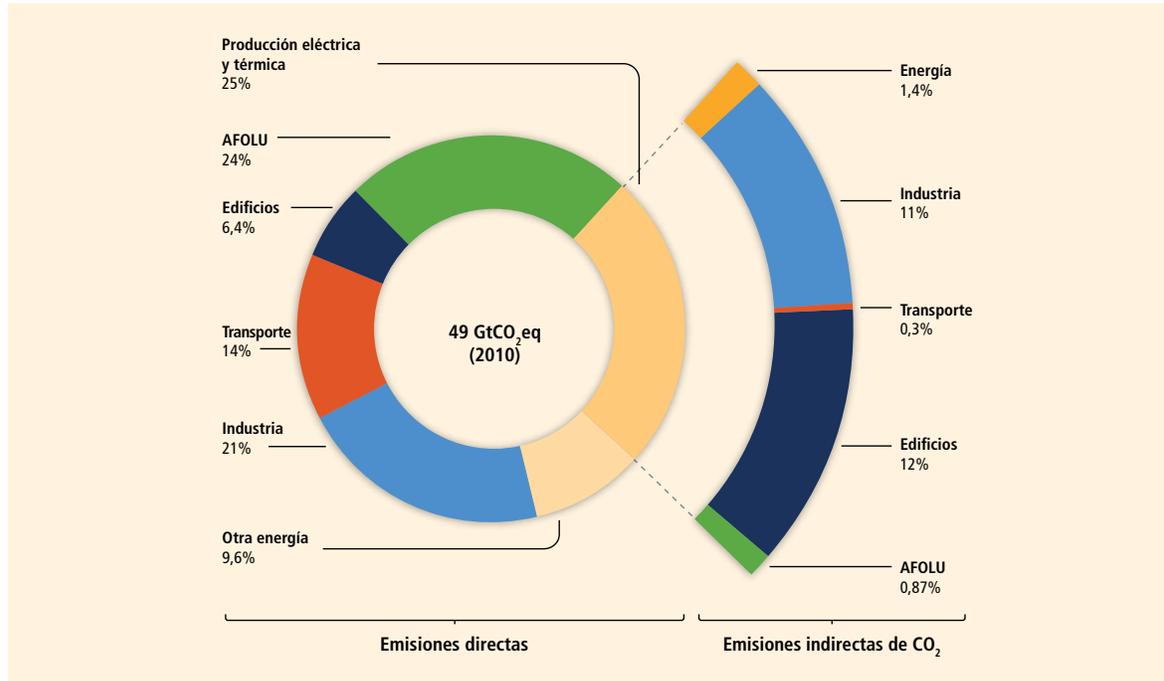
Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas. En los escenarios de referencia en que no se realiza una mitigación adicional se experimentan aumentos en la temperatura media global en superficie en 2100 de 3,7 °C a 4,8 °C en comparación con los niveles preindustriales¹⁰ (rango basado en el promedio de la respuesta climática; el rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando está comprendida la incertidumbre climática; véase el cuadro RRP.1)¹¹ (*nivel de confianza alto*). Los escenarios de emisiones recopilados para realizar esta evaluación representan el forzamiento radiativo total, incluidos los GEI, el ozono troposférico, los aerosoles y el cambio del albedo. En los escenarios de referencia (escenarios sin esfuerzos adicionales explícitos para limitar las emisiones) se superan las 450 partes por millón (ppm) de CO₂eq en 2030 y se alcanzan niveles de concentración de CO₂eq entre 750 y más

⁹ 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 asociadas a la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) de los 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 y remociones derivadas de la agricultura (véase el Glosario de GTIII IE5).

¹⁰ Sobre la base del conjunto de datos de la temperatura global en superficie más prolongado del que se dispone, el cambio observado entre el promedio del período 1850-1900 y el del período de referencia (1986-2005) del Quinto Informe de Evaluación es de 0,61 °C (intervalo de confianza de 5%-95%: 0,55-0,67 °C) [GTI RRP.E], que en este informe se utiliza como aproximación del cambio en la temperatura media global en superficie desde la era preindustrial, indicado como el período anterior a 1750.

¹¹ La incertidumbre climática refleja los percentiles 5° a 95° de los cálculos de los modelos climáticos descritos en el cuadro RRP.1.

Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos



RRP

Figura RRP.2 Emisiones antropógenas de GEI totales (GtCO₂eq/año) por sectores económicos. El círculo interior muestra las proporciones de las emisiones directas de GEI (en porcentaje de las emisiones antropógenas de GEI totales) de cinco sectores económicos en 2010. El arco de círculo exterior muestra cómo las proporciones de las emisiones indirectas de CO₂ (en porcentaje de emisiones antropógenas de GEI totales) derivadas de la producción eléctrica y térmica están atribuidas a sectores de uso final de la energía. 'Otra energía' denota todas las fuentes de emisión de GEI en el sector de la energía definidas en el anexo II que son distintas de la producción eléctrica y térmica [A.II.9.1]. Los datos de las emisiones de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las emisiones terrestres de CO₂ debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO₂ procedente del subsector de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) descritas en el capítulo 11 de este informe. Las emisiones se convierten en CO₂-equivalente sobre la base del PCG₁₀₀⁶ desde el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. En el anexo II.9 se proporcionan definiciones de los sectores. [figura 1.3a, figura RT.3 parte superior]

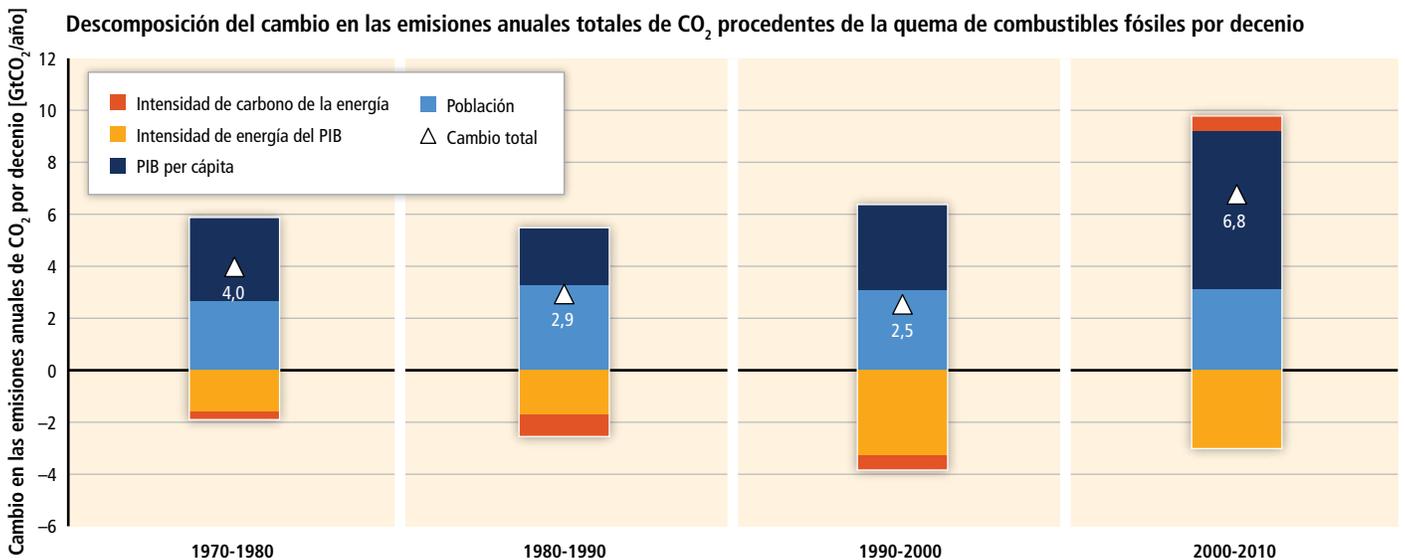


Figura RRP.3 Descomposición del cambio decenal en las emisiones anuales totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles por cuatro factores impulsores: población (PIB) per cápita, intensidad de energía del PIB e intensidad de carbono de la energía. Los segmentos de las barras muestran 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 decenio se miden en gigatoneladas (Gt) de CO₂ por año [GtCO₂/año]; el ingreso se convierte en unidades comunes utilizando paridades de poder adquisitivo. [figura 1.7]

de 1 300 ppm de CO₂eq en 2100. Estos datos son similares a los del rango en los niveles de concentración atmosférica entre las trayectorias de concentración representativas RCP6,0 y RCP8,5 en 2100.¹² A efectos de comparación, se calcula que la concentración de CO₂eq en 2011 es de 430 ppm (intervalo de incertidumbre de 340-520 ppm).¹³ [6.3, recuadro RT.6; GTI figura RRP.5, GTI 8.5, GTI 12.3]

RRP.4 Trayectorias y medidas de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible

RRP.4.1 Trayectorias de mitigación a largo plazo

Hay múltiples escenarios que contemplan diversas opciones tecnológicas y de comportamiento, con diferentes características y consecuencias para el desarrollo sostenible, que son coherentes con distintos niveles de mitigación. Para esta evaluación, se han reunido alrededor de 900 escenarios de mitigación en una base de datos sobre modelos integrados publicados.¹⁴ Esta gama contempla niveles de concentración atmosférica en 2100 que van de 430 ppm de CO₂eq a más de 720 ppm de CO₂eq, lo que es comparable a los niveles de forzamiento en 2100 entre los escenarios RCP2,6 y RCP6,0. Los escenarios fuera de esta gama también se evaluaron, incluyendo algunos escenarios que contemplaban concentraciones en 2100 por debajo de 430 ppm de CO₂eq (más adelante figura un análisis de estos escenarios). Los escenarios de mitigación contemplan una gama de trayectorias tecnológicas, socioeconómicas e institucionales, pero existen incertidumbres y limitaciones asociadas a los modelos y son posibles otras evoluciones fuera de esa gama. (figura RRP.4, parte superior) [6.1, 6.2, 6.3, RT.3.1, recuadro RT.6]

Los escenarios de mitigación en los que es probable que el cambio de temperatura debido a las emisiones antropógenas de GEI pueda mantenerse por debajo de 2 °C en relación con los niveles preindustriales se caracterizan por concentraciones atmosféricas en 2100 de alrededor de 450 ppm de CO₂eq (nivel de confianza alto). En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de alrededor de 500 ppm de CO₂eq en 2100 es más probable que improbable que el cambio de temperatura quede limitado a menos de 2 °C en relación con los niveles preindustriales, salvo que temporalmente se sobrepasen niveles de concentración de unos 530 ppm de CO₂eq

¹² A los efectos de esta evaluación, se recopilaron, mediante un llamamiento abierto, aproximadamente 300 escenarios de referencia y 900 escenarios de mitigación de equipos de modelación integrada de todo el mundo. Esos escenarios son complementarios a los de las trayectorias de concentración representativas (RCP, véase el Glosario de GTIII IE5). Las RCP se caracterizan por el cálculo aproximado que hacen del forzamiento radiativo total en el año 2100 en relación con 1750, esto es, 2,6 vatios por metro cuadrado (W/m²) en el caso del escenario RCP2,6; 4,5 W/m² en el caso del escenario RCP4,5; 6,0 W/m² en el caso del escenario RCP6,0; y 8,5 W/m² en el caso del escenario RCP8,5. Los escenarios reunidos para realizar esta evaluación abarcan una gama ligeramente más amplia de concentraciones en el año 2100 que las cuatro RCP.

¹³ Se basa en la evaluación del forzamiento radiativo antropógeno total para 2011 en relación con 1750 realizada en el Grupo de trabajo I, esto es, 2,3 W/m², con un intervalo de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m². [GTI figura RRP.5, GTI 8.5, GTI 12.3]

¹⁴ Los escenarios a largo plazo evaluados en el Grupo de trabajo III se generaron principalmente mediante modelos integrados de gran escala que hacen proyecciones de muchas características fundamentales de las trayectorias de mitigación para mitad de siglo y posteriormente. Esos modelos vinculan muchos sistemas humanos importantes (por ejemplo, energía, agricultura y uso del suelo, y economía) con procesos físicos asociados con el cambio climático (por ejemplo, el ciclo del carbono). Los modelos aproximan soluciones costo-efectivas que minimizan los costos económicos globales del logro de resultados de mitigación, a menos que estén específicamente limitados a comportarse de otro modo. Se trata de sencillas representaciones convencionales de procesos muy complejos del mundo real, y los escenarios que producen se basan en proyecciones inciertas sobre sucesos y motores claves a menudo en escalas temporales seculares. Las simplificaciones y las diferencias en las hipótesis son el motivo de que los productos generados por diferentes modelos, o distintas versiones del mismo modelo, puedan diferir, y de que las proyecciones de todos los modelos puedan diferir considerablemente de la realidad que representan. [recuadro RT.7, 6.2]

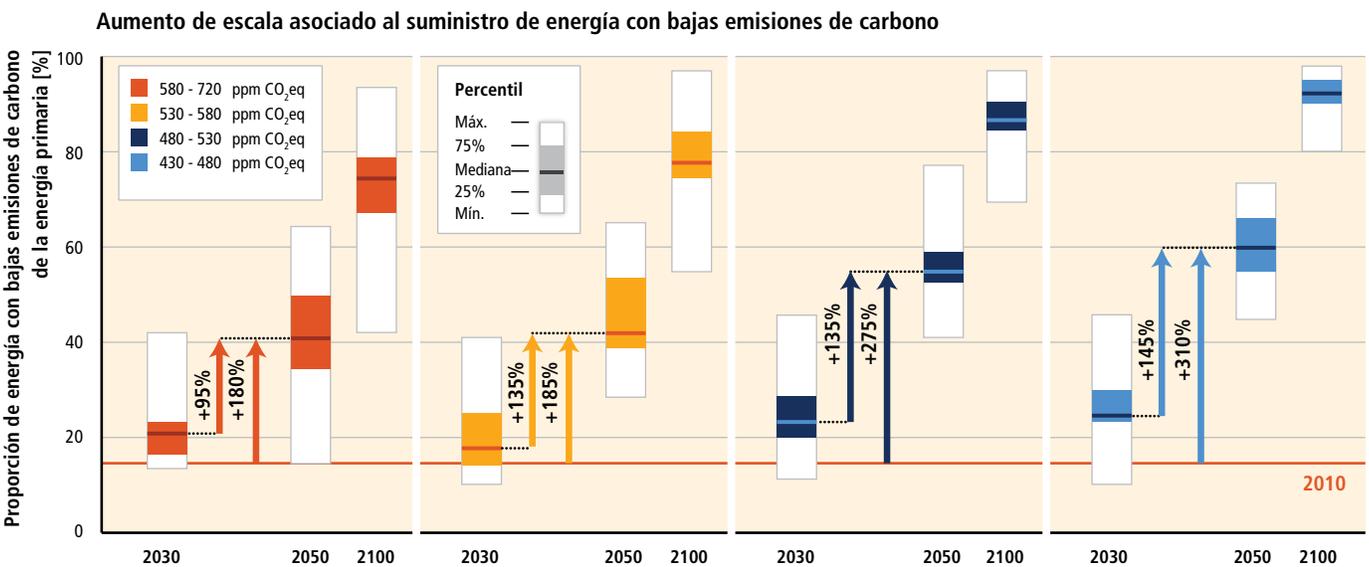
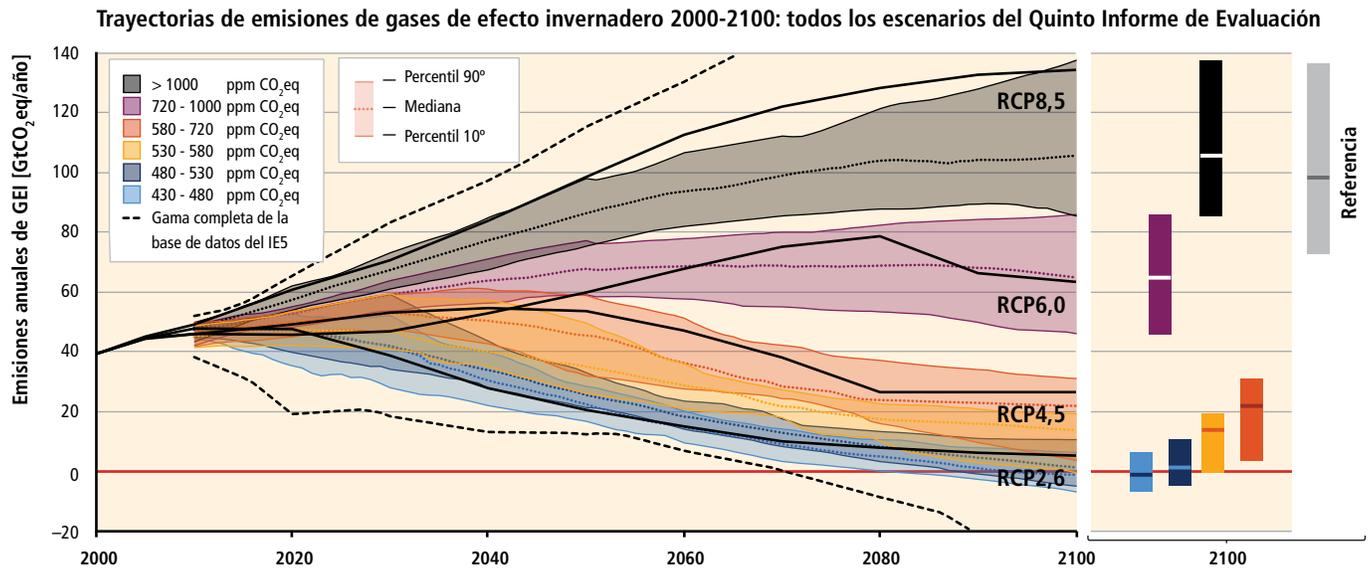


Figura RRP.4 | Trayectorias de las emisiones globales de GEI (GtCO₂eq/año) en los escenarios de referencia y de mitigación para distintos niveles de concentración a largo plazo (parte superior) [figura 6.7] y requisitos del aumento de escala asociados a la energía con bajas emisiones de carbono (porcentaje de energía primaria) para 2030, 2050 y 2100 en comparación con los niveles de 2010 en los escenarios de mitigación (parte inferior) [figura 7.16]. En el gráfico inferior se excluyen los escenarios con limitada disponibilidad tecnológica y trayectorias exógenas de los precios del carbono. Para las definiciones de emisiones de CO₂-equivalente y concentraciones de CO₂-equivalente, véase el Glosario de GTIII IES.

antes de 2100, y en tal caso es *tan probable como improbable* que se alcance ese objetivo.¹⁵ En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de entre 530 y 650 ppm de CO₂eq en 2100 es *más improbable que probable* que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C en relación con los niveles preindustriales. En los escenarios en los que se superan las 650 ppm de CO₂eq en 2100 es *improbable* que el cambio de temperatura quede limitado a menos de 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Los escenarios de mitigación en los que es *más probable que improbable* que el aumento de temperatura se mantenga a menos de 1,5 °C en 2100 en relación con los niveles preindustriales se caracterizan por concentraciones en 2100 por debajo de 430 ppm de CO₂eq. En esos escenarios la temperatura llega a

¹⁵ Los escenarios de mitigación, incluidos aquellos que alcanzan en 2100 concentraciones de aproximadamente 550 ppm de CO₂eq o superiores, pueden temporalmente sobrepasar los niveles de concentración atmosférica de CO₂eq antes de descender a niveles inferiores posteriormente. Ese sobrepaso de la concentración implica que la mitigación es menor a corto plazo con reducciones de las emisiones más rápidas y acentuadas a largo plazo. El sobrepaso hace que aumente la probabilidad de exceder cualquier objetivo determinado de temperatura. [6.3, cuadro RRP.1]

un máximo a lo largo del siglo y luego disminuye. Se pueden hacer otras conjeturas de probabilidad en relación con otros niveles de cambio de temperatura teniendo en cuenta el cuadro RRP.1. [6.3, recuadro RT.6]

En los escenarios en que se alcanzan niveles de concentración atmosférica de alrededor de 450 ppm de CO₂eq en 2100 (cifra coherente con una posibilidad *probable* de que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C en relación con los niveles preindustriales) se consideran recortes sustanciales en las emisiones antropógenas de GEI mediante cambios a gran escala en los sistemas energéticos y posiblemente en el uso del suelo (*nivel de confianza alto*). Los escenarios en los que se alcanzan esas concentraciones en 2100 se caracterizan por menores emisiones globales de GEI en 2050 que en 2010, entre el 40% y el 70% menores a nivel mundial,¹⁶ y por niveles de emisiones en 2100 cercanos a cero GtCO₂eq o negativos. En los escenarios en que se alcanzan aproximadamente 500 ppm de CO₂eq en 2100, los niveles de emisiones en 2050 son de entre el 25% y el 55% menores que en 2010 a nivel mundial. En los escenarios en que se alcanzan aproximadamente 550 ppm de CO₂eq, las emisiones en 2050 están entre el 5% por encima de los niveles de 2010 y el 45% por debajo de los niveles de 2010 a nivel mundial (cuadro RRP.1). A nivel mundial, los escenarios en que se alcanzan aproximadamente 450 ppm de CO₂eq también se caracterizan por aumentos más rápidos de la eficiencia energética y con el triple hasta casi el cuádruple 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 bioenergía con CAC (BECCS) para el año 2050 (figura RRP.4, parte inferior). Estos escenarios describen una amplia gama de cambios en el uso del suelo, lo que refleja diferentes supuestos sobre la escala de producción de bioenergía, forestación y deforestación reducida. Todas esas emisiones, energía y cambios de uso del suelo varían según las regiones.¹⁷ Los escenarios en que se alcanzan concentraciones superiores comprenden cambios similares, pero más lentamente. Por otro lado, en los escenarios en los que se alcanzan concentraciones menores es necesario que esos cambios se produzcan más rápidamente. [6.3, 7.11]

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan alrededor de 450 ppm de CO₂eq en 2100 normalmente conllevan sobrepasos temporales de las concentraciones atmosféricas, al igual que ocurre con muchos escenarios en los que se alcanzan aproximadamente entre 500 ppm y 550 ppm de CO₂eq en 2100. En función del nivel del sobrepaso, en los escenarios en que este ocurre generalmente hay una dependencia de la disponibilidad y el despliegue generalizado de bioenergía con CAC (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 estos métodos y tecnologías están, en diversos grados, asociados con desafíos y riesgos (*nivel de confianza alto*) (véase la sección RRP.4.2).¹⁸ 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. Existe incertidumbre sobre el potencial de despliegue a gran escala de la BECCS, la forestación a gran escala y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono. [2.6, 6.3, 6.9.1, figura 6.7, 7.11, 11.13]

Los niveles estimados de emisiones globales de GEI en 2020 basados en los Compromisos de Cancún no son coherentes con trayectorias de mitigación costo-efectivas a largo plazo 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 (concentraciones en 2100 entre aproximadamente 450 y 500 ppm de CO₂eq), pero no excluyen

¹⁶ Esta gama difiere de la presentada para una categoría similar de concentración en el Cuarto Informe de Evaluación (50%-85% menor que en 2000 solo para el CO₂). Entre los motivos de esta diferencia cabe destacar que en este informe se ha evaluado un número mucho mayor de escenarios que en el Cuarto Informe de Evaluación y se consideran todos los GEI. Además, una gran proporción de los nuevos escenarios contemplan tecnologías de remoción de dióxido de carbono (véase más adelante). También cabe aducir otros factores como el uso de niveles de concentración en 2100 en lugar de estabilización, así como el desplazamiento del año de referencia de 2000 a 2010. Los escenarios con mayores emisiones en 2050 se caracterizan por una gran dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mediados de siglo.

¹⁷ A nivel nacional, el cambio se considera más efectivo cuando refleja visiones y enfoques nacionales y locales para lograr el desarrollo sostenible de acuerdo con circunstancias y prioridades nacionales. [6.4, 11.8.4, GTII RRP].

¹⁸ Según la evaluación del Grupo de trabajo I, los métodos de remoción de dióxido de carbono tienen limitaciones biogeoquímicas y tecnológicas para expresar todo su potencial a escala mundial. No se dispone de suficientes conocimientos para cuantificar la cantidad de emisiones de CO₂ que se podrían compensar parcialmente con los métodos de remoción en una escala secular. Los métodos de remoción de CO₂ tienen efectos colaterales y consecuencias a largo plazo a escala mundial. [GTI RRP.E.8]

Cuadro RRP.1 | Características principales de los escenarios recopilados y evaluados para la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación. Se muestran para todos los parámetros los percentiles 10º y 90º de los escenarios.^{1,2} [cuadro 6.3]

Concentraciones en 2100 [ppm de CO ₂ eq]	Subcategorías	Posición relativa de las RCP ⁵	Emisiones acumuladas de CO ₂ [GtCO ₂]		Cambio en las emisiones de CO ₂ eq en comparación con 2010 [%] ⁴		Cambio de temperatura (en relación con 1850-1900) ^{5,6}				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	Cambio de temperatura en 2100 [°C] ⁷	Probabilidad de permanecer por debajo del nivel de temperatura después de 2100 ⁸			
								1,5 °C	2,0 °C	3,0 °C	4,0 °C
< 430	Solo un número reducido de estudios de modelos contemplan niveles por debajo de 430 ppm de CO ₂ eq										
450 (430-480)	Rango total ¹⁰	RCP2,6	550-1300	630-1180	-72 a -41	-118 a -78	1,5-1,7 (1,0-2,8)	Más improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480-530)	Sin sobrepasar 530 ppm de CO ₂ eq		860-1180	960-1430	-57 a -42	-107 a -73	1,7-1,9 (1,2-2,9)	Improbable	Más probable que improbable		
	Sobrepasando 530 ppm de CO ₂ eq		1130-1530	990-1550	-55 a -25	-114 a -90	1,8-2,0 (1,2-3,3)		Tan probable como improbable		
550 (530-580)	Sin sobrepasar 580 ppm de CO ₂ eq		1070-1460	1240-2240	-47 a -19	-81 a -59	2,0-2,2 (1,4-3,6)	Improbable	Más improbable que probable ¹²	Probable	Probable
	Sobrepasando 580 ppm de CO ₂ eq		1420-1750	1170-2100	-16 a 7	-183 a -86	2,1-2,3 (1,4-3,6)				
(580-650)	Rango total	RCP4,5	1260-1640	1870-2440	-38 a 24	-134 a -50	2,3-2,6 (1,5-4,2)	Improbable	Más probable que improbable	Probable	Probable
(650-720)	Rango total		1310-1750	2570-3340	-11 a 17	-54 a -21	2,6-2,9 (1,8-4,5)				
(720-1000)	Rango total	RCP6,0	1570-1940	3620-4990	18 a 54	-7 a 72	3,1-3,7 (2,1-5,8)	Improbable ¹¹	Más improbable que probable		
> 1000	Rango total	RCP8,5	1840-2310	5350-7010	52 a 95	74 a 178	4,1-4,8 (2,8-7,8)	Improbable ¹¹	Improbable	Más improbable que probable	

¹ El 'rango total' para los escenarios de 430-480 ppm de CO₂eq corresponde al intervalo de los percentiles 10º-90º de la subcategoría de esos escenarios mostrados en el cuadro 6.3.

² Los escenarios de referencia (véase RRP.3) están en las categorías de >1 000 y 720-1 000 ppm de CO₂eq. La última categoría también comprende escenarios de mitigación. Los escenarios de referencia en la última categoría alcanzan un cambio de temperatura en 2100 de 2,5-5,8 °C por encima del nivel preindustrial. Junto con los escenarios de referencia en la categoría de >1 000 ppm de CO₂eq, esto conduce a un rango de temperatura 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 en todas las categorías de concentración.

³ A efectos de comparación de las estimaciones de las emisiones acumuladas de CO₂ evaluadas en este informe con las presentadas en el Grupo de trabajo I, una cantidad de 515 [445-585] GtC (1 890 [1 630-2 150] GtCO₂) ya se habían emitido en 2011 desde 1870 [sección GTI 12.5]. Obsérvese que las emisiones acumuladas se presentan aquí para diferentes períodos de tiempo (2011-2050 y 2011-2100) mientras que las emisiones acumuladas consideradas en el Grupo de trabajo I se presentaron como emisiones totales compatibles para las trayectorias de concentración representativas (2012-2100) o como el total de emisiones compatibles para permanecer por debajo de un determinado objetivo de temperatura con una determinada probabilidad. [GTI cuadro RRP.3, GTI RRP.E.8]

⁴ Las emisiones mundiales de 2010 son un 31% mayores que las de 1990 (cifra congruente con las estimaciones de las emisiones históricas de GEI presentadas en este informe). Las emisiones de CO₂eq incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O y gases fluorados).

⁵ La evaluación del Grupo de trabajo III comprende un gran número de escenarios publicados en la literatura científica y, por tanto, no se limita a las trayectorias de concentración representativas. Para evaluar la concentración de CO₂eq y las implicaciones climáticas de esos escenarios, el Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC) se utilizó de modo probabilista (véase el anexo II). Para una comparación entre los resultados del modelo MAGICC y las conclusiones de los modelos utilizados en la evaluación del Grupo de trabajo I, véanse las secciones GTI 12.4.1.2, GTI 12.4.8 y 6.3.2.6. Los motivos para las diferencias con el cuadro 2 del RRP de GTI incluyen la diferencia en el año de referencia (1986-2005 frente a 1850-1900 en este caso), la diferencia en el año del informe (2081-2100 frente a 2100 en este caso), el establecimiento de la simulación (motores de concentración de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) frente a los motores de las emisiones del modelo MAGICC en este caso), y el conjunto más amplio de escenarios (RCP frente al conjunto completo de escenarios en la base de datos de escenarios de GTIII IE5 en este caso).

⁶ Se informa sobre el cambio de temperatura para el año 2100, que no es directamente comparable con el calentamiento en equilibrio sobre el que se informa en GTIII IE4 [cuadro 3.5, capítulo 3]. Para las estimaciones de temperatura en 2100, la respuesta climática transitoria es la propiedad del sistema más característica. El valor asumido del 90% de la respuesta climática transitoria en el modelo MAGICC es 1,2-2,6 °C (mediana 1,8 °C), lo cual contrasta con el valor del 90% de la respuesta climática transitoria de 1,2-2,4 °C en CMIP5 [GTI 9.7] y el intervalo probable evaluado de 1-2,5 °C de diversas líneas de evidencia sobre el que se informa en GTI IE5 [recuadro 12.2 de la sección 12.5].

⁷ El cambio de temperatura en 2100 se da para una estimación de la mediana de los cálculos del modelo MAGICC, lo que ilustra las diferencias entre las trayectorias de emisión de los distintos escenarios en cada categoría. El rango del cambio de temperatura en el paréntesis incluye además las incertidumbres correspondientes al ciclo del carbono y el sistema climático representadas por el modelo MAGICC [véase 6.3.2.6 para más detalles]. Los datos de temperatura comparados con el período de referencia 1850-1900 se calcularon considerando todo el calentamiento proyectado en relación con 1986-2005, añadiéndole 0,61 °C para 1986-2005 frente a 1850-1900, sobre la base del conjunto 4 de datos reticulares de la temperatura en superficie del Centro Hadley/Unidad de investigación climática (HadCRUT4) [véase el cuadro RRP.2 de GTI].

⁸ La evaluación en este cuadro se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto completo de escenarios contemplados en el Grupo de trabajo III utilizando el modelo MAGICC y la evaluación en el Grupo de trabajo I de la incertidumbre de las proyecciones de la temperatura no abarcadas por los modelos climáticos. Por consiguiente, las conjeturas son coherentes con las del Grupo de trabajo I, que están basadas en las ejecuciones CMIP5 de las trayectorias de concentración representativas y las incertidumbres evaluadas. De ahí que las conjeturas de probabilidad reflejen diferentes líneas de evidencia en ambos Grupos de trabajo. Este 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 conjeturas de probabilidad solo tienen carácter indicativo [6.3], y siguen en líneas generales los términos utilizados por el Resumen para responsables de políticas del Grupo de trabajo I 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%.

⁹ En la concentración de CO₂-equivalente se incluye el forzamiento de todos los GEI, incluidos los gases halogenados y el ozono troposférico, así como los aerosoles y el cambio del albedo (calculado sobre la base del forzamiento total de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático, MAGICC).

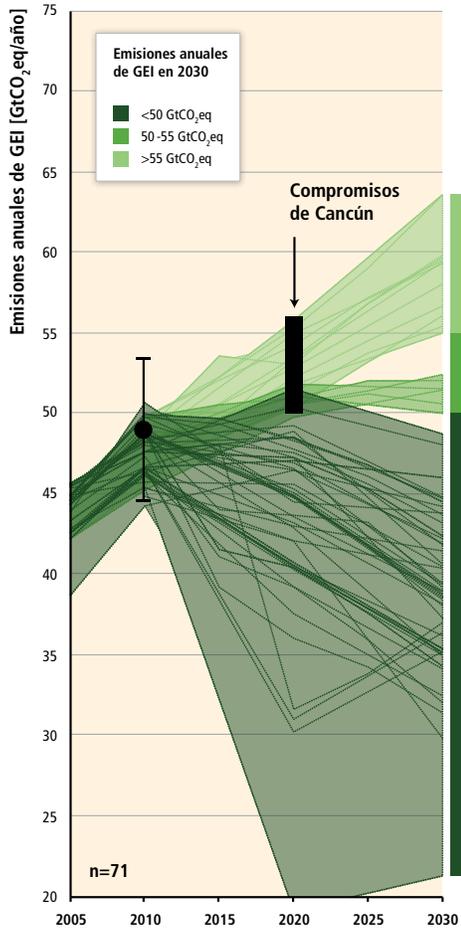
¹⁰ La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasan el límite de la categoría de 480 ppm de concentraciones de CO₂eq.

¹¹ Para los escenarios de esta categoría, ninguna ejecución CMIP5 [GTI capítulo 12, cuadro 12.3] ni ninguna realización MAGICC [6.3] está por debajo del respectivo nivel de temperatura. Aun así, con la asignación improbable se reflejan las incertidumbres que pudieran no contemplar los modelos climáticos utilizados.

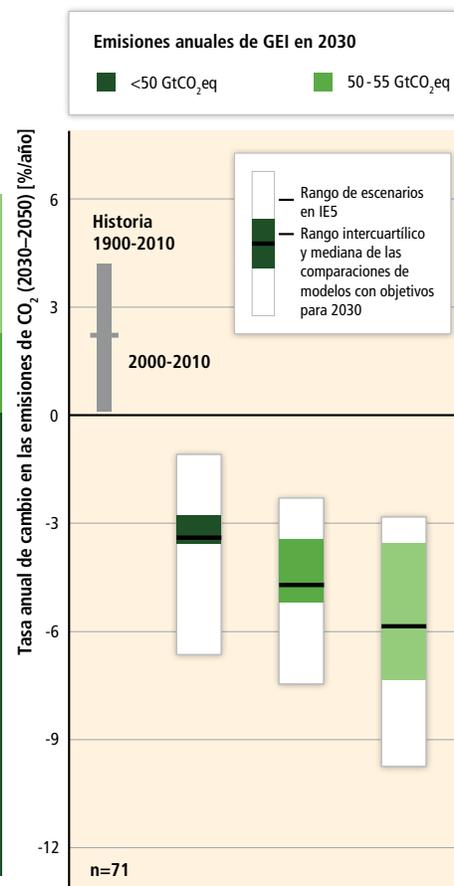
¹² Los escenarios de la categoría 580-650 ppm de CO₂eq comprenden tanto escenarios que sobrepasan el nivel de concentración como escenarios que no lo sobrepasan en el extremo superior de la categoría (como RCP4,5). La probabilidad obtenida de la evaluación del último tipo de escenarios es, en general, de más improbable que probable que el nivel de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C, mientras que la obtenida de la evaluación mayoritaria del anterior tipo de escenarios es de improbable que se mantenga por debajo de ese nivel.



Trayectorias de emisiones de GEI hasta 2030



Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción del promedio de las emisiones anuales de CO₂ de 2030 a 2050



Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para el aumento de la energía con bajas emisiones de carbono

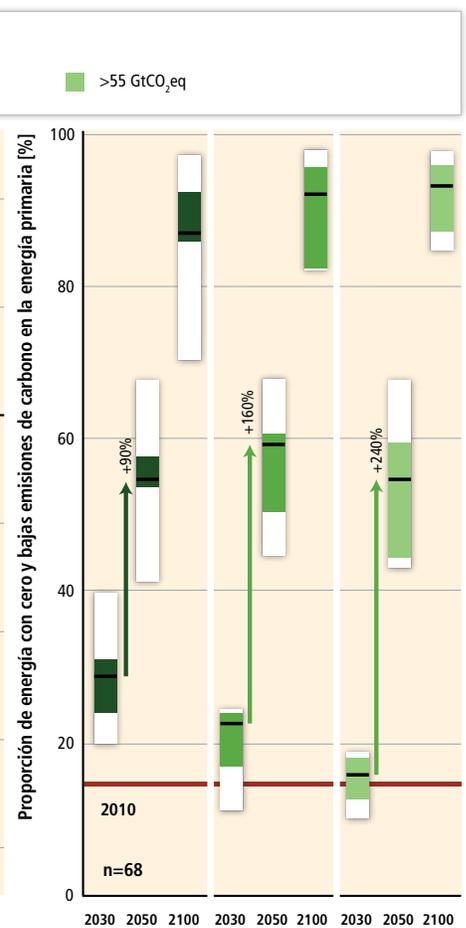


Figura RRP.5 | Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 (gráfico de la izquierda) para la tasa de reducción de las emisiones de CO₂ de 2030 a 2050 (gráfico central) y el aumento de la energía con bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050 y 2100 (gráfico de la derecha) en los escenarios de mitigación que alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm de CO₂eq en 2100. Los escenarios se agrupan conforme a distintos niveles de emisiones en 2030 (coloreados en diferentes tonos de verde). El gráfico de la izquierda muestra las trayectorias de las emisiones de GEI (GtCO₂eq/año) que conducen a estos niveles en 2030. La barra de color negro muestra el intervalo de incertidumbre estimado de 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 CO₂ para el período 2030-2050. Compara la mediana y el rango intercuartílico de los distintos escenarios desde las recientes comparaciones entre modelos con objetivos explícitos provisionales para 2030 hasta el rango de escenarios de la base de datos de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III para el Quinto Informe de Evaluación. Las tasas anuales del cambio de las emisiones históricas entre 1900 y 2010 (mantenido durante un período de 20 años) y el promedio del cambio de las emisiones anuales entre 2000 y 2010 se muestran en color gris. Las flechas en el gráfico de la derecha muestran la magnitud del aumento en el suministro de energía con cero y bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050 en función de distintos niveles de emisiones de GEI en 2030. El suministro de energía con cero y 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 extensas emisiones globales negativas netas (>20 GtCO₂/año), los escenarios basados en supuestos de precios del carbono exógeno, y los escenarios con emisiones en 2010 muy alejadas del rango histórico. El gráfico de la derecha se basa solo en 68 escenarios, debido a que 3 de los 71 escenarios mostrados en la figura no comunican algunas subcategorías para la energía primaria que se precisan para calcular la proporción de energía con cero y bajas emisiones de carbono. [figuras 6.32 y 7.16; 13.13.1.3]

Cuadro RRP.2 | Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos¹ y estimación de los aumentos de los costos debidos a una supuesta limitada disponibilidad de las tecnologías específicas y una demora de la mitigación adicional. Las estimaciones de costos presentadas en este cuadro no consideran los beneficios de un cambio climático reducido así como los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación. Las columnas en amarillo muestran pérdidas en el consumo en los años 2030, 2050 y 2100 y disminuciones anualizadas del crecimiento del consumo a lo largo del siglo en escenarios costo-efectivos en relación con un desarrollo de referencia sin aplicación de una política climática. Las columnas en gris muestran el aumento porcentual en los costos descontados² a lo largo del siglo, en relación con escenarios costo-efectivos, en escenarios en los que la tecnología está limitada en relación con supuestos de uso por defecto de la tecnología.³ Las columnas en naranja muestran el aumento en los costos de la mitigación en los períodos 2030-2050 y 2050-2100, respecto de los escenarios en los que la mitigación es inmediata, debido a la demora en la mitigación adicional hasta 2030.⁴ Estos escenarios con demoras en la mitigación adicional se agrupan por niveles de emisión de menos o más de 55 GtCO₂eq en 2030, y dos rangos de concentración en 2100 (430-530 ppm de CO₂eq y 530-650 ppm de CO₂eq). En todas las cifras, la mediana del conjunto de escenarios se muestra sin paréntesis, el rango entre los percentiles 16° y 84° del conjunto de escenarios se muestra en los paréntesis y el número de escenarios del conjunto se muestra entre corchetes.⁵ [figuras RT.12, RT.13, 6.21, 6.24, 6.25, anexo II.10]

	Pérdidas de consumo en escenarios costo-efectivos ¹				Aumento en los costos de mitigación descontados totales en escenarios con limitada disponibilidad de tecnologías				Aumento en los costos de mitigación a medio y largo plazo debido a la demora en la mitigación adicional hasta 2030			
	[% de reducción en el consumo en relación con el escenario de referencia]			[disminución de puntos porcentuales en la tasa anualizada de crecimiento del consumo]	[% de aumento en los costos de mitigación descontados 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]			
Concentración en 2100 [ppm de CO ₂ eq]	2030	2050	2100	2010-2100	Sin CAC	Eliminación gradual de la energía nuclear	Energía solar/eólica limitada	Bioenergía limitada	≤55 GtCO ₂ eq		>55 GtCO ₂ eq	
									2030-2050	2050-2100	2030-2050	2050-2100
450 (430-480)	1,7 (1,0-3,7) [N°: 14]	3,4 (2,1-6,2)	4,8 (2,9-11,4)	0,06 (0,04-0,14)	138 (29-297) [N°: 4]	7 (4-18) [N°: 8]	6 (2-29) [N°: 8]	64 (44-78) [N°: 8]	28 (14-50) [N°: 34]	15 (5-59)	44 (2-78) [N°: 29]	37 (16-82)
500 (480-530)	1,7 (0,6-2,1) [N°: 32]	2,7 (1,5-4,2)	4,7 (2,4-10,6)	0,06 (0,03-0,13)	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible				
550 (530-580)	0,6 (0,2-1,3) [N°: 46]	1,7 (1,2-3,3)	3,8 (1,2-7,3)	0,04 (0,01-0,09)	39 (18-78) [N°: 11]	13 (2-23) [N°: 10]	8 (5-15) [N°: 10]	18 (4-66) [N°: 12]	3 (-5-16) [N°: 14]	4 (-4-11)	15 (3-32) [N°: 10]	16 (5-24)
580-650	0,3 (0-0,9) [N°: 16]	1,3 (0,5-2,0)	2,3 (1,2-4,4)	0,03 (0,01-0,05)	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible				

- 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.
- Incremento porcentual del valor actual neto de las pérdidas de consumo en porcentaje del consumo de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio general) y los costos de disminución en porcentaje del PIB de referencia (para escenarios de los modelos de equilibrio parcial) para el período 2015-2100, descontado al 5% anual.
- Sin captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC): la CAC no se contempla en estos escenarios. 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 y la industria fue de alrededor de 18 EJ/año en 2008 [11.13.5]).
- Incremento porcentual de los costos de mitigación no descontados totales para los períodos 2030-2050 y 2050-2100.
- El rango se determina por los escenarios centrales que comprenden los percentiles 16° y 48° del conjunto de escenarios. Solo se incluyen los escenarios cuyo horizonte temporal llega a 2100. Algunos modelos que están comprendidos en los rangos de costos correspondientes a niveles de concentración superiores a 530 ppm de CO₂eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm de CO₂eq en 2100 con supuestos relativos a la disponibilidad limitada de las tecnologías y/o la demora de la mitigación adicional.

Cobeneficios de la mitigación del cambio climático relativos a la calidad del aire

Repercusión de una política climática rigurosa sobre las emisiones de contaminantes atmosféricos (global, 2005-2050)

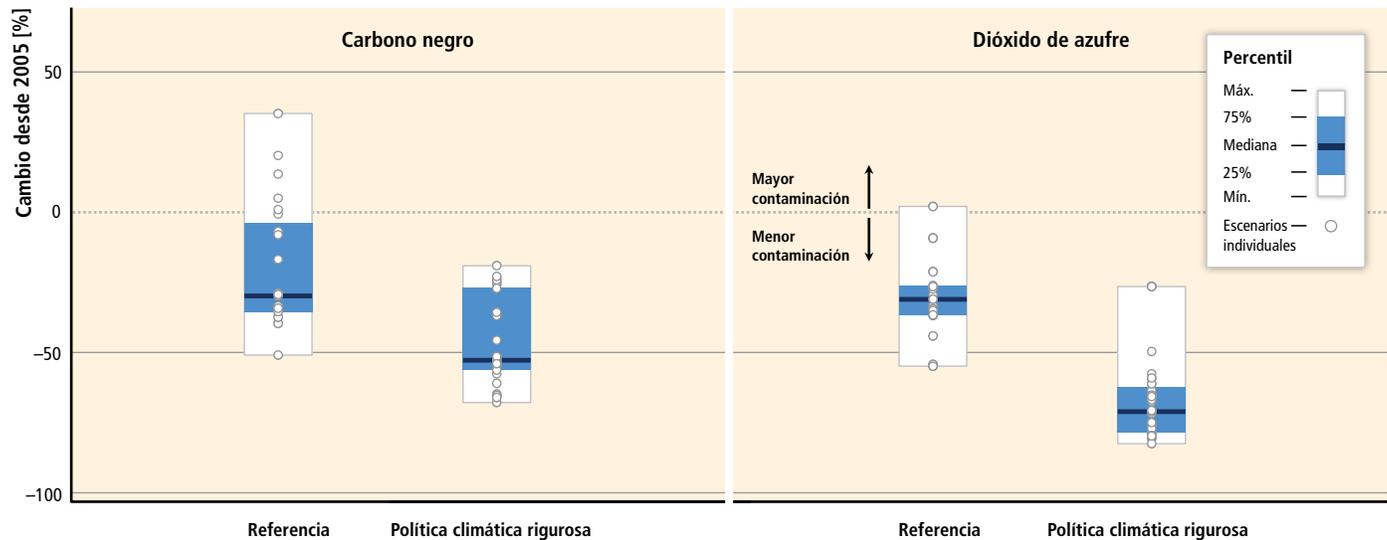


Figura RRP.6 | Niveles de emisión de contaminantes atmosféricos para el carbono negro (CN) y el dióxido de azufre (SO_2) en 2050 en relación con 2005 (0 = niveles de 2005). Los escenarios de referencia sin despliegue de esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI más allá de los esfuerzos actualmente en vigor se comparan con los escenarios con políticas de mitigación rigurosas, que son compatibles con concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm de CO_2eq en 2100. [figura 6.33]

la posibilidad de cumplir ese objetivo (*nivel de confianza alto*). Para cumplir ese objetivo, aún se necesitarían más reducciones sustanciales después de 2020. Los Compromisos de Cancún están en líneas generales en sintonía con escenarios costo-efectivos en los que sea *probable* que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 3°C en relación con los niveles preindustriales. [6.4, 13.13, figura RT.11]

Se estima que el retraso en desplegar esfuerzos de mitigación adicionales a los ya desplegados actualmente hasta 2030 hará que se dificulte considerablemente la transición a niveles bajos de emisiones a más largo plazo y que se estreche el abanico de posibilidades compatibles con el mantenimiento del cambio de temperatura por debajo de 2°C en relación con los niveles preindustriales (*nivel de confianza alto*). Los escenarios de mitigación costo-efectivos que hacen que al menos sea *tan probable como improbable* que el cambio de temperatura permanezca por debajo de 2°C en relación con los niveles preindustriales (concentraciones en 2100 entre aproximadamente 450 y 500 ppm de CO_2eq) se caracterizan normalmente por emisiones anuales de GEI en 2030 de aproximadamente entre 30 GtCO_2eq y 50 GtCO_2eq (figura RRP.5, parte de la izquierda). Los escenarios que contemplan emisiones anuales de GEI por encima de 55 GtCO_2eq en 2030 se caracterizan por tasas notablemente altas de reducción de las emisiones entre 2030 y 2050 (figura RRP.5, parte central); un avance mucho más rápido de la energía con bajas emisiones de carbono en este período (figura RRP.5, parte de la derecha); una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono a largo plazo ; y mayores repercusiones económicas durante el período de transición y a largo plazo (cuadro RRP.2, sector de celdas naranjas). En razón de estos mayores desafíos de mitigación, muchos modelos con emisiones anuales de GEI en 2030 superiores a 55 GtCO_2eq no pudieron producir escenarios en los que se alcanzaran niveles de concentración atmosférica que hicieran que fuera *tan probable como improbable* que el cambio de la temperatura permanezca por debajo de 2°C en relación con los niveles preindustriales. [6.4, 7.11, figuras RT.11, RT.13]

Las estimaciones de los costos económicos acumulados de la mitigación varían ampliamente y son muy sensibles al diseño y los supuestos de los modelos así como a la especificación de los escenarios, incluida la caracterización de las tecnologías y el calendario de la mitigación (*nivel de confianza alto*). Los escenarios en los 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 (cuadro RRP.2, sector de celdas amarillas). Bajo estos supuestos, los escenarios de mitigación que llegan a concentraciones atmosféricas de alrededor de 450 ppm de CO₂eq en 2100 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 mitigación¹⁹– de entre el 1% y el 4% (mediana: 1,7%) en 2030, entre el 2% y el 6% (mediana: 3,4%) en 2050, y 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. Estas cifras corresponden a una reducción anual del crecimiento del consumo entre 0,04 y 0,14 (mediana: 0,06) puntos porcentuales a lo largo del siglo en relación con el crecimiento anual del consumo en la referencia, que es de entre el 1,6% y el 3% anual. 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 y/o contemplan supuestos sobre imperfecciones del mercado que provocarían aumentos en los costos. En ausencia o disponibilidad limitada de las tecnologías, los costos de la mitigación pueden aumentar sustancialmente dependiendo de la tecnología considerada (cuadro RRP.2, sector de celdas grises). El retraso en la mitigación adicional hace que aumenten más los costos de la mitigación a medio y largo plazo (cuadro RRP.2, sector de celdas naranjas). En muchos modelos no se podrían alcanzar niveles de concentración atmosférica de alrededor de 450 ppm de CO₂eq en 2100 si se retrasa mucho la mitigación adicional o si es limitada la disponibilidad de las tecnologías clave, como la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), y su combinación (BECCS). [6.3]

Solo un número reducido de estudios han explorado escenarios en los que es más probable que improbable que el cambio de temperatura quede por debajo de 1,5 °C en 2100 en relación con los niveles preindustriales; en esos escenarios se llega a concentraciones atmosféricas inferiores a 430 ppm de CO₂eq en 2100 (nivel de confianza alto). Resulta difícil evaluar actualmente este objetivo puesto que ningún estudio de modelos múltiples ha explorado estos escenarios. Los escenarios relacionados con el reducido número de estudios publicados que contemplan este objetivo se caracterizan por lo siguiente: 1) acción de mitigación inmediata; 2) rápido aumento del alcance del conjunto completo de las tecnologías de mitigación; y 3) desarrollo a lo largo de una trayectoria de baja demanda energética.²⁰ [6.3, 7.11]

Los escenarios de mitigación en los que se llega a alrededor de 450 o 500 ppm de CO₂eq en 2100 presentan costos reducidos para lograr objetivos de calidad del aire y seguridad energética, con importantes cobeneficios relativos a salud humana, impactos ecosistémicos y suficiencia de recursos y resiliencia del sistema energético; estos escenarios no contabilizaron otros cobeneficios ni efectos colaterales adversos (nivel de confianza medio). Estos escenarios de mitigación muestran mejoras en cuanto a la suficiencia de recursos para satisfacer la demanda nacional de energía y la resiliencia del suministro energético, con lo que se obtienen sistemas energéticos que son menos vulnerables a la volatilidad de los precios y las interrupciones del suministro. Los beneficios resultantes de menores impactos en la salud y los ecosistemas asociados a grandes disminuciones en las emisiones de contaminantes atmosféricos (figura RRP.6) son especialmente altos en los casos de laxitud en los controles de la contaminación atmosférica actualmente legislados y planificados. Existe un amplio abanico de cobeneficios y efectos colaterales adversos en relación con otros objetivos aparte de la calidad del aire y la seguridad energética. 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 de suministro de energía y de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). [GTIII 4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, figura RT.14, cuadro 6.7, cuadros RT.3-RT.7; GTII 11.9]

¹⁹ Los efectos económicos totales a distintos niveles de temperatura comprenderían los costos, los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación, así como los costos de la adaptación y los daños climáticos. Las estimaciones del costo de la mitigación y de los daños climáticos a un nivel de temperatura dado no se pueden comparar para evaluar los costos y beneficios de la mitigación. Más bien, la consideración de los costos económicos y los beneficios de la mitigación debería comprender la reducción de los daños climáticos en relación al caso de no decaimiento del cambio climático.

²⁰ En estos escenarios, las emisiones acumuladas de CO₂ oscilan entre 680 y 800 GtCO₂ para el período 2011-2050 y entre 90 y 310 GtCO₂ para el período 2011-2100. Las emisiones globales de CO₂eq en 2050 varían entre el 70% y el 95% por debajo de las emisiones de 2010; y en 2100, entre el 110% y el 120% por debajo de las emisiones de 2010.

Existe una amplia variedad de posibles efectos colaterales adversos así como cobeneficios y efectos de derrame derivados de la política climática que no están bien cuantificados (*nivel de confianza alto*). Tanto si estos efectos colaterales se materializan, y en qué magnitud, como si no lo hacen, serán específicos de cada caso y sitio, puesto que dependerán de circunstancias locales y de su escala, alcance y ritmo de materialización. Entre estos efectos hay algunos importantes como son la conservación de la biodiversidad, disponibilidad de agua, seguridad alimentaria, distribución de ingresos, eficiencia del sistema tributario, oferta de trabajo y empleo, expansión urbana y sostenibilidad del crecimiento de los países en desarrollo. [recuadro RT.11]

Los esfuerzos de mitigación y los costos asociados varían entre los distintos países en los escenarios de mitigación. La distribución de los costos en los países puede diferir de la distribución de las propias acciones (*nivel de confianza alto*). En los escenarios costo-efectivos a nivel mundial, la mayoría de los esfuerzos de mitigación se ubican en países con las emisiones 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 que conducen a concentraciones atmosféricas en 2100 de aproximadamente entre 450 y 550 ppm de CO₂eq. [4.6, 6.3.6, 13.4.2.4; recuadro 3.5; cuadro 6.4; figuras 6.9, 6.27, 6.28, 6.29]

La política de mitigación podría hacer que se devaluaran activos de combustibles fósiles y se redujeran los ingresos de sus exportadores, pero existen diferencias entre 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*). El efecto de la mitigación en los ingresos por las exportaciones de gas natural es más incierto, y algunos estudios muestran posibles beneficios por ingresos de exportaciones a medio plazo hasta alrededor de 2050 (*nivel de confianza medio*). 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*). [6.3.6, 6.6, 14.4.2]

RRP.4.2 Trayectorias y medidas de mitigación sectoriales e intersectoriales

RRP.4.2.1 Trayectorias y medidas de mitigación intersectoriales

En los escenarios de referencia, las proyecciones indican que las emisiones de GEI crecerán en todos los sectores, excepto las emisiones netas de CO₂ en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)²¹ (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*). Se prevé que las emisiones del sector del suministro energético continúen siendo la principal fuente de emisiones de GEI, reflejo en última instancia de los aumentos significativos en las emisiones indirectas por el uso de electricidad en los sectores de los edificios y la industria. En los escenarios de referencia, si bien las proyecciones señalan un aumento en las emisiones agrícolas de los GEI distintos del CO₂, las emisiones netas de CO₂ procedentes del sector AFOLU disminuirán con el tiempo, mientras que las proyecciones de algunos modelos indican un abatimiento neto hacia el final del siglo (figura RRP.7).²² [6.3.1.4, 6.8, figura RT.15]

²¹ Las emisiones netas de CO₂ de AFOLU comprenden las emisiones y remociones de CO₂ del sector AFOLU, incluidas las del suelo forestal, y, en algunas evaluaciones, los sumideros de CO₂ en los suelos agrícolas.

²² Las proyecciones de la mayoría de los modelos del sistema Tierra evaluados por el Grupo de trabajo I indican una incorporación continua de carbono en la tierra en todos los escenarios RCP hasta 2100, pero algunos modelos 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, GTI 6.4]

Emissiones de CO₂ y de GEI distintos del CO₂ directas de los sectores en los escenarios de referencia y de mitigación con y sin captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)

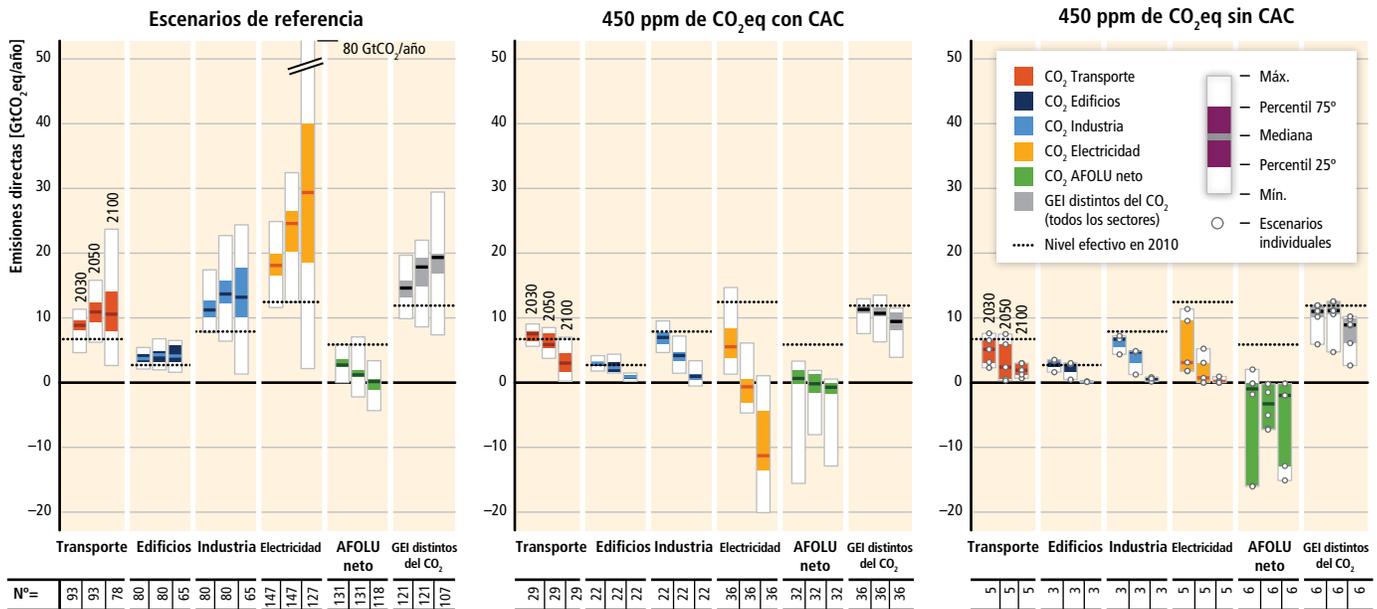


Figura RRP.7 | Emisiones directas de CO₂ por sector y GEI distintos del CO₂ totales (gases enumerados en el Protocolo de Kyoto) en los distintos sectores en los escenarios de referencia (gráfico de la izquierda) y en los escenarios de mitigación en los que se llega a aproximadamente 450 (430-480) ppm de CO₂eq con CAC (gráfico central) y sin CAC (gráfico de la derecha). Los números en la base de los gráficos indican el número de escenarios abarcados en el rango, que difiere entre los sectores y los años debido a las distintas resoluciones sectoriales y horizontes temporales de los modelos. Obsérvese que muchos modelos no pueden llegar a una concentración de aproximadamente 450 ppm de CO₂eq en 2100 sin CAC, por lo que es menor el número de escenarios del gráfico de la derecha. [figuras 6.34 y 6.35]

Los cambios en los desarrollos de infraestructura y los productos de larga vida que bloquean a las sociedades en trayectorias de grandes emisiones de GEI pueden ser muy complicados o conllevar grandes costos, con lo que se refuerza la importancia de la acción temprana para aspirar a una mitigación ambiciosa (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Este riesgo de bloqueo está acentuado por la vida útil de la infraestructura, la diferencia de emisiones asociadas a las alternativas y la magnitud del costo de las inversiones. Como resultado de ello, el efecto de bloqueo asociado a la infraestructura y la planificación espacial es el más difícil de reducir. No obstante, los materiales, productos e infraestructura con ciclos de vida largos y emisiones con ciclos de vida cortos pueden facilitar la transición a trayectorias de bajas emisiones al mismo tiempo que se reducen las emisiones en razón de los menores niveles de uso de materiales. [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

Existen fuertes interdependencias en los escenarios de mitigación entre el ritmo al que se introducen las medidas de mitigación en el suministro energético y el uso final de la energía y las evoluciones del sector AFOLU (nivel de confianza alto). La distribución de los esfuerzos de mitigación en los sectores está fuertemente influida por la disponibilidad y el rendimiento de la bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y la forestación a gran escala (figura RRP.7). Este es particularmente el caso en escenarios en los que se llega a concentraciones de CO₂eq de aproximadamente 450 ppm en 2100. Las estrategias de mitigación sistémicas e intersectoriales bien diseñadas son más costo-efectivas para recortar emisiones que la focalización en tecnologías y sectores concretos. En el plano del sistema energético las estrategias consisten entre otras en reducciones de la intensidad en las emisiones de GEI del sector del suministro energético, cambio a vectores energéticos que producen pocas emisiones de carbono (entre ellos electricidad con bajas emisiones de carbono) y reducciones en la demanda energética en los sectores de uso final sin que se vea comprometido el desarrollo (figura RRP.8). [6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, cuadro RT.2]

Los escenarios de mitigación en los que se llega a concentraciones de aproximadamente 450 ppm de CO₂eq en 2100 muestran cambios mundiales a gran escala en el sector del suministro energético (evidencia sólida, nivel de



Reducción de la demanda de energía final y proporciones de vectores energéticos con bajas emisiones de carbono en los sectores de uso final de la energía

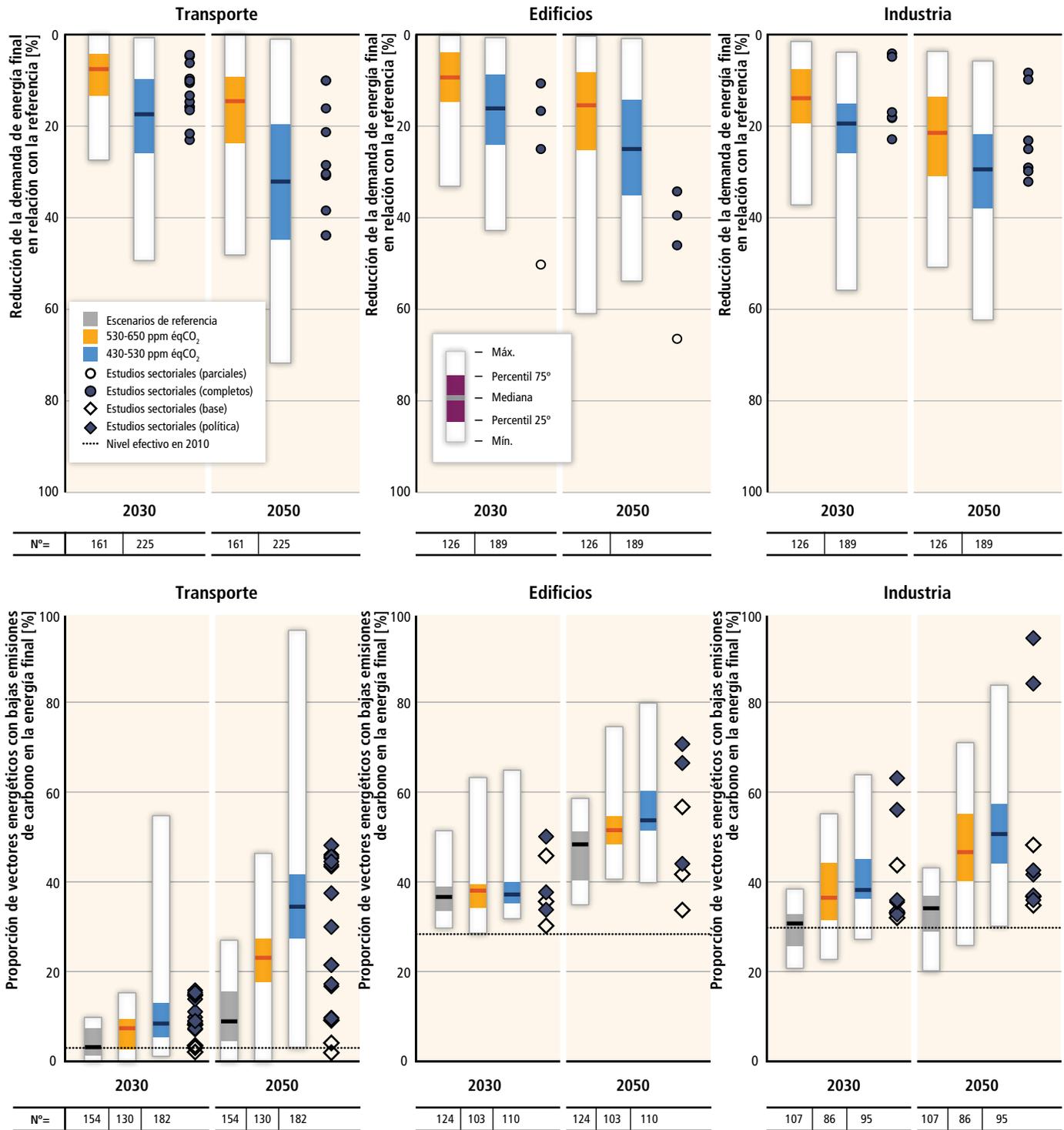


Figura RRP.8 | Reducción de la demanda de energía final en relación con el escenario de referencia (gráficos superiores) y proporciones de vectores energéticos con bajas emisiones de carbono en la energía final (gráficos inferiores) en los sectores del transporte, los edificios y la industria en 2030 y 2050 en escenarios de dos categorías diferentes de concentración de CO₂eq en comparación con los estudios sectoriales evaluados en los capítulos 8 a 10. Las reducciones de la demanda mostradas por estos escenarios no comprometen al desarrollo. Los vectores energéticos con bajas emisiones de carbono comprenden la electricidad, el hidrógeno y los biocombustibles líquidos en el transporte, la electricidad en los edificios, y la electricidad, el calor, el hidrógeno y la bioenergía en la industria. Los números en la base de los gráficos hacen referencia al número de escenarios incluidos en los rangos, que difieren entre los sectores y los años debido a la diferente resolución sectorial y horizonte temporal de los modelos. [figuras 6.37 y 6.38]

acuerdo alto). En estos escenarios seleccionados, las proyecciones indican que las emisiones mundiales de CO₂ procedentes del sector del suministro energético disminuirán en los próximos decenios; estos escenarios se caracterizan porque entre 2040 y 2070 se llegan a reducciones del 90% o más por debajo de los niveles de 2010. Las proyecciones para las emisiones en muchos de estos escenarios señalan disminuciones por debajo de cero posteriormente. [6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11]

Las mejoras de eficiencia y los cambios de comportamiento, con miras a reducir la demanda energética en comparación con los escenarios de referencia sin comprometer el desarrollo, son una estrategia de mitigación clave en los escenarios en los que se alcanzan concentraciones atmosféricas de CO₂eq de aproximadamente 450 a 500 ppm en 2100 (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las reducciones a corto plazo en la demanda de energía son un elemento importante en las estrategias de mitigación costo-efectivas, confieren mayor flexibilidad para reducir la intensidad en 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. Tanto los estudios integrados como los sectoriales ofrecen estimaciones similares para las reducciones de la demanda energética en los sectores del transporte, los edificios y la industria para 2030 y 2050 (figura RRP.8). [6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10]

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 completan a un cambio tecnológico y estructural²³ (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las emisiones pueden reducirse sustancialmente mediante cambios en los patrones de consumo (p. ej., demanda y modo de movilidad, uso de la energía en los hogares o elección de productos más duraderos), cambios en la dieta y reducción de los residuos alimenticios. Diversas opciones entre las que cabe destacar los incentivos monetarios y no monetarios así como medidas de información pueden facilitar el cambio de comportamiento. [6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, recuadro 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, cuadro RT.2]

RRP.4.2.2

Suministro de energía

En los escenarios de referencia evaluados en el Quinto Informe de Evaluación, las proyecciones indican que las emisiones directas de CO₂ procedentes del sector del suministro de energía casi se duplicarán o incluso podrían llegar a triplicarse en 2050 en comparación con el nivel de 14,4 GtCO₂/año del año 2010, a menos que se aceleren significativamente las mejoras en intensidad energética por encima de sus niveles de evolución histórica (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). En el último decenio, los principales contribuyentes al crecimiento de las emisiones han sido la creciente demanda energética y el aumento de la proporción de carbón en la combinación mundial de combustibles. Únicamente la disponibilidad de combustibles fósiles no bastará para limitar la concentración de CO₂eq a niveles como 450 ppm, 550 ppm o 650 ppm (figura RRP.7). [6.3.4, 7.2, 7.3, figuras 6.15, 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 de mitigación costo-efectivas para lograr niveles de estabilización con bajas emisiones de carbono (430-530 ppm de CO₂eq); en la mayoría de los escenarios de modelización integrados, la descarbonización ocurre más rápidamente en la generación de electricidad que en los sectores de la industria, los edificios y el transporte (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) (figura RRP.7). En la mayoría de los escenarios de estabilización con bajas emisiones de carbono, la proporción del suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (que comprenden energías renovables, energía nuclear y CAC) aumenta desde la proporción actual de aproximadamente el 30% a más del 80% en 2050, y la generación de energía procedente de combustibles fósiles sin CAC se va eliminando de forma gradual hasta prácticamente desaparecer en 2100 (figura RRP. 7). [6.8, 7.11, figuras 7.14, RT.18]

²³ Los cambios estructurales denotan las transformaciones de los sistemas mediante las cuales algunos componentes se cambian o sustituyen potencialmente por otros (véase el Glosario de GTIII IE5).

Desde el Cuarto Informe de Evaluación, muchas tecnologías de energía renovable han demostrado considerables mejoras de rendimiento y reducciones de costos, y un número cada vez mayor de estas tecnologías han logrado un nivel de madurez que permite su implantación a una escala significativa (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En lo que respecta a la generación de electricidad por separado, la energía renovable representa un poco más de la mitad de la nueva capacidad añadida de generación eléctrica en 2012, guiada por el crecimiento de la energía eólica, la hidroeléctrica y la solar. Sin embargo, muchas tecnologías de energía renovable todavía precisan de un apoyo directo o indirecto para que sus cuotas de mercado aumenten de forma significativa; las políticas en materia de tecnologías de energía renovable han cosechado buenos resultados para lograr el crecimiento reciente de este tipo de energía. Los desafíos relativos a la integración de la energía renovable en los sistemas energéticos y los costos asociados varían en función de la tecnología, las circunstancias regionales y las características del sistema energético de base existente (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, cuadro 7.1]

La energía nuclear es una fuente de energía de base madura con bajas emisiones de GEI, pero su proporción en la generación de energía mundial ha ido disminuyendo (desde 1993). La energía nuclear podría hacer una contribución creciente al suministro de energía con bajas emisiones de carbono, pero existen diversos obstáculos y riesgos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Entre esos obstáculos y riesgos cabe mencionar los siguientes: riesgos de funcionamiento y las preocupaciones asociadas, riesgos de la minería del uranio, riesgos financieros y regulatorios, cuestiones sin resolver sobre la gestión de los residuos, preocupaciones de proliferación de armamento nuclear y opinión pública adversa (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Se están investigando nuevos ciclos de combustibles y tecnologías de reactores que resuelvan algunos de estos problemas y se han realizado progresos en la investigación y el desarrollo en relación con la seguridad y la disposición final de los desechos. [7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, figura RT.19]

Las emisiones de GEI procedentes del suministro de energía pueden reducirse significativamente mediante la sustitución del promedio mundial actual de las centrales eléctricas de carbón por centrales eléctricas de ciclo combinado de gas natural de gran eficiencia o centrales de cogeneración de electricidad y calor, siempre que se disponga de gas natural y las emisiones fugitivas asociadas con la extracción y el suministro sean bajas o estén mitigadas (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En los escenarios de mitigación en los que se llega a concentraciones de alrededor de 450 ppm de CO₂eq en 2100, la generación eléctrica con gas natural sin CAC actúa como una tecnología puente, con un aumento en su implantación antes de llegar al máximo, punto desde donde disminuye hasta niveles inferiores a los actuales en 2050 y continúa disminuyendo en la segunda mitad de siglo (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

Las tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) podrían reducir las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de las centrales eléctricas de combustibles fósiles (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Mientras que todos los componentes de los sistemas integrados de CAC existen y se utilizan en la actualidad por la industria de la extracción y el refinado de los combustibles fósiles, la CAC aún no se ha aplicado a escala a una gran central eléctrica de combustible fósil comercial operativa. Las centrales eléctricas de CAC podrían estar en el mercado si se incentivarán estas tecnologías mediante reglamentación y/o si fueran competitivas respecto de sus homólogas sin que hayan experimentado un decaimiento, por ejemplo, si los costos de inversión y operativos, causados en parte por disminuciones de eficiencia, se compensaran con unos precios por emisiones de carbono suficientemente elevados (o mediante apoyo financiero directo). Para la implantación futura de CAC a gran escala, se necesitan reglamentaciones bien definidas en relación con las responsabilidades a corto y largo plazo para el almacenamiento, así como incentivos económicos. Entre los obstáculos existentes para la implantación a gran escala de las tecnologías de CAC cabe destacar la seguridad operativa y la integridad a largo plazo del almacenamiento de CO₂ así como los riesgos de transporte. Existe, sin embargo, un creciente cuerpo de publicaciones sobre cómo garantizar la integridad de los pozos de almacenamiento de CO₂, sobre las posibles consecuencias de una acumulación de presión dentro de formaciones geológicas provocada por el almacenamiento de CO₂ (por ejemplo una sismicidad inducida) y sobre las posibles repercusiones en la salud humana y el medio ambiente del CO₂ que escapa de las zonas de inyección primaria (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). [7.5.5., 7.8, 7.9, 7.11, 7.12, 11.13]

La combinación de bioenergía con CAC (BECCS) ofrece la perspectiva de suministro de energía con emisiones negativas netas a gran escala, lo que desempeña un importante papel en muchos escenarios de estabilización con bajas emisiones de carbono, si bien esta opción entraña desafíos y riesgos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Esos desafíos y riesgos comprenden los asociados con el aporte previo a gran escala de la biomasa que se utiliza en el mecanismo de CAC así como los asociados con la propia tecnología de CAC. [7.5.5, 7.9, 11.13]

RRP.4.2.3

Sectores de uso final de la energía

Transporte

El sector del transporte fue responsable del 27% del uso de la energía final y de unas emisiones directas de 6,7 GtCO₂ en 2010, y las proyecciones apuntan a que las emisiones de CO₂ de referencia aproximadamente se duplicarán en 2050 (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Este crecimiento en las emisiones de CO₂ debido a la creciente actividad mundial de traslado de pasajeros y fletes podría compensar en parte las futuras medidas de mitigación, incluidas las mejoras en las emisiones de carbono y la intensidad energética de los combustibles, el desarrollo de infraestructura, el cambio de comportamiento y la aplicación general de las políticas (*nivel de confianza alto*). En conjunto, las reducciones en las emisiones totales de CO₂ del transporte de entre el 15% y el 40% en comparación con el crecimiento de referencia se podrían lograr en 2050 (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RRP.7). [6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10]

Las medidas de mitigación relativas a la técnica y el comportamiento para todos los modos de transporte, junto con nuevas inversiones de infraestructura y redesarrollo urbano, podrían hacer que la demanda de energía final se redujera en 2050 en alrededor del 40% por debajo del nivel de referencia; esta evaluación indica que el potencial de mitigación es mayor que el indicado en el Cuarto Informe de Evaluación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*). Según las proyecciones, se mejorará en eficiencia energética y en el rendimiento de los vehículos entre el 30% y el 50% en 2030 en relación con 2010 según el modo de transporte y el tipo de vehículo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). La planificación urbana integrada, el desarrollo orientado al tránsito y una forma urbana más compacta que apoye los desplazamientos en bicicleta y a pie pueden conducir a transformaciones modales, al igual que también pueden hacerlo, a largo plazo, el redesarrollo urbano y las inversiones en nueva infraestructura como los sistemas ferroviarios de alta velocidad que reducen la demanda de viajes aéreos para trayectos cortos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Esas medidas de mitigación conllevan desafíos, arrojan resultados inciertos y podrían hacer que disminuyeran las emisiones de GEI en el sector del transporte entre un 20% y un 50% en 2050 en comparación con la referencia (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*) (figura RRP.8, gráfico superior). [8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5]

Las estrategias para reducir la intensidad en emisiones de carbono de los combustibles y la tasa de reducción de la intensidad en emisiones de carbono están limitadas por los desafíos asociados al almacenamiento de la energía y la relativamente baja densidad energética de los combustibles de transporte con bajas emisiones de carbono (*nivel de confianza medio*). Los estudios integrados y sectoriales coinciden a grandes rasgos en que las posibilidades de cambiar a combustibles con bajas emisiones de carbono existen a corto plazo y aumentarán con el tiempo. Los combustibles de metano ya están aumentando su cuota en los vehículos de carretera y las embarcaciones. La electricidad producida a partir de fuentes con bajas emisiones de carbono presenta posibilidades a corto plazo para ferrocarriles eléctricos y a corto y medio plazo para autobuses eléctricos, vehículos ligeros y vehículos de carretera de dos ruedas. Los combustibles de hidrógeno procedentes de fuentes con bajas emisiones de carbono constituyen opciones a largo plazo. Ya hay biocombustibles líquidos y gaseosos comercialmente disponibles que ofrecen cobeneficios junto con opciones de mitigación que pueden aumentar mediante adelantos tecnológicos. La disminución de las emisiones del transporte de partículas en suspensión (incluido el carbono negro), el ozono troposférico y los precursores de aerosoles (incluidos los NO_x) puede tener cobeneficios para la salud humana y la mitigación a corto plazo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [8.2, 8.3, 11.13, figura RT.20, gráfico de la derecha]

La costo-efectividad de las distintas medidas de reducción de las emisiones de carbono en el sector del transporte varía significativamente en función del tipo de vehículo y el modo de transporte (*nivel de confianza alto*). Los costos nivelados de la conservación de carbono pueden ser muy bajos o negativos para muchas medidas de comportamiento a corto plazo y mejoras de la eficiencia para los vehículos ligeros y pesados de carretera y las embarcaciones. En 2030, para algunos vehículos eléctricos, aeronaves y posiblemente ferrocarriles de alta velocidad, los costos nivelados podrían ser mayores de 100 dólares de Estados Unidos/tCO₂ evitada (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). [8.6, 8.8, 8.9, figuras RT.21, RT.22]

Las diferencias regionales influyen en la elección de las opciones de mitigación en el transporte (*nivel de confianza alto*). Los obstáculos institucionales, legales, financieros y culturales limitan la incorporación de tecnologías con bajas emisiones de carbono y el cambio de comportamiento. La infraestructura establecida puede limitar las opciones del cambio modal y conducir a una mayor dependencia de tecnologías de vehículos avanzados; ya es evidente que se está produciendo una ralentización del crecimiento en la demanda de vehículos ligeros en algunos países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). Para todas las economías, especialmente las que tienen altas tasas de crecimiento urbano, la inversión en sistemas de transporte público e infraestructura con bajas emisiones de carbono pueden evitar un efecto de bloqueo en modos de grandes emisiones de carbono. La priorización de infraestructura destinada a los peatones y la incorporación de servicios no motorizados y de tránsito pueden crear cobeneficios económicos y sociales en todas las regiones (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [8.4, 8.8, 8.9, 14.3, cuadro 8.3]

Las estrategias de mitigación, cuando se asocian con políticas no climáticas en todos los niveles de gobierno, pueden ayudar a disociar las emisiones de GEI relacionadas con el transporte del crecimiento económico en todas las regiones (*nivel de confianza medio*). Estas estrategias pueden ayudar a hacer que disminuya la demanda de viajes, incentivar a las empresas de flete a reducir la intensidad en emisiones de carbono de sus sistemas logísticos e inducir cambios modales, y también ofrecer cobeneficios como mejor acceso y movilidad, mejor salud y seguridad, mayor seguridad energética y ahorros de costos y tiempo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). [8.7, 8.10]

Edificios

En 2010 el sector de los edificios²⁴ fue responsable de alrededor del 32% del uso de la energía final y de emisiones de 8,8 GtCO₂, incluidas emisiones directas e indirectas, y las proyecciones indican que la demanda de energía del sector aproximadamente se duplicará y las emisiones de CO₂ aumentarán hasta entre el 50% y el 150% a mediados de siglo en los escenarios de referencia (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Este crecimiento de la demanda de energía se debe a mejoras en la riqueza, el cambio de estilos de vida, el acceso a servicios energéticos modernos y viviendas adecuadas, y la urbanización. Existen considerables riesgos de efecto de bloqueo asociados a largos ciclos de vida de los edificios y la infraestructura conexas, y estos son especialmente importantes en las regiones con altas tasas de construcción (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) (figura RRP.7). [9.4]

Los recientes avances en tecnologías, conocimientos técnicos y políticas ofrecen posibilidades de estabilizar o reducir el uso energético en el sector de los edificios a nivel mundial a mitad de siglo (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En lo que respecta a los nuevos edificios, la adopción de códigos de muy bajo consumo de energía para los edificios es importante y ha progresado sustancialmente desde el Cuarto Informe de Evaluación. Los reacondicionamientos constituyen una parte fundamental de la estrategia de mitigación en los países con parques inmobiliarios establecidos, y se han logrado reducciones de uso de la energía en calefacción/refrigeración de entre el 50% y el 90% en edificios particulares. Las grandes mejoras introducidas recientemente en el rendimiento y los costos hacen que las construcciones con consumos energéticos muy bajos y los reacondicionamientos resulten económicamente atractivos, a veces incluso con costos negativos netos. [9.3]

²⁴ El sector de los edificios abarca los sectores residencial, comercial, público y servicios; las emisiones de la construcción se contabilizan en el sector de la industria.

El estilo de vida, la cultura y el comportamiento tienen una gran influencia en el consumo energético en los edificios (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Se ha demostrado que en los edificios se dan diferencias de entre el triple y el quintuple en el uso de la energía para la provisión de niveles similares de servicios energéticos relacionados con edificios. En lo que respecta a los países desarrollados, los escenarios indican que los cambios en el estilo de vida y de comportamiento podrían hacer que disminuyera la demanda energética hasta el 20% a corto plazo y hasta el 50% de los niveles actuales a mitad de siglo. En los países en desarrollo, los elementos integradores de estilos de vida tradicionales en las prácticas relacionadas con los edificios y la arquitectura podrían facilitar la provisión de altos niveles de servicios energéticos con muchos menos insumos energéticos que en la referencia. [9.3]

La mayoría de las opciones de mitigación relacionadas con los edificios presentan cobeneficios considerables y diversos además de ahorros de costos en energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Entre esas opciones cabe mencionar mejoras en seguridad energética, salud (p. ej. por el uso de hornos rústicos de leña menos contaminantes), resultados ambientales, productividad en el lugar de trabajo, disminuciones en la pobreza energética y ganancias netas de empleo. Los estudios que han monetizado los cobeneficios a menudo muestran que esos cobeneficios son de mayor magnitud que los ahorros de costos energéticos y posiblemente que los beneficios climáticos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [9.6, 9.7, 3.6.3]

Los fuertes obstáculos, como los incentivos divididos (p. ej., entre inquilinos y constructores), los mercados fragmentados y el acceso inadecuado a la información y la financiación, obstaculizan la incorporación basada en el mercado de oportunidades costo-efectivas. Los obstáculos se pueden vencer mediante intervenciones de políticas que aborden todas las etapas de los ciclos de vida de los edificios y los electrodomésticos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [9.8, 9.10, 16, recuadro 3.10]

La elaboración de carteras de políticas de eficiencia energética y su ejecución han experimentado considerables avances desde el Cuarto Informe de Evaluación. Los códigos de los edificios y los estándares de electrodomésticos, en los casos en que se han diseñado y puesto en práctica convenientemente, han estado entre los instrumentos más eficaces para el medio ambiente y más costo-efectivos en relación con las reducciones de las emisiones (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En algunos países desarrollados dichas carteras han contribuido a la estabilización, cuando no a la reducción, de la demanda total de energía destinada a los edificios. El fortalecimiento sustancial de esos códigos, su adopción en otras jurisdicciones y su extensión a más tipos de edificios y electrodomésticos, constituirán un factor clave para alcanzar objetivos climáticos ambiciosos. [9.10, 2.6.5.3]

Industria

En 2010 el sector de la industria fue responsable de alrededor del 28% del uso de la energía final, y de emisiones de 13 GtCO₂, incluidas emisiones directas e indirectas así como emisiones de los procesos, y las proyecciones indican que en 2050 habrán aumentado entre el 50% y el 150% en los escenarios de referencia evaluados en el Quinto Informe de Evaluación, a menos que las mejoras de eficiencia energética se aceleren significativamente (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las emisiones del sector de la industria representaron un poco más del 30% de las emisiones mundiales de GEI en 2010 y actualmente son mayores que las emisiones de uso final del sector de los edificios o del sector del transporte. (figuras RRP.2, RRP.7) [10.3]

La intensidad energética del sector de la industria podría reducirse directamente en alrededor del 25% en comparación con el nivel actual mediante la modernización y sustitución de las tecnologías por las mejores disponibles, y el despliegue de estas, a gran escala, especialmente en los países donde estas aún no se utilizan y en las industrias que no requieren mucha intensidad energética (*nivel de acuerdo alto, evidencia sólida*). Hay posibilidades de conseguir reducciones adicionales en la intensidad energética, de alrededor del 20%, mediante la innovación (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Los obstáculos a la implementación de la eficiencia energética se relacionan en gran medida con los costos de inversión iniciales y la falta de información. Los programas de información son un enfoque dominante de promoción de la eficiencia energética, seguidos de los instrumentos económicos, los enfoques reglamentarios y las acciones voluntarias. [10.7, 10.9, 10.11]

Las mejoras en la eficiencia en las emisiones de GEI y en el uso de material, el reciclaje y la reutilización de materiales y productos, así como reducciones generales en la demanda de productos (p. ej., mediante un uso más intensivo de los productos) y la demanda de servicios podrían, además de contribuir a la eficiencia energética, ayudar a reducir las emisiones de GEI por debajo del nivel de referencia en el sector de la industria (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Muchas opciones de reducción de las emisiones son costo-efectivas, son ventajosas y están asociadas con múltiples cobeneficios (mejor cumplimiento ambiental, beneficios de salud, etc.). A largo plazo, un cambio a electricidad con bajas emisiones de carbono, nuevos procesos industriales, profundas innovaciones de productos (p. ej., alternativas al cemento) o la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (p. ej., para mitigar las emisiones asociadas a los procesos) podrían contribuir a lograr reducciones significativas en las emisiones de GEI. La falta de políticas y experiencias en eficiencia de los servicios relativos a materiales y productos constituyen importantes obstáculos. [10.4, 10.7, 10.8, 10.11]

Las emisiones de CO₂ predominan en las emisiones de GEI de la industria, pero también existen considerables oportunidades de mitigación para los gases distintos del CO₂ (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En 2010 las emisiones de la industria de CH₄ y N₂O y gases fluorados fueron de 0,9 GtCO₂eq. Entre las oportunidades de mitigación claves cabe mencionar, por ejemplo, la reducción de las emisiones de hidrofluorocarbonos gracias a la optimización de procesos y la recuperación de refrigerantes, el reciclaje y la sustitución, si bien existen obstáculos. [cuadros 10.2, 10.7]

Los enfoques sistémicos y las actividades de colaboración entre las compañías y los sectores pueden redundar en una reducción del consumo de energía y materiales y, por ende, en menores emisiones de GEI (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). La aplicación de tecnologías (p. ej. motores de gran rendimiento) y medidas (p. ej. reducciones de fugas de aire o vapor) transversales en las grandes industrias que hacen un uso intensivo de la energía y en las pequeñas y medianas empresas puede hacer que mejore el rendimiento de los procesos y la costo-efectividad de la eficiencia de las centrales. La cooperación entre las empresas (p. ej. en parques industriales) y los sectores podría comprender el intercambio de infraestructura, información y utilización del calor sobrante. [10.4, 10.5]

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*). Los desechos y las aguas residuales representaron 1,5 GtCO₂eq en 2010. Habida cuenta de que la proporción de material reciclado o reutilizado aún es baja (p. ej. en el mundo se recicla alrededor del 20% de los residuos sólidos urbanos), las tecnologías de tratamiento de desechos y la recuperación de energía para reducir la demanda de combustibles fósiles pueden tener un importante efecto directo de reducción de las emisiones derivada de la eliminación de los desechos. [10.4, 10.14]

RRP.4.2.4

Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo

El sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) es responsable de alrededor de un cuarto (~10-12GtCO₂eq/año) de las emisiones antropógenas de GEI netas principalmente procedentes de la deforestación, las emisiones agrícolas procedentes del suelo y la gestión de nutrientes y de la ganadería (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las estimaciones más recientes indican una disminución de los flujos de CO₂ por la AFOLU, en gran medida debido a las tasas de deforestación decrecientes y la mayor forestación. Sin embargo, la incertidumbre respecto de las emisiones históricas netas por la AFOLU es mayor que para otros sectores, y existen otras incertidumbres en las proyecciones de las emisiones netas de la AFOLU de referencia. No obstante, las proyecciones indican que, en el futuro, disminuirán las emisiones de CO₂ de referencia anuales netas procedentes de la AFOLU; en 2050 potencialmente el nivel de emisiones podría ser menor que la mitad del nivel de 2010 y con posibilidades de que los sectores de la AFOLU se conviertan en sumideros netos de CO₂ antes del final de siglo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) (figura RRP.7). [6.3.1.4, 11.2, figura 6.5]

La AFOLU desempeña un papel central para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Las opciones de mitigación más costo-efectivas en la silvicultura son la forestación, la ordenación forestal sostenible y la disminución de la deforestación, siendo grandes las diferencias en su importancia relativa entre las regiones. En la agricultura, las opciones de mitigación más costo-efectivas son la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y la restauración de suelos orgánicos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El potencial económico de mitigación de las medidas orientadas a la oferta se estima que será de entre 7,2 y 11 GtCO₂eq/año²⁵ en 2030 para los esfuerzos de mitigación congruentes con precios por emisiones de carbono²⁶ de hasta 100 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq, de las cuales alrededor de un tercio podrán lograrse a menos de 20 dólares/tCO₂eq (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Existen barreras potenciales a la realización de las opciones de mitigación disponibles [11.7, 11.8]. Las medidas orientadas a la demanda, como cambios en la dieta y disminuciones 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*). Las estimaciones varían aproximadamente entre 0,76 y 8,6 GtCO₂eq/año en 2050 (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). [11.4, 11.6, figura 11.14]

Las políticas que rigen las prácticas agrícolas y la conservación y ordenación forestal son más efectivas cuando implican mitigación y adaptación. Algunas opciones de mitigación en el sector AFOLU (como reservas de carbono edáficas y forestales) pueden ser vulnerables al cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Cuando se realizan de forma sostenible, las actividades para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD+²⁷ es un ejemplo de actividad concebida para ser sostenible) son opciones de políticas costo-efectivas para la mitigación del cambio climático, con posibles cobeneficios económicos y sociales y otros cobeneficios ambientales y adaptativos (p. ej., conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos y menor erosión del suelo) (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). [11.3.2, 11.10]

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*) [11.4.4, recuadro 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. 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. Todavía no está resuelto el debate científico sobre el impacto climático general relativo a los efectos de la competencia por los usos del suelo de las distintas trayectorias bioenergéticas específicas (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [11.4.4, 11.13] Las tecnologías bioenergéticas son diversas y abarcan una amplia gama de opciones y trayectorias tecnológicas. La evidencia sugiere que las opciones que generan bajas emisiones en su ciclo de vida (p. ej. caña de azúcar, *Miscanthus*, especies arbóreas de rápido crecimiento, y uso sostenible de los residuos de la biomasa), algunas de ellas ya disponibles, pueden redundar en menores emisiones de GEI; los resultados varían en función del sitio y dependen de que los sistemas de conversión de biomasa en bioenergía estén integrados de forma eficiente y de que el uso del suelo se gestione y gobierne de forma sostenible. En algunas regiones, las opciones bioenergéticas específicas, como mejores hornos rústicos y producción de biogás y bioenergía a pequeña escala, podrían hacer que disminuyeran las emisiones de GEI y mejoraran los medios de subsistencia y la salud en el contexto del desarrollo sostenible (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [11.13]

RRP.4.2.5

Asentamientos humanos, infraestructura y planificación espacial

La urbanización es una tendencia mundial y está asociada con aumentos de los ingresos, y los mayores ingresos urbanos llevan aparejados un mayor consumo de energía y más emisiones de GEI (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Desde 2011 la proporción de la población mundial que vive en zonas urbanas es superior al 52%.

²⁵ Rango completo de todos los estudios: 0,49-11 GtCO₂eq/año

²⁶ En muchos modelos que se utilizan para evaluar los costos económicos de la mitigación, el precio del carbono se utiliza como indicador para representar el nivel de esfuerzo requerido en las políticas de mitigación (véase el Glosario de GTIII IE5).

²⁷ Véase el Glosario de GTIII IE5.

En 2006 las zonas urbanas fueron responsables de entre el 67% y el 76% del uso de la energía, y entre el 71% y el 76% de las emisiones de CO₂ asociadas a la energía. Se prevé que en 2050 la población urbana aumente a entre 5 600 y 7 100 millones de personas, equivalente a entre el 64% y el 69% de la población mundial. Los niveles de uso de la energía generalmente son mayores en las ciudades de los países que no están incluidos en el anexo I en comparación con el promedio nacional, mientras que en las ciudades de los países incluidos en el anexo I el uso de energía per cápita generalmente es menor que los promedios nacionales (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [12.2, 12.3]

Los próximos dos decenios presentan grandes oportunidades para la mitigación en las zonas urbanas, puesto que una gran proporción de esas zonas en el mundo se desarrollarán durante ese período (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Teniendo en cuenta las tendencias de disminución de las densidades de población, y el continuo crecimiento económico y demográfico, las proyecciones indican que la cubierta terrestre urbana aumentará entre el 56% y el 310% entre 2000 y 2030. [12.2, 12.3, 12.4, 12.8]

Las opciones de mitigación en las zonas urbanas varían en función de las trayectorias de urbanización y se prevé que alcancen su máxima efectividad cuando se agrupan los instrumentos de política (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). La infraestructura y la morfología urbana están fuertemente interconectadas, y condicionan los patrones de uso del suelo, las elecciones de transporte, la vivienda y el comportamiento. Las estrategias de mitigación efectivas conllevan paquetes de políticas que se refuerzan mutuamente, entre ellas la ubicación de altas densidades residenciales con altas densidades de empleo, el logro de una alta diversidad e integración de los usos del suelo, el aumento de la accesibilidad e inversión en transporte público y otras medidas de gestión de la demanda. [8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6]

Las mayores oportunidades de mitigación con respecto a los asentamientos humanos están en zonas de rápida urbanización donde la morfología urbana y la infraestructura no se encuentren condicionadas por un efecto de bloqueo, pero donde a menudo son limitadas las capacidades de gobernanza, técnicas, financieras e institucionales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El grueso del crecimiento urbano está previsto que ocurra en ciudades de tamaño entre pequeño y mediano en países en desarrollo. La viabilidad de los instrumentos de planificación espacial para la mitigación del cambio climático depende en gran medida de la capacidad financiera y de gobernanza de las ciudades. [12.6, 12.7]

Hay miles de ciudades que ejecutan planes de acción climática, pero su efecto conjunto en las emisiones urbanas es incierto (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Ha habido poca evaluación sistemática acerca de su ejecución y del grado en que se alcanzan los objetivos de reducción de las emisiones o en que se reducen las emisiones. Los actuales planes de acción climática se centran en gran medida en la eficiencia energética. Son pocos los planes de acción climática que consideran estrategias de planificación del uso del suelo y medidas intersectoriales para reducir el crecimiento urbano desorganizado y promover un desarrollo orientado al tránsito²⁸. [12.6, 12.7, 12.9]

La ejecución con éxito de estrategias de mitigación del cambio climático a escala urbana pueden aportar cobeneficios (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las zonas urbanas de todo el mundo continúan esforzándose por afrontar los desafíos, como garantizar el acceso a la energía, contener la contaminación del aire y el agua y mantener las oportunidades de empleo y la competitividad. Las medidas de mitigación a escala urbana a menudo dependen de la capacidad para vincular las iniciativas de mitigación del cambio climático con cobeneficios locales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

²⁸ Véase el Glosario de GTIII IES.

RRP.5 Políticas e instituciones de mitigación

RRP.5.1 Políticas sectoriales y nacionales

Para lograr reducciones sustanciales en las emisiones sería necesario realizar grandes cambios en los patrones de inversión. Los escenarios de mitigación en los que las políticas estabilizan las concentraciones atmosféricas (sin sobrepaso) en el rango de 430 a 530 ppm de CO₂eq en 2100 conducen a cambios sustanciales en los flujos anuales de inversiones durante el período 2010-2029 en comparación con los escenarios de referencia (figura RRP.9). 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*). A efectos de comparación, la inversión anual global total en el sistema energético actualmente es de aproximadamente 1,2 billones de dólares. 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 (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*), y con frecuencia parte se destinará a la modernización del equipo existente. [13.11, 16.2.2]

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. Las evaluaciones publicadas de los actuales flujos financieros anuales cuyo efecto esperado es la reducción de las emisiones netas de GEI y/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 anuales a nivel mundial (*nivel de confianza medio*) [recuadro RT.14]. La mayor parte de ese total se destina a mitigación. Aparte de ello, se calcula que la financiación climática pública total que afluyó hacia los países en desarrollo en 2011 y 2012 fue de entre 35 000 y 49 000 millones de dólares/año (*nivel de confianza medio*). Las estimaciones de los flujos internacionales de financiación climática privada hacia países en desarrollo varían entre 10 000 y 72 000 millones de dólares/año, incluida la inversión extranjera directa en participaciones y préstamos en el rango de 10 000 a 37 000 millones de dólares/año en el período 2008-2011 (*nivel de confianza medio*). [16.2.2]

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 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 [figura 1.3c]. Esos planes y estrategias se encuentran en sus fases incipientes 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*). [14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2]

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 estrategias climáticos y sectoriales. La literatura científica ha tratado de evaluar la magnitud de los cobeneficios (véase la sección RRP.4.1) y la mayor viabilidad y durabilidad de las políticas que producen muchos cobeneficios y pocos efectos colaterales adversos. [4.8, 5.7, 6.6, 13.2, 15.2] A pesar de que desde el Cuarto Informe de Evaluación cada vez es mayor la atención que se pone en la formulación de las políticas y la literatura científica, las bases analíticas y empíricas necesarias para la comprensión de muchos de los efectos de interacción están poco desarrolladas [1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 5.7, 6.6].

Las políticas específicas de los sectores se han utilizado más ampliamente que las políticas destinadas al conjunto de la economía (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Aunque la mayor parte de la teoría económica sugiere

Cambio en los flujos anuales de inversión respecto de los niveles de referencia

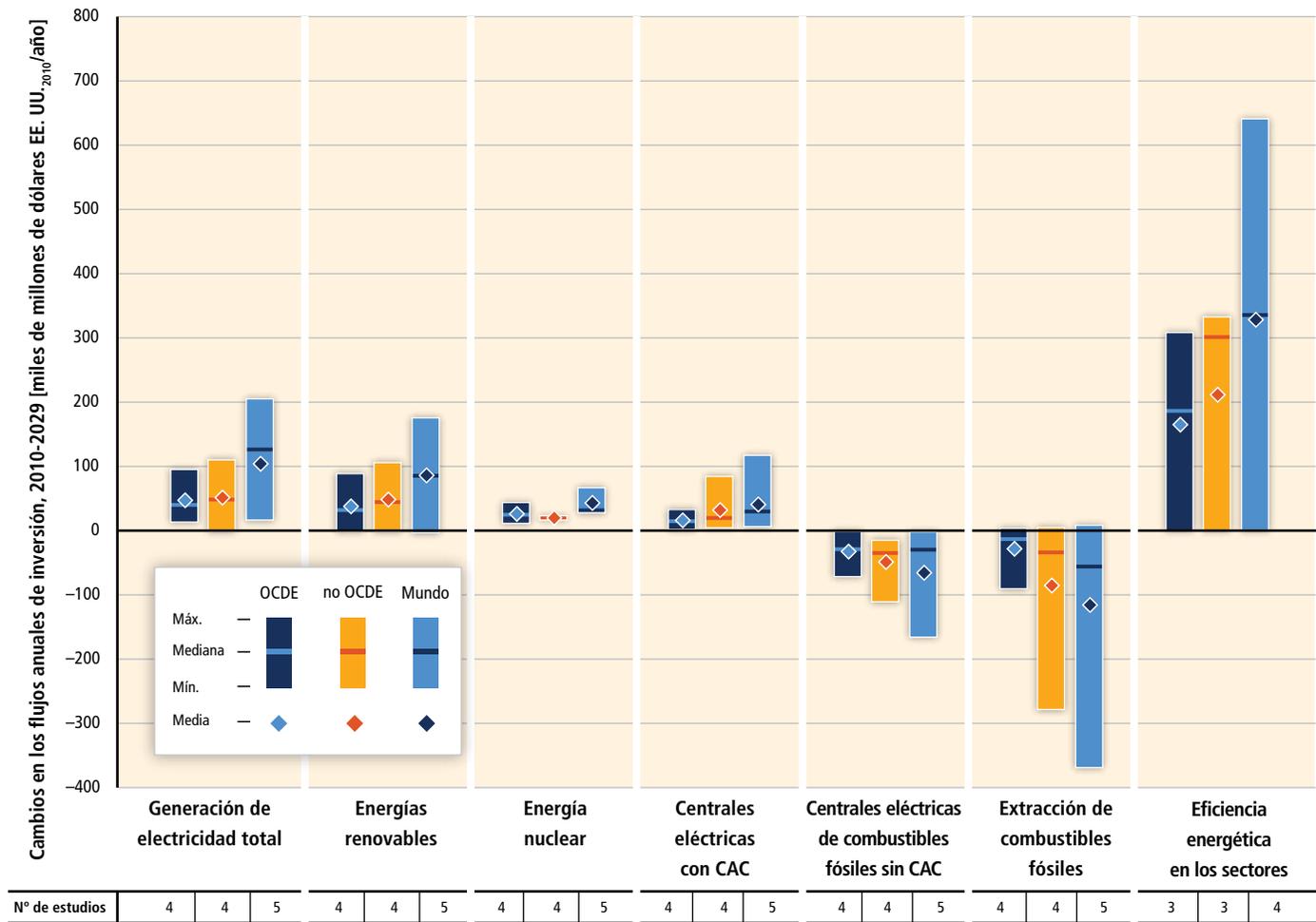


Figura RRP.9 | Cambio en los flujos anuales de inversión respecto del nivel de referencia medio en los próximos dos decenios (2010-2029) para los escenarios de mitigación que estabilizan las concentraciones en el rango de aproximadamente 430-530 ppm de CO₂eq en 2100. Los cambios en la inversión se basan en un número limitado de estudios de modelos y en comparaciones de los modelos. 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. La proximidad a este valor de la mediana no implica mayor probabilidad debido a los distintos grados de agregación de los resultados de los modelos, el escaso número de estudios disponibles y las diferentes hipótesis barajadas en los distintos estudios. Las cifras en la fila de la base indican el número total de estudios publicados utilizados para la evaluación. El gráfico pone de relieve que las necesidades de inversión son todavía una importante esfera de investigación que relativamente pocos estudios han examinado. [figura 16.3]

que las políticas destinadas al conjunto de la economía para el objetivo singular de la mitigación serían más costo-efectivas que las específicas de los sectores, desde el Cuarto Informe de Evaluación hay un número cada vez mayor de estudios que demuestran que los obstáculos administrativos y políticos pueden hacer que el diseño y ejecución de dichas políticas sea más complicado que el de las políticas específicas de los sectores. Estas últimas se pueden adaptar mejor a salvar obstáculos o fallos de mercado inherentes a determinados sectores, y se pueden agrupar en paquetes de políticas complementarias. [6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

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 figuran las normas de eficiencia energética, y entre los ejemplos de programas de información se incluyen los programas de etiquetado, que pueden ayudar a los consumidores a tomar decisiones mejor informadas. Si bien a menudo se ha considerado que esos enfoques tienen un beneficio social neto, la literatura científica está dividida en cuanto al alcance en que pueden aplicarse esas políticas con costos privados negativos para las empresas y los particulares. [recuadro 3.10, 15.5.5, 15.5.6] Hay un acuerdo general en que existen efectos de rebote que hacen que una mayor eficiencia pueda conducir a menores precios de la energía y un mayor consumo, pero existe un *nivel de acuerdo bajo* en la literatura sobre la magnitud de dicho efecto. [3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4]

Desde el Cuarto Informe de Evaluación, los sistemas de límite y comercio para los GEI se han establecido en una serie de países y regiones. Su efecto en el medio ambiente a corto plazo ha sido limitado debido a que los límites han sido imprecisos o no han demostrado ser restrictivos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Esto se relacionó con factores como la crisis financiera y económica, que hizo que disminuyeran la demanda de energía, las nuevas fuentes de energía y las interacciones con otras políticas y provocó incertidumbre regulatoria. En principio un sistema de límite y comercio puede lograr mitigación de un modo costo-efectivo; su ejecución depende de las circunstancias nacionales. Aunque los anteriores programas dependían casi exclusivamente de los derechos adquiridos (asignación gratuita de permisos), cada vez se aplican más los permisos concedidos por subasta. Si los permisos se subastan, los ingresos se pueden utilizar para afrontar otras inversiones con un gran rendimiento social y/o reducir la carga tributaria y de deuda. [14.4.2, 15.5.3]

En algunos países, las políticas tributarias específicamente dirigidas 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 interior bruto (PIB) (*nivel de confianza alto*). En un numeroso grupo de países, los impuestos sobre los combustibles (aunque no necesariamente concebidos con el propósito de la mitigación) tienen efectos similares a los de los impuestos sectoriales sobre las emisiones de carbono [cuadro 15.2]. La disminución de la demanda en el combustible de transporte asociada con un aumento en el precio del 1% es de entre el 0,6% y el 0,8% a largo plazo, si bien la respuesta a corto plazo es mucho menor [15.5.2]. En algunos países se utilizan ingresos para reducir otros impuestos y/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. Si bien se ha supuesto anteriormente que los impuestos sobre los combustibles en el sector del transporte son regresivos, desde el Cuarto Informe de Evaluación ha habido otros estudios que muestran que esos impuestos son progresivos, especialmente en los países en desarrollo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [3.6.3, 14.4.2, 15.5.2]

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 la literatura reciente se ha 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*) [7.12, 13.13, 14.3.2, 15.5.2]. Dichos estudios varían en su metodología así como en el tipo y definición de los subsidios y el marco temporal

considerado de 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. Aunque los obstáculos económicos de carácter político son importantes, algunos países han reformado sus sistemas tributarios y presupuestarios para reducir los subsidios a los combustibles. A fin de contribuir a reducir los posibles efectos adversos sobre los grupos de bajos ingresos, que a menudo gastan una parte importante de sus ingresos en servicios energéticos, muchos gobiernos han utilizado transferencias de efectivo de suma fija u otros mecanismos destinados a los pobres. [15.5.2]

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 tienen ninguna repercusión añadida en la reducción de las emisiones en el período de tiempo en que se aplica el límite (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. [15.7]

Algunas políticas de mitigación aumentan los precios de algunos servicios energéticos y podrían obstruir la capacidad de las sociedades de ampliar el acceso a servicios energéticos modernos a poblaciones subatendidas (*nivel de confianza bajo*). Estos posibles efectos colaterales adversos se pueden evitar mediante la adopción de políticas complementarias (*nivel de confianza medio*). Más especialmente, alrededor de 1 300 millones de personas de todo el mundo carecen de acceso a la electricidad, y alrededor de 3 000 millones dependen de combustibles sólidos tradicionales para cocinar y calentar, lo que tiene graves efectos adversos en la salud, los ecosistemas y el desarrollo. La facilitación de acceso a servicios energéticos modernos es un importante objetivo de desarrollo sostenible. Las proyecciones apuntan a que los costos de lograr el acceso casi universal a la electricidad y 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*). Con una transición sin uso de biomasa tradicional²⁹ y la combustión más eficiente de combustibles sólidos se reducen las emisiones de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO) y el carbono negro (CN), y por tanto se producen grandes beneficios para la salud (*nivel de confianza alto*). [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

La política tecnológica complementa otras políticas de mitigación (*nivel de confianza alto*). La política tecnológica comprende el impulso tecnológico (p. ej. investigación y desarrollo financiada por el Estado) y el tirón de la demanda (p. ej. programas de compras gubernamentales). Esas políticas abordan fallos de mercado en relación con la innovación y la difusión de la tecnología [3.11, 15.6]. Las políticas de apoyo de la tecnología han promovido una sustancial innovación y difusión de nuevas tecnologías, pero a menudo resulta difícil evaluar la costo-efectividad de esas políticas [2.6.5, 7.12, 9.10]. No obstante, los datos de evaluación de los programas pueden brindar una evidencia empírica sobre la relativa efectividad de las diferentes políticas y pueden ayudar al diseño de las políticas [15.6.5].

En muchos países, el sector privado desempeña papeles centrales en los procesos que conducen a la producción de emisiones así como a la mitigación. En el marco de adecuados entornos propicios, el sector privado, conjuntamente con el sector público, puede desempeñar un importante papel en la financiación de la mitigación (*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

²⁹ Véase el Glosario de GTIII IE5.

las inversiones climáticas del sector privado [16.2.1] 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, reglamentos 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 [16.3]. Los instrumentos de política específicos, como por ejemplo, seguros de crédito, acuerdos de compra de energía y primas, financiación o descuentos preferenciales, ofrecen un incentivo a la inversión al hacer que disminuyan los riesgos para los agentes privados [16.4].

RRP.5.2

Cooperación internacional

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. [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

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. [figura RT.38, 13.4.1, 13.13.2, 14.4]

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*). [5.3.3, 13.3.4, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, cuadro RT.9]

Desde 2007 las actividades de la CMNUCC han conducido a un creciente número de instituciones y otros arreglos destinados a la cooperación internacional en relación con el cambio climático. [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

Los vínculos normativos entre las políticas climáticas regionales, nacionales y subnacionales ofrecen posibilidades de mitigación del cambio climático y beneficios de adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Los vínculos pueden establecerse entre políticas nacionales, entre diversos instrumentos y a través de la cooperación regional. [13.3.1, 13.5.3, 13.6, 13.7, 13.13.2.3, 14.4, figura 13.4]

Están en fase de desarrollo o ejecución diversas iniciativas regionales a escalas entre nacional y mundial, pero su repercusión en la mitigación global ha sido limitada hasta el momento (*nivel de confianza medio*). Muchas políticas climáticas pueden ser más efectivas si se ejecutan transversalmente entre las regiones geográficas. [13.13, 13.6, 14.4, 14.5]

Resumen técnico

Resumen técnico

Autores principales coordinadores:

Ottmar Edenhofer (Alemania), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali/Suiza), Susanne Kadner (Alemania), Jan C. Minx (Alemania), Steffen Brunner (Alemania)

Autores principales:

Shardul Agrawala (Francia), Giovanni Baiocchi (Reino Unido/Italia), Igor Alexeyevich Bashmakov (Federación de Rusia), Gabriel Blanco (Argentina), John Broome (Reino Unido), Thomas Bruckner (Alemania), Mercedes Bustamante (Brasil), Leon Clarke (Estados Unidos de América), Mariana Conte Grand (Argentina), Felix Creutzig (Alemania), Xochitl Cruz-Núñez (México), Shobhakar Dhakal (Nepal/Tailandia), Navroz K. Dubash (India), Patrick Eickemeier (Alemania), Ellie Farahani (Canadá/Suiza/Alemania), Manfred Fischedick (Alemania), Marc Fleurbaey (Francia/Estados Unidos de América), Reyer Gerlagh (Países Bajos), Luis Gómez-Echeverri (Austria/Colombia), Sujata Gupta (India/Filipinas), Jochen Harnisch (Alemania), Kejun Jiang (China), Frank Jotzo (Alemania/Australia), Sivan Kartha (Estados Unidos de América), Stephan Klasen (Alemania), Charles Kolstad (Estados Unidos de América), Volker Krey (Austria/Alemania), Howard Kunreuther (Estados Unidos de América), Oswaldo Lucon (Brasil), Omar Masera (México), Yacob Mulugetta (Etiopía/Reino Unido), Richard Norgaard (Estados Unidos de América), Anthony Patt (Austria/Suiza), Nijavalli H. Ravindranath (India), Keywan Riahi (IIASA/Austria), Joyashree Roy (India), Ambuj Sagar (Estados Unidos de América /India), Roberto Schaeffer (Brasil), Steffen Schlömer (Alemania), Karen Seto (Estados Unidos de América), Kristin Seyboth (Estados Unidos de América), Ralph Sims (Nueva Zelanda), Pete Smith (Reino Unido), Eswaran Somanathan (India), Robert Stavins (Estados Unidos de América), Christoph von Stechow (Alemania), Thomas Sterner (Suecia), Taishi Sugiyama (Japón), Sangwon Suh (República de Corea/Estados Unidos de América), Kevin Urama (Nigeria/Reino Unido/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hungría), Anthony Venables (Reino Unido), David G. Victor (Estados Unidos de América), Elke Weber (Estados Unidos de América), Dadi Zhou (China), Ji Zou (China), Timm Zwickel (Alemania)

Autores contribuyentes:

Adolf Acquaye (Ghana/Reino Unido), Kornelis Blok (Países Bajos), Gabriel Chan (Estados Unidos de América), Jan Fuglestvedt (Noruega), Edgar Hertwich (Austria/Noruega), Elmar Kriegler (Alemania), Oliver Lah (Alemania), Sevastianos Mirasgedis (Grecia), Carmenza Robledo Abad (Suiza/Colombia), Claudia Sheinbaum (México), Steven J. Smith (Estados Unidos de América), Detlef van Vuuren (Países Bajos)

Editores-revisores:

Tomás Hernández-Tejeda (México), Roberta Quadrelli (Agencia Internacional de la Energía/Italia)

Este resumen debe ser citado del siguiente modo:

Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, S. Kadner, J.C. Minx, S. Brunner, S. Agrawala, G. Baiocchi, I.A. Bashmakov, G. Blanco, J. Broome, T. Bruckner, M. Bustamante, L. Clarke, M. Conte Grand, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, S. Dhakal, N.K. Dubash, P. Eickemeier, E. Farahani, M. Fischedick, M. Fleurbaey, R. Gerlagh, L. Gómez-Echeverri, S. Gupta, J. Harnisch, K. Jiang, F. Jotzo, S. Kartha, S. Klasen, C. Kolstad, V. Krey, H. Kunreuther, O. Lucon, O. Masera, Y. Mulugetta, R.B. Norgaard, A. Patt, N.H. Ravindranath, K. Riahi, J. Roy, A. Sagar, R. Schaeffer, S. Schlömer, K.C. Seto, K. Seyboth, R. Sims, P. Smith, E. Somanathan, R. Stavins, C. von Stechow, T. Sterner, T. Sugiyama, S. Suh, D. Ürge-Vorsatz, K. Urama, A. Venables, D.G. Victor, E. Weber, D. Zhou, J. Zou y T. Zwickel, 2014: Resumen técnico. En: *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [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. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Índice

RT.1	Introducción y contextualización	41
RT.2	Tendencias en los <i>stocks</i> y los flujos de los gases de efecto invernadero y sus impulsores	46
RT.2.1	Tendencias en las emisiones de gases de efecto invernadero	47
RT.2.2	Motores de las emisiones de gases de efecto invernadero	53
RT.3	Trayectorias y medidas de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible	56
RT.3.1	Trayectorias de mitigación	56
RT.3.1.1	Comprensión de las trayectorias de mitigación en el contexto de múltiples objetivos	56
RT.3.1.2	Requisitos de las trayectorias de mitigación a corto y largo plazo.....	57
RT.3.1.3	Costos, inversiones y distribución de la carga	63
RT.3.1.4	Repercusiones de las trayectorias de mitigación en otros objetivos.....	69
RT.3.2	Medidas de mitigación sectoriales e intersectoriales	71
RT.3.2.1	Trayectorias y medidas de mitigación intersectoriales	72
RT.3.2.2	Suministro energético	76
RT.3.2.3	Transporte.....	80
RT.3.2.4	Edificios	86
RT.3.2.5	Industria	90
RT.3.2.6	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo.....	95
RT.3.2.7	Asentamientos humanos, infraestructura y planificación territorial	99

- RT.4 Políticas de mitigación e instituciones 102**
 - RT.4.1 Diseño normativo, comportamiento y economía política 104
 - RT.4.2 Políticas sectoriales y nacionales 105
 - RT.4.3 Desarrollo y cooperación regional 109
 - RT.4.4 Cooperación internacional 111
 - RT.4.5 Inversión y finanzas 115



RT.1 Introducción y contextualización

En el contexto del cambio climático, la ‘mitigación’ es una intervención humana encaminada a reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI). Uno de los mensajes principales de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es que las consecuencias del cambio climático no controlado para los seres humanos y los ecosistemas naturales son evidentes y están aumentando. Los sistemas más vulnerables ya están experimentando efectos adversos. Debido a las emi-

siones de gases de efecto invernadero del pasado, el clima mundial está en camino de experimentar más cambios importantes y, si bien persisten muchas incertidumbres respecto de factores como la sensibilidad del sistema climático, muchos escenarios contemplan impactos climáticos importantes, incluidos perjuicios directos al bienestar humano y ecológico que superan la capacidad de adaptación plena de estos sistemas.

Habida cuenta de que la mitigación tiene por objeto reducir los efectos perjudiciales del cambio climático, forma parte de un marco normativo más amplio que también incluye la adaptación a los efectos del clima. La mitigación, junto con la adaptación al cambio climático, contribuye

Recuadro RT.1 | Numerosas disciplinas contribuyen a la toma de decisiones sobre el cambio climático

Se considera que algo es peligroso si conlleva un riesgo significativo de causar daños considerables. Por lo tanto, a la hora de juzgar si la interferencia humana es peligrosa para el sistema climático deben tenerse en consideración dos aspectos. El primero es estimar el riesgo en términos materiales, determinando cuáles pueden ser las consecuencias materiales de la interferencia humana y la probabilidad de que estas se produzcan. El segundo es establecer un valor para el riesgo, juzgando cuán perjudicial será.

El primer aspecto incumbe a las ciencias naturales, pero no así el segundo [sección 3.1]. Como se indica en el Informe de síntesis del Cuarto Informe de Evaluación, “para determinar lo que constituye una ‘interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático’ en relación con el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es necesario aplicar juicios de valor”. Se requieren juicios de valor (o valoraciones) no solo en esta fase, sino en casi cada etapa de toma de decisiones sobre el cambio climático [3.2]. Por ejemplo, para establecer un objetivo respecto de la mitigación es necesario determinar el valor de las pérdidas de la población en términos de bienestar en el futuro y compararlo con el valor de los beneficios de que esta disfruta en el presente. La decisión de ubicar turbinas eólicas en tierra o en el mar comporta un juicio de valor en términos de paisaje que debe confrontarse con el costo adicional de instalar las turbinas en el mar. Estimar el costo social del carbono significa valorar el daño causado por las emisiones de GEI [3.9.4].

Con frecuencia, los distintos valores entran en conflicto y resulta difícil establecer comparaciones. Además, suelen estar relacionados con conflictos de intereses entre diferentes personas y son objeto de debate y discrepancia. Por lo tanto, las instancias decisorias deben hallar el modo de mediar entre actores con diferentes intereses y valores, y entre diferentes puntos de vista acerca de los valores. [3.4, 3.5]

Las ciencias sociales y las humanidades pueden contribuir a este proceso mejorando nuestra comprensión de los valores, como se indica en los recuadros que figuran en el presente resumen. Las ciencias del comportamiento humano y social como la psicología, las ciencias políticas, la sociología y las ramas no normativas de la economía, entre otras disciplinas, estudian los valores que poseen las personas y cómo cambian con el paso del tiempo, la influencia que ejercen sobre estos los procesos políticos y el modo en que el proceso de toma de decisiones afecta a su aceptabilidad. Otras disciplinas, como la ética (o filosofía moral), la teoría de la decisión, el análisis de riesgos y la rama normativa de la economía se utilizan para investigar, analizar y clarificar los valores en sí [2.5, 3.4, 3.5, 3.6]. Estas disciplinas proponen maneras prácticas de medir algunos valores y establecer compensaciones en conflictos de intereses. Por ejemplo, en el ámbito de la salud pública se suele medir la salud calculando ‘los años de vida ajustados en función de la discapacidad’ [3.4.5]. Las ciencias económicas generalmente utilizan medidas de valor social basadas en la valoración monetaria, si bien pueden considerar principios de justicia distributiva [3.6, 4.2, 4.7, 4.8]. Estas disciplinas normativas también ofrecen herramientas para la toma de decisiones prácticas, como la teoría de la utilidad esperada, el análisis de decisiones, el análisis de costo-beneficio y costo-efectividad y la aplicación estructurada del dictamen de expertos. [2.5, 3.6, 3.7, 3.9]

Existe un elemento más en la adopción de decisiones. Las personas y los países tienen obligaciones recíprocas y derechos relacionados con la equidad o la imparcialidad que pertenecen al ámbito de estudio de la filosofía moral y política, la jurisprudencia y la economía. Por ejemplo, se ha argumentado que los países deben resarcir los daños causados por sus emisiones de GEI del pasado, y se ha debatido, por razones de jurisprudencia y de otra índole, si este resarcimiento únicamente debería incluir los daños ocasionados por emisiones de GEI negligentes o condenables. [3.3, 4.6]

al objetivo expresado en el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de estabilizar “las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático [...] en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten [...] con el fin de asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”. Sin embargo, es difícil interpretar el artículo 2, ya que conceptos como ‘peligroso’ y ‘sostenible’ tienen distintos significados en diferentes contextos de toma de decisiones (véase el recuadro RT.1).¹ Por otra parte, las ciencias naturales no pueden predecir con precisión la respuesta del sistema climático al aumento de las concentraciones de GEI ni comprender plenamente el daño que va a causar a los individuos, las sociedades y los ecosistemas. Para cumplir el artículo 2 es preciso que las sociedades logren un equilibrio entre diversas consideraciones, algunas de las cuales son indisociables de los impactos del cambio climático en sí y otras de los posibles costos de la mitigación y la adaptación. La dificultad de esta tarea aumenta por la necesidad de alcanzar un consenso sobre cuestiones fundamentales, como el nivel de riesgo que cada sociedad está dispuesta a aceptar e imponer a las demás, las estrategias de reparto de costos y la compensación de las numerosas contrapartidas que surgen debido a la intersección de la mitigación con muchos otros objetivos de las sociedades. Por su naturaleza, estas cuestiones están impregnadas de una carga de valores e involucran a diferentes actores con distintos intereses y facultades decisorias dispares

La contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación (GTIII IE5) del IPCC evalúa las publicaciones sobre los aspectos científicos, tecnológicos, ambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático. Está basada en la contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación (GTIII IE4) del IPCC, el Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático (SRREN) y otros informes previos e incorpora nuevos resultados y las investigaciones subsiguientes. Durante todo el proceso, el énfasis ha recaído en las implicaciones de las conclusiones para el desarrollo de políticas, si bien estas implicaciones no tienen carácter preceptivo sobre las políticas concretas que deberían adoptar los gobiernos y otros participantes importantes en el proceso normativo. De conformidad con el mandato del IPCC, los autores del Grupo de trabajo III (GTIII) han seguido tres principios para elaborar esta evaluación: 1) indicar explícitamente las opciones de mitigación, 2) indicar explícitamente los costos y riesgos de estas y las oportunidades respecto de otras prioridades en materia de desarrollo, y 3) indicar explícitamente los criterios, conceptos y métodos subyacentes con objeto de evaluar políticas alternativas.

En el resto del presente resumen se presentan las principales conclusiones de este informe. El grado de certeza de los resultados, al igual que en todos los informes de los grupos de trabajo del IPCC, se funda-

¹ En el presente resumen, los recuadros proporcionan información básica sobre los principales conceptos de investigación y los métodos que se han utilizado para obtenerla.

menta en las evaluaciones realizadas por los equipos de autores 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). La confianza en la validez de un resultado se basa en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (p. ej., los datos, la comprensión mecánica, la teoría, los modelos y el juicio experto), y el nivel de acuerdo. Las estimaciones probabilísticas para las mediciones cuantificadas de la incertidumbre de un resultado se basan en análisis estadísticos de las observaciones o en los resultados de modelos, o en ambos, y en el juicio experto.² Si procede, los resultados también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre. En los párrafos del presente resumen, los términos utilizados para el nivel de confianza, la evidencia y el nivel de acuerdo para un resultado destacado se aplican a las declaraciones subsiguientes del párrafo, a menos que se utilicen nuevos términos para ello. Se incluyen referencias entre corchetes que remiten a los capítulos, secciones, figuras, cuadros y recuadros correspondientes del informe de base.

Esta sección continúa presentando conceptos y métodos importantes para contextualizar los resultados que figuran en las secciones siguientes. En la sección RT.2 se presenta evidencia sobre las tendencias del pasado en los *stocks* y los flujos de GEI, así como sobre los factores que impulsan las emisiones a escala mundial, regional y sectorial, en particular el crecimiento económico, la tecnología o los cambios demográficos. En la sección RT.3.1 se presentan los resultados de estudios que analizan las necesidades tecnológicas, económicas e institucionales de los escenarios de mitigación a largo plazo. La sección RT.3.2 proporciona detalles sobre las medidas de mitigación y las políticas que se utilizan en los diversos sectores económicos y asentamientos humanos, y entre ellos. En la sección RT.4 se resumen algunas ideas sobre las interacciones de las políticas de mitigación entre diferentes niveles de gobernanza, sectores económicos y tipos de instrumentos.

El cambio climático es un problema del patrimonio mundial que requiere la cooperación internacional en paralelo con políticas locales, nacionales y regionales sobre numerosas cuestiones

² Para describir la evidencia disponible se utilizan los términos limitada, media o sólida; y para referirse al nivel de acuerdo, 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*. Para una evidencia y un enunciado de nivel de acuerdo determinados, se pueden asignar niveles de confianza distintos, pero los mayores niveles de evidencia y de acuerdo se corresponden con mayores niveles de confianza. Para indicar el grado de probabilidad de un resultado o consecuencia se han utilizado los siguientes términos: prácticamente seguro, 99%-100%; muy probable, 90%-100%; probable, 66%-100%; tan probable como improbable, 33%-66%; improbable, 0%-33%; muy improbable, 0%-10%; y excepcionalmente improbable, 0%-1%. Si procede, se pueden utilizar otros términos (más probable que improbable: >50%-100%, y más improbable que probable: 0%-<50%). La probabilidad resultante de la evaluación se expresa en cursiva, por ejemplo, *muy probable*. Para más información, consúltese la nota de orientación para los autores principales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC sobre el tratamiento coherente de las incertidumbres, que puede consultarse en <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>.

Recuadro RT.2 | La mitigación aporta beneficios de mercado y de otros tipos a la humanidad

El objetivo de la mitigación es la reducción o la eliminación de algunos de los efectos del cambio climático. La mitigación puede mejorar los medios de subsistencia y la salud, el acceso a los alimentos o al agua potable y la calidad de vida de las personas o el entorno natural que las rodea.

Los efectos de la mitigación en el mercado y en otros ámbitos pueden contribuir a mejorar el bienestar de las personas. Los efectos en el mercado son consecuencia de los cambios en los precios de mercado, los ingresos de las personas o la calidad o disponibilidad de los productos comercializados. Los efectos que no están relacionados con el mercado son consecuencia de los cambios en la calidad o disponibilidad de bienes no comercializables como la salud, la calidad de vida, la cultura, la calidad del medio ambiente, los ecosistemas naturales, la vida silvestre y los valores estéticos. El cambio climático puede tener repercusiones en el mercado y fuera de este. Por ejemplo, una ola de calor en una zona rural puede provocar estrés térmico a los trabajadores agrícolas expuestos a ella, secar un humedal que sirve de refugio a las aves migratorias o matar algunos cultivos y dañar a otros, y un beneficio de la mitigación es evitar estos daños. [3.9]

Los economistas suelen utilizar unidades monetarias para valorar los daños causados por el cambio climático y los beneficios de la mitigación. El valor monetizado de un beneficio es la cantidad de ingresos que una persona estaría dispuesta a gastar para obtenerlo o, expresado de otro modo, la cantidad que estaría dispuesta a aceptar como indemnización adecuada por no obtenerlo. El valor monetizado de un daño es la cantidad de ingresos que una persona estaría dispuesta a gastar para evitarlo, o bien la cantidad que estaría dispuesta a aceptar como indemnización adecuada por padecerlo. Las medidas económicas tratan de capturar el interés que suscita en las personas un bien o servicio respecto de otro, en función de sus intereses, perspectivas y circunstancias económicas personales. [3.9]

Las unidades monetarias pueden utilizarse para medir los costos y los beneficios en diferentes momentos y para diferentes personas. Sin embargo, no puede presuponerse que un dólar para una persona en un momento concreto sea equivalente a un dólar para otra persona en un momento diferente. Puede ser necesario aplicar ponderaciones distributivas entre personas diferentes [3.6.1] y cálculos por descuento (véase el recuadro RT.10) en momentos distintos. [3.6.2]

diversas. Habida cuenta de que las emisiones de GEI provocadas por cualquier actor (p. ej., personas, empresas o países) afectan a los demás actores, no se lograrán resultados efectivos si los distintos actores anteponen sus propios intereses a los de los demás de forma independiente. La cooperación internacional puede contribuir definiendo y asignando derechos y obligaciones relacionados con la atmósfera [secciones 1.2.4, 3.1, 4.2, 13.2.1]. Por otra parte, la investigación y el desarrollo (I+D) en apoyo de la mitigación constituye un bien público, lo que significa que la cooperación internacional puede desempeñar un papel constructivo en el desarrollo coordinado y la difusión de tecnologías [1.4.4, 3.11, 13.9, 14.4.3]. Ello genera necesidades diferentes de cooperación en I+D, la apertura de los mercados y la creación de incentivos para alentar a las empresas privadas a desarrollar y aplicar nuevas tecnologías, y a los hogares a adoptarlas.

La cooperación internacional en el ámbito del cambio climático entraña diversas consideraciones éticas, como la distribución equitativa de esfuerzos. Cada país ha contribuido a la acumulación de GEI en la atmósfera de un modo distinto, tiene capacidades diferentes para apoyar la mitigación y la adaptación y presenta diversos niveles de vulnerabilidad a los efectos del clima. Numerosos países menos desarrollados están expuestos a los efectos más graves, aun cuando su contribución al problema ha sido menor. Para involucrar a los países en la cooperación internacional eficaz pueden ser necesarias estrategias de distribución de los costos y los beneficios de la mitigación que se consideren equitativas [4.2]. La evidencia indica que la equidad percibida

puede influir en el grado de cooperación entre los individuos y, por la misma razón, los procesos y los resultados que se consideran justos favorecen la cooperación internacional [3.10, 13.2.2.4]. Los análisis recopilados en las obras de referencia sobre filosofía moral y política pueden ayudar a resolver los dilemas éticos que plantea el cambio climático [3.2, 3.3, 3.4]. Estas cuestiones comprenden cuánta mitigación se necesita para prevenir 'interferencias peligrosas en el sistema climático' (recuadro RT.1) [3.1], cómo debe distribirse el esfuerzo o el costo de la mitigación del cambio climático entre los países y entre el presente y el futuro [3.3, 3.6, 4.6], cómo tener en cuenta factores como la responsabilidad histórica de las emisiones de GEI [3.3, 4.6] y cómo elegir entre políticas alternativas de mitigación y adaptación [3.4, 3.5, 3.6, 3.7]. Este debate entraña cuestiones éticas relativas al bienestar, la justicia, la equidad y los derechos. El uso de análisis éticos permite identificar los principios éticos que subyacen a los diferentes puntos de vista y distinguir entre razonamientos éticos correctos e incorrectos [3.3, 3.4].

Para evaluar las diferentes opciones de mitigación es necesario tomar en consideración numerosos intereses, perspectivas y desafíos diversos entre y dentro de las sociedades. La mitigación involucra a muchos actores distintos, como gobiernos a nivel regional [14.1], nacional y local [15.1], y mediante acuerdos internacionales [13.1], así como hogares, empresas y otros actores no gubernamentales. Las interconexiones entre los diferentes niveles de toma de decisiones y entre los diferentes actores afectan a los numerosos objetivos vinculados con la política climática. De hecho, en muchos países,

Recuadro RT.3 | El pensamiento deliberativo e intuitivo contribuye a la gestión efectiva de riesgos

Cuando las personas, ya sean votantes, instancias decisorias en una empresa o altos funcionarios responsables de políticas gubernamentales, adoptan decisiones que entrañan riesgo e incertidumbre, utilizan el pensamiento deliberativo e intuitivo. El pensamiento deliberativo se caracteriza por que utiliza una amplia gama de métodos formales para evaluar alternativas cuando resulta difícil especificar las probabilidades o los resultados son inciertos. Estos métodos permiten que los encargados de la adopción de decisiones comparen las opciones de una manera sistemática y teniendo en cuenta las consecuencias a corto y largo plazo. Un punto fuerte de estos métodos es que contribuyen a evitar algunas de las limitaciones conocidas del pensamiento intuitivo, como la tendencia de favorecer el statu quo. Un punto débil de los procesos de pensamiento deliberativo es que a menudo son muy complejos y requieren tiempo y atención considerables.

La mayor parte de las publicaciones basadas en el análisis, incluido el presente informe, parten de la suposición de que los individuos realizan análisis deliberativos y sistemáticos para comparar distintas opciones. Sin embargo, en la toma de decisiones sobre mitigación y adaptación, las personas también son propensas a utilizar el pensamiento intuitivo. Este tipo de pensamiento

tiene la ventaja de que requiere un análisis menos exhaustivo que el pensamiento deliberativo. Sin embargo, el uso de la intuición puede llevarnos a caracterizar los problemas de forma incorrecta si la experiencia pasada es limitada. En este sentido, el cambio climático es un desafío de política, ya que implica a diversos actores con valores, metas y objetivos propios que adoptan un gran número de medidas complejas. En la toma de decisiones relacionadas con el riesgo y la incertidumbre, los individuos suelen mostrar patrones conocidos de pensamiento intuitivo que responden a respuestas emocionales y reglas simplificadas basadas en la experiencia personal. Entre otros puntos débiles de este tipo de pensamiento cabe destacar la mala interpretación de las probabilidades, la limitación a horizontes temporales cortos y la utilización de reglas aproximadas que se aplican selectivamente a subconjuntos de metas y objetivos. [2.4]

Habiendo reconocido que, en la toma de decisiones del mundo real, se utiliza tanto el pensamiento deliberativo como el intuitivo, pueden desarrollarse programas de gestión de riesgos a fin alcanzar los resultados deseados. Por ejemplo, para diseñar estrategias de mitigación y adaptación para el cambio climático, pueden tenerse en cuenta marcos alternativos que no requieren la especificación de probabilidades y los resultados. [2.4, 2.5, 2.6]

las políticas que tienen (o podrían tener) las mayores repercusiones en las emisiones están impulsadas no solo por aspectos relacionados con el cambio climático. En este sentido, revisten especial importancia las interacciones y las tensiones percibidas entre la mitigación y el desarrollo [4.1, 14.1]. El desarrollo comprende numerosas actividades, como la mejora del acceso a unos servicios energéticos modernos [7.9.1, 14.3.2, 16.8], la construcción de infraestructuras [12.1], la garantía de la seguridad alimentaria [11.1] y la erradicación de la pobreza [4.1]. Muchas de estas actividades pueden aumentar las emisiones si se realizan utilizando medios convencionales. Por lo tanto, de los vínculos entre el desarrollo y la mitigación pueden surgir dilemas políticos y éticos, particularmente para los países en desarrollo, si se considera que la mitigación exacerba los desafíos más urgentes en materia de desarrollo y afecta negativamente al bienestar actual de sus habitantes [4.1]. En el presente informe se examinan estos dilemas, incluso en varios recuadros especiales en los cuales se destacan las preocupaciones manifestadas por los países en desarrollo.

La evaluación económica puede ser útil para diseñar políticas y tener una base ética si se aplica una ponderación distributiva apropiada. Si bien las limitaciones de la economía están ampliamente documentadas [2.4, 3.5], esta disciplina proporciona herramientas útiles para evaluar las ventajas y los inconvenientes de las opciones de

mitigación y adaptación. Entre las herramientas prácticas que pueden contribuir a la toma de decisiones figuran el análisis de los costos y los beneficios, el análisis de costo-efectividad, el análisis multicriterios, la teoría de la utilidad esperada y los métodos de análisis de las decisiones [2.5, 3.7.2]. La evaluación económica (véase el recuadro RT.2) puede tener una base ética si se aplica una ponderación distributiva que tenga debidamente en cuenta el diferente valor del dinero para las personas ricas y pobres [3.6]. Existen pocas aplicaciones empíricas de evaluación económica bien fundamentadas en materia de cambio climático [3.6.1]. Las publicaciones científicas proporcionan orientaciones importantes sobre la tasa de descuento social aplicable al consumo (véase el recuadro RT.10), que es, en efecto, una ponderación distributiva intertemporal. Ello demuestra que la tasa de descuento social depende fundamentalmente del crecimiento de la renta per cápita previsto y la aversión a la desigualdad [3.6.2].

La mayoría de las políticas climáticas tienen elementos comunes con otros objetivos sociales, ya sean positivos o negativos, lo que genera posibilidades de 'cobeneficios' o 'efectos colaterales adversos'. Desde la publicación del Cuarto Informe de Evaluación han aparecido numerosos estudios que analizan cómo los países que ponen en práctica medidas de mitigación abordan también otros objetivos, entre los que cabe destacar la protección del medio

ambiente local o la seguridad energética, como si fueran ‘cobeneficios’, y a la inversa [1.2.1, 6.6.1, 4.8]. Este enfoque de objetivos variados es importante porque ayuda a identificar las esferas en las que se contará con un fuerte apoyo político, administrativo y de las partes interesadas, entre otros, para las políticas que consiguen progresos en diversos objetivos. Por otra parte, la presencia de varios objetivos en muchas sociedades puede ayudar a los gobiernos a mantener el apoyo político necesario para la mitigación [15.2.3]. Para medir el efecto neto sobre el bienestar social (véase el recuadro RT.11), es necesario examinar la interacción entre las políticas climáticas y otras políticas preexistentes [3.6.3, 6.3.6.5].

Las medidas de mitigación generan compensaciones y sinergias con otros objetivos sociales que pueden evaluarse en un marco de desarrollo sostenible. El conjunto de objetivos diversos que las sociedades valoran se denominan comúnmente ‘desarrollo sostenible’. Por tanto, para realizar una evaluación exhaustiva de las políticas climáticas es preciso trascender el enfoque de las distintas opciones de mitigación y adaptación, así como sus respectivos cobeneficios y efectos colaterales adversos. En su lugar, es necesario incorporar aspectos de índole climática en el diseño de estrategias integrales para alcanzar el desarrollo equitativo y sostenible a nivel regional, nacional y local [4.2, 4.5]. El mantenimiento y la promoción del bienestar de las personas, en particular en lo que respecta a la superación de la pobreza y la reducción de las desigualdades en el nivel de vida, evitando al mismo tiempo las modalidades insostenibles de consumo y producción, son aspectos fundamentales del desarrollo equitativo y sostenible [4.4, 4.6, 4.8]. Habida cuenta de que estos aspectos están firmemente arraigados en el modo como las sociedades formulan y aplican políticas económicas y sociales en general, son fundamentales para adoptar políticas climáticas eficaces.

Las variaciones en los objetivos reflejan en parte el hecho de que los seres humanos perciben los riesgos y las oportunidades de manera diferente. Los individuos toman decisiones basadas en diferentes fines y objetivos y utilizan diversos métodos para decidir entre opciones alternativas. Estas decisiones y sus resultados afectan la capacidad de cooperación y coordinación de las sociedades. Algunos grupos hacen mayor hincapié en el desarrollo económico y los costos de la mitigación a corto plazo, mientras que otros se preocupan más por las ramificaciones del cambio climático para garantizar la prosperidad a largo plazo. Algunos muestran aversión al riesgo, mientras que otros toleran mejor el peligro. Algunos disponen de más recursos para adaptarse al cambio climático que otros. Algunos prestan atención a las posibles catástrofes, mientras que otros ignoran los fenómenos extremos por considerarlos poco probables. Ante determinados cambios climáticos, algunos se convertirán en ganadores relativos y otros en perdedores relativos. Algunos tienen más poder político que otros para articular sus preferencias y proteger sus intereses. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, la sensibilización ha crecido de tal manera que hace necesario tener en cuenta estos factores, durante mucho tiempo objeto de estudio de la psicología,

la economía del comportamiento y la economía política, entre otras disciplinas, para evaluar la política climática (véase el recuadro RT.3). Además de las diferentes percepciones del cambio climático y sus riesgos, también existen diversas normas que pueden condicionar qué comportamiento se considera aceptable. Asimismo, ha aumentado la conciencia del modo como estas normas se propagan a través de las redes sociales e inciden en las actividades, los comportamientos y los estilos de vida, y, por lo tanto, en las trayectorias de desarrollo, que pueden repercutir considerablemente en las emisiones de GEI y las políticas de mitigación. [1.4.2, 2.4, 3.8, 3.10, 4.3].

Para aplicar una política climática eficaz es necesario crear instituciones y capacidad de gobernanza. Si bien existen indicios sólidos de que la transición hacia una trayectoria sostenible y equitativa es técnicamente posible, el establecimiento de estrategias eficaces y viables para mitigar del cambio climático no es solamente un ejercicio técnico, ya que requiere que los estados y los agentes de la sociedad civil tomen un sinfín de decisiones secuenciales. Este proceso se beneficia de la educación y el empoderamiento de los diversos actores que participan en unos sistemas de toma de decisiones diseñados y ejecutados con el objetivo deliberado de alcanzar la equidad en los procedimientos. Esto es aplicable a nivel nacional e internacional, en particular allí donde la gobernanza efectiva en relación con los recursos globales comunes todavía no ha evolucionado lo suficiente. En cualquier enfoque hay ganadores y perdedores potenciales. La viabilidad política de este enfoque dependerá en gran medida de cómo se distribuyan el poder, los recursos y la autoridad de adopción de decisiones entre los ganadores y los perdedores potenciales. En un mundo caracterizado por profundas desigualdades, los sistemas imparciales de participación, toma de decisiones y gobernanza pueden ayudar a los mecanismos de gobierno a alcanzar soluciones equitativas frente al desafío del desarrollo sostenible. [4.3]

La gestión eficaz de los riesgos del cambio climático requiere que se tengan en cuenta la incertidumbre de los impactos físicos y las posibles respuestas humanas y sociales. La mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo plantean muchos desafíos en numerosos niveles de gestión de riesgos y decisión de políticas que interactúan de forma compleja y a menudo imprevisible. Los riesgos e incertidumbres surgen en sistemas naturales, sociales y tecnológicos. Como se explica en el recuadro RT.3, las estrategias efectivas de gestión de riesgos no solo tienen en cuenta los valores de las personas y sus procesos decisorios basados en la intuición, sino también modelos formales y ayudas a la decisión para abordar sistemáticamente cuestiones relacionadas con el riesgo y la incertidumbre [2.4, 2.5]. Las investigaciones acerca de otros dominios de la política caracterizados también por su complejidad y alto grado de incertidumbre demuestran la importancia que reviste adoptar políticas y medidas robustas que consideren diversos criterios y resultados posibles [2.5]. Como se indica en el recuadro RT.4, es cada vez más patente el problema de que el cambio climático puede provocar fenómenos extremos cuyos puntos de activación y repercusiones están sujetos a un alto grado de incerti-

Recuadro RT.4 | ‘Colas gruesas’: resultados probables e improbables para comprender el valor de la mitigación

El fenómeno denominado de las ‘colas gruesas’ está relacionado con la incertidumbre del sistema climático y tiene repercusiones en las políticas de mitigación y adaptación. Al evaluar el conjunto de incertidumbres estructurales que afectan al sistema climático, la distribución de probabilidad compuesta que representa los posibles daños económicos puede tener un extremo en forma de cola gruesa. Esto significa que la probabilidad de que se produzcan daños no disminuye proporcionalmente al aumento de la temperatura con la misma rapidez con la que se agravan las consecuencias.

La importancia de las colas gruesas puede ejemplificarse con la distribución de la temperatura que resultaría al duplicar la concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO₂) (sensibilidad climática). Las estimaciones del Grupo de trabajo I (GTI) del IPCC pueden utilizarse para calibrar dos distribuciones posibles, una de cola gruesa y otra de cola delgada, que representan un cambio de temperatura media de 3 °C y un 15% de probabilidad de que el cambio de temperatura sea superior a 4,5 °C. Aunque la probabilidad de que se supere el segundo valor es la misma para ambas distribuciones, al aumentar la temperatura, esta

disminuye mucho más lentamente en la cola gruesa que en la cola delgada. Por ejemplo, la probabilidad de que se registren cambios en la temperatura superiores a 8 °C es casi diez veces mayor en la cola gruesa que en la cola delgada. Si los cambios de temperatura están distribuidos en forma de cola gruesa y a temperaturas más altas pueden ocurrir fenómenos de efectos devastadores, entonces los fenómenos situados en la cola pueden predominar en el cálculo de los daños esperados derivados del cambio climático.

Para elaborar políticas de mitigación y adaptación, resulta útil comprender la probabilidad de que ocurran fenómenos representados en el extremo derecho de la distribución. De hecho, la naturaleza de la distribución probabilística del cambio de temperatura puede condicionar sustancialmente cómo se elabora y estructura la política climática. Las colas más gruesas aumentan la importancia de los eventos situados en la cola (como un calentamiento de 8 °C). Si bien las investigaciones y el debate político se han centrado en los resultados más probables, puede que sea más importante tener en cuenta los resultados que están en la cola de la distribución de probabilidad. [2.5, 3.9.2]

dumbre [2.5, 3.9.2]. Para elaborar una estrategia de gestión de los riesgos del cambio climático serán necesarias la integración de respuestas de mitigación con diferentes horizontes temporales, la adaptación a una amplia gama de impactos climáticos, e incluso posibles respuestas de emergencia, como la geoingeniería, frente a impactos climáticos extremos [1.4.2, 3.3. 7, 6.9, 13.4.4]. La capacidad de compensar el calentamiento rápidamente podría contribuir a limitar algunos de los impactos climáticos más extremos, si bien el despliegue de sistemas de geoingeniería plantea muchos otros riesgos (véase la sección RT.3.1.3). Uno de los desafíos decisivos que entraña el desarrollo de una estrategia de gestión de riesgos es que esta pueda adaptarse a los nuevos datos y a las diferentes instituciones de gobierno [2.5].

RT.2 Tendencias en los stocks y los flujos de los gases de efecto invernadero y sus impulsores

En esta sección se resumen las tendencias de emisiones históricas de los gases de efecto invernadero (GEI) y sus impulsores subyacentes. Como en la mayor parte de la bibliografía asociada, todas las estimaciones agregadas de emisiones de GEI se convierten en CO₂-equivalente sobre la base de potenciales de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) (recuadro RT.5). La mayoría de los cambios en las tendencias de las emisiones de GEI que figuran en esta sección están relacionados con cambios en factores como el crecimiento económico, el cambio tecnológico, el comportamiento humano o el crecimiento demográfico. Sin embargo, también se incluyen cambios menores en las estimaciones de emisiones de GEI que se deben a mejoras en los conceptos y métodos de medición producidas desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4). Existe un corpus bibliográfico creciente sobre las incertidumbres en los conjuntos de datos de las emisiones globales de GEI. Esta sección trata de hacer explícitas esas incertidumbres y, siempre que sea posible, informa de las variaciones en las estimaciones de conjuntos globales de datos.

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

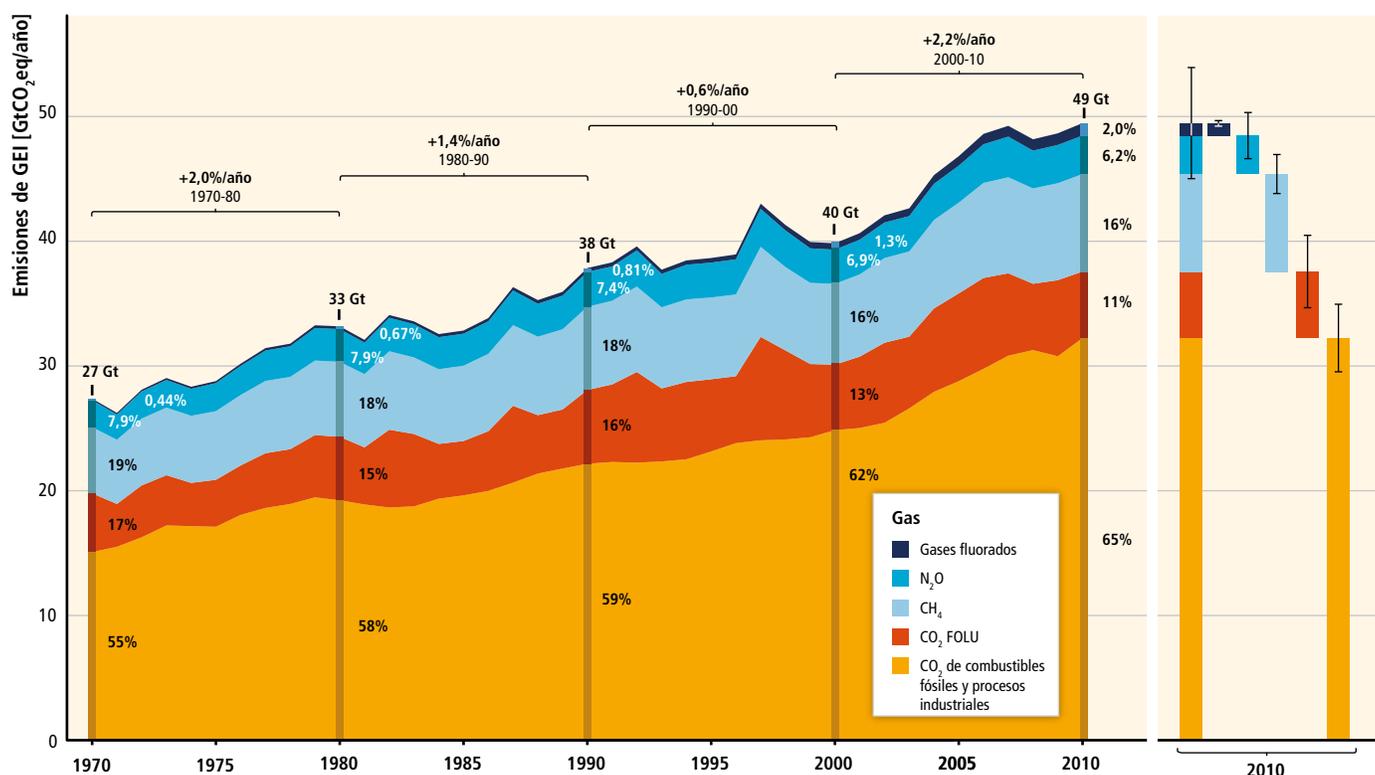


Figura RT.1 | Emisiones antropógenas anuales de GEI totales (GtCO₂eq/año) por grupos de gases, 1970-2010: dióxido de carbono (CO₂) procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O), y gases fluorados⁵ contemplados en el Protocolo de Kyoto. En la parte derecha de la figura se muestran de nuevo las emisiones de GEI en 2010 desglosadas por componentes con las incertidumbres asociadas (intervalo de confianza del 90%) indicadas por barras de error. Las incertidumbres en las emisiones antropógenas de GEI totales se deben a las estimaciones para los gases individuales, como se describe en el capítulo 5 [5.2.3.6]. Las emisiones se convierten en CO₂-equivalente sobre la base del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) utilizado en el Segundo Informe de Evaluación (IE2) del IPCC. Los datos de las emisiones de FOLU representan emisiones terrestres de CO₂ debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO₂ procedente de FOLU descrito en el capítulo 11 del presente informe. La tasa promedio de crecimiento anual de las emisiones de GEI para las cuatro décadas se indica con las llaves horizontales. La tasa promedio de crecimiento anual de 1970 a 2000 es de 1,3%. [figura 1.3]

RT.2.1 Tendencias en las emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero totales han aumentado más rápidamente entre 1970 y 2010 que en los tres decenios anteriores (*nivel de confianza alto*). Las emisiones antropógenas de GEI totales entre 2000 y 2010 fueron las más altas en la historia de la humanidad y llegaron a 49 (±4,5) gigatoneladas de CO₂-equivalente por año (GtCO₂eq/año) en 2010.³ Las tendencias actuales se encuentran en los niveles máximos que se habían previsto para este último decenio. El crecimiento de las emisiones de GEI se ha producido a pesar de que existía una amplia gama de instituciones multilaterales, así como políticas nacionales orientadas a la mitigación. Entre 2000 y 2010, las emisiones de GEI crecieron en promedio 1,0 GtCO₂eq/año (2,2%), una cifra que contrasta con las 0,4 GtCO₂eq/año (1,3%) a lo largo de todo el período de 1970 a 2000 (figura RT.1). Durante la crisis económica mundial de 2007/2008 las

emisiones de GEI disminuyeron temporalmente. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, figura 15.1]

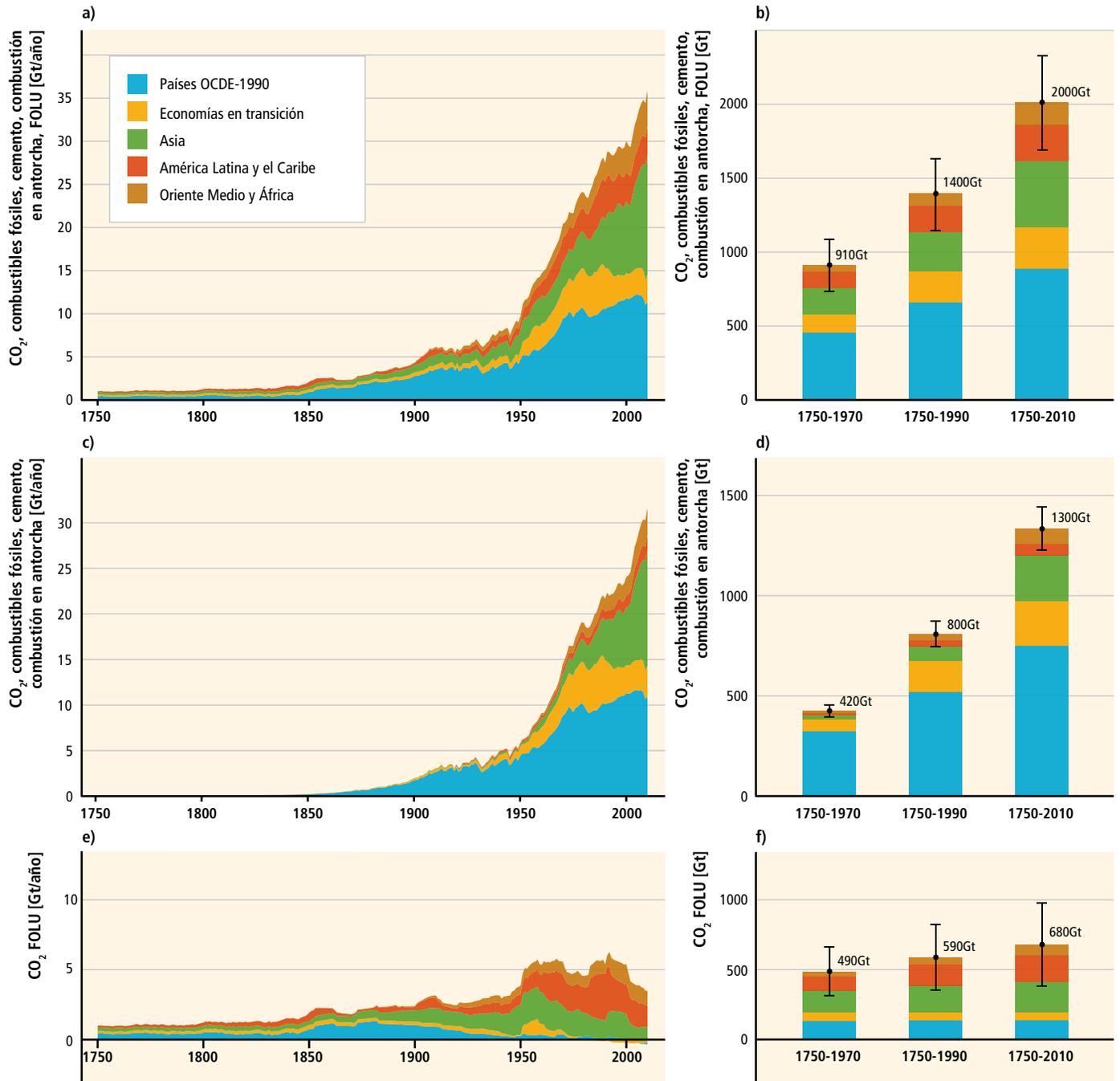
Las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en alrededor del 78% al aumento de las emisiones de GEI totales de 1970 a 2010 y la contribución porcentual para el período 2000-2010

³ En el presente Resumen se indica la incertidumbre en las emisiones históricas de GEI utilizando intervalos de incertidumbre del 90% a menos que se especifique otra cosa. Los niveles de emisiones de GEI se redondean a dos dígitos significativos en todo el documento; como consecuencia, puede haber pequeñas diferencias en las sumas debido a los redondeos

⁴ 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 asociadas a la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) de los 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 y remociones derivadas de la agricultura (véase el glosario de GTIII IE5).

⁵ En este informe, los datos sobre los GEI distintos del CO₂, incluidos los gases fluorados, están tomados de la base de datos EDGAR (véase el anexo II.9), que abarca sustancias incluidas en el Protocolo de Kyoto en su primer período de compromiso.

Emisiones antropógenas totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, la combustión en antorcha, la producción de cemento y la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) por regiones entre 1750 y 2010



Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos

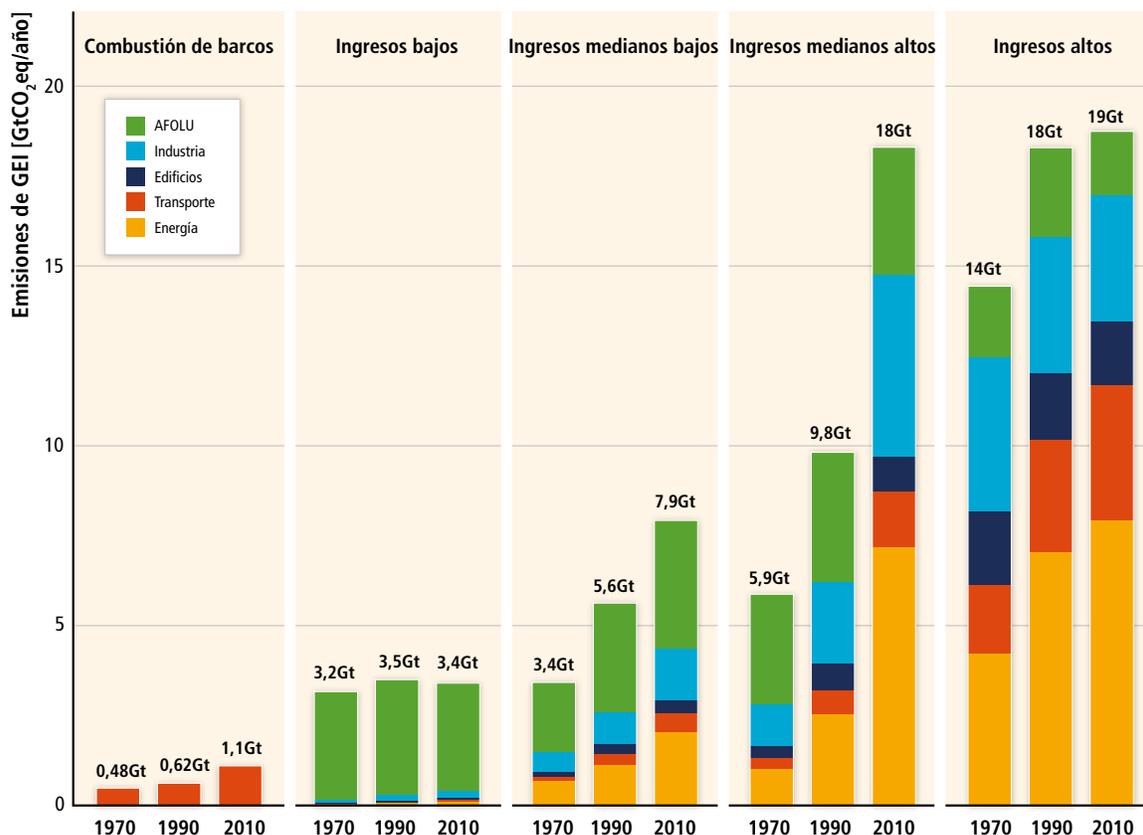
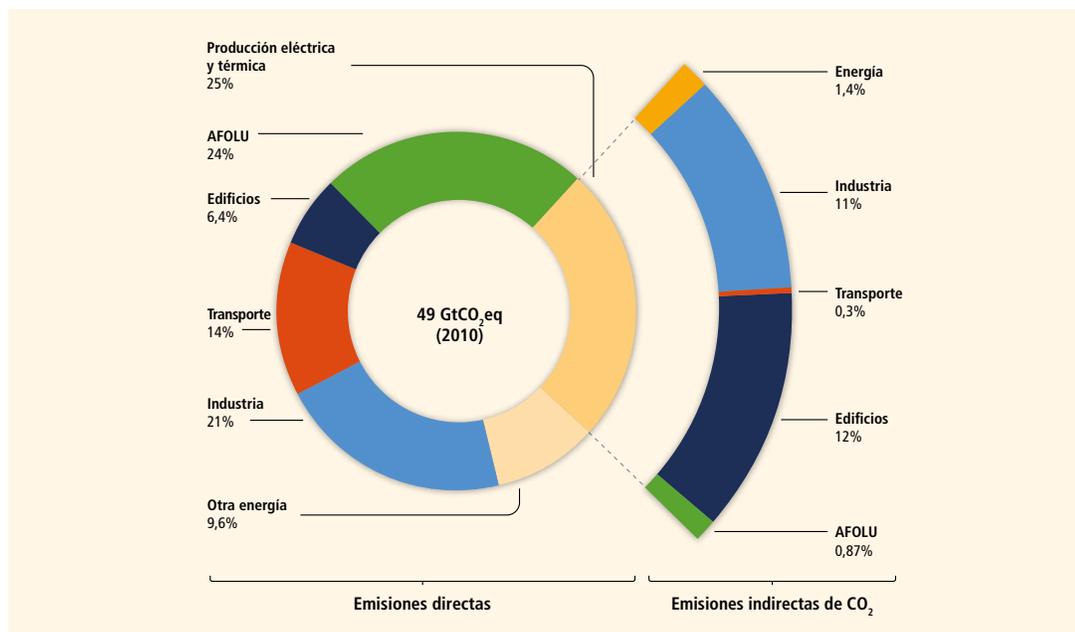


Figura RT.3 Emisiones antropógenas de GEI totales (GtCO₂eq/año) por sectores económicos y grupos de países por ingresos. Gráfico superior: el círculo muestra las proporciones de las emisiones directas de GEI (en porcentaje de las emisiones antropógenas de GEI totales) de los cinco principales sectores económicos en 2010. El arco de círculo exterior muestra cómo las proporciones de las emisiones indirectas de CO₂ (en porcentaje de emisiones antropógenas de GEI totales) derivadas de la producción eléctrica y térmica están atribuidas a sectores de uso final de la energía. ‘Otra energía’ denota todas las fuentes de emisión de GEI en el sector de la energía que son distintas de la producción eléctrica y térmica. Gráfico inferior: Emisiones antropógenas de GEI totales en 1970, 1990 y 2010 de los cinco principales sectores económicos por grupos de países por ingresos. ‘Combustión de barcos’ denota las emisiones de GEI derivadas del transporte internacional y que, por tanto, con los sistemas de contabilidad actuales, no se atribuyen al territorio de ningún país en particular. Los datos de las emisiones de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las emisiones terrestres de CO₂ debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO₂ procedente del subsector de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) descritas en el capítulo 11 de este informe. Las emisiones se convierten en CO₂-equivalente sobre la base del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) utilizado en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. La clasificación de países por ingresos sigue los criterios fijados por el Banco Mundial en 2013. Para más detalles, véase el anexo II.2.3. En el anexo II.91. se proporcionan definiciones de los sectores. [figura 1.3, figura 1.6]

RT

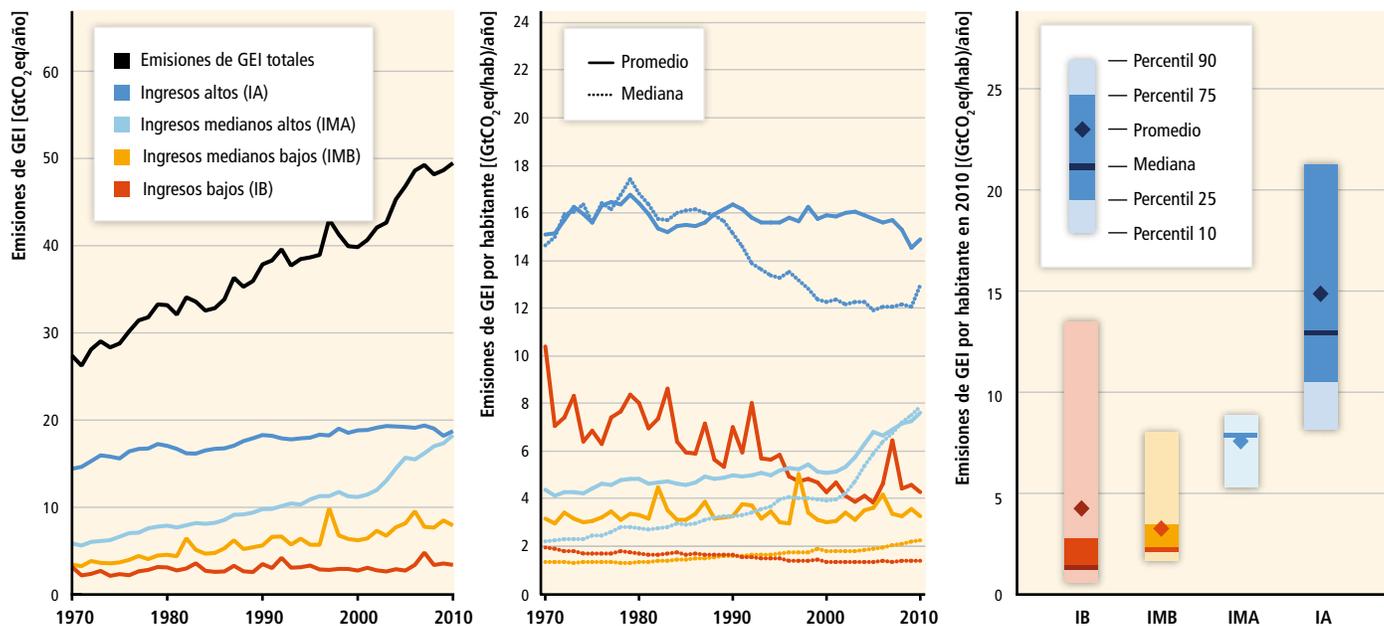


Figura RT.4 | Tendencias en las emisiones de GEI por grupos de países por ingresos. Gráfico izquierdo: Emisiones antropógenas de GEI totales entre 1970 y 2010 (GtCO₂eq/año). Gráfico central: Tendencias en el promedio y la mediana de emisiones de GEI anuales por habitante entre 1970 y 2010 ((tCO₂eq/hab)/año). Gráfico derecho: Distribución de las emisiones anuales de GEI por habitante en 2010 en los países de cada grupo de países por ingresos ((tCO₂eq/hab)/año). Los valores promedio muestran los niveles de emisiones de GEI ponderados por población. Los valores medianos muestran los niveles de emisiones de GEI por habitante del país en el percentil 50 de la distribución dentro de cada grupo de países por ingresos. Las emisiones se convierten en CO₂-equivalente sobre la base del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) utilizado en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. La clasificación de países en grupos por ingresos sigue los criterios fijados por el Banco Mundial en 2013. Para más detalles, véase el anexo II.2.3. [figuras 1.4, 1.8]

fue similar (*nivel de confianza alto*). Las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles llegaron a 32 (±2,7) GtCO₂/año en 2010 y aumentaron alrededor del 3% entre 2010 y 2011 y alrededor del 1-2% entre 2011 y 2012. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, los porcentajes de los principales grupos de emisiones de GEI se han mantenido estables. De las 49 (±4,5) GtCO₂eq/año de GEI antropógenos totales emitidas en 2010, el CO₂ sigue siendo el principal gas de efecto invernadero y representa el 76% (38±3,8 GtCO₂eq/año) del total de GEI antropógenos emitidos en 2010. El 16% (7,8±1,6 GtCO₂eq/año) proviene del metano (CH₄), el 6,2% (3,1±1,9 GtCO₂eq/año) del óxido nitroso (N₂O) y el 2% (1,0±0,2 GtCO₂eq/año) de los gases fluorados (figura RT.1).⁵ Si se utilizaran los valores más recientes del PGC₁₀₀ del Quinto Informe de Evaluación [GTI 8.7], las emisiones totales de GEI regionales serían ligeramente superiores (52 GtCO₂eq/año) y los porcentajes de emisión de gases distintos del CO₂ serían del 20% para el CH₄, del 5,0% para el N₂O y del 2,2% para los gases fluorados. Las proporciones de las emisiones son sensibles a la métrica de las emisiones y al horizonte temporal elegidos, pero estos factores tienen poca influencia sobre las tendencias globales a largo plazo. Si se utilizara un horizonte de tiempo más corto a 20 años, entonces la proporción de CO₂ se reduciría a poco más del 50% de las emisiones totales de GEI antropógenos y aumentaría la importancia relativa de la proporción de gases de corta vida. Como se indica en el recuadro RT.5, la elección de la métrica de las emisiones y el horizonte temporal implica juicios de valor explícitos o implícitos y está en función de la finalidad del análisis. [1.2, 3.9, 5.2]

En el curso de los últimos cuatro decenios, las emisiones totales de CO₂ acumuladas se han multiplicado por dos, pasando de alrededor de 910 GtCO₂ para el período 1750-1970 a alrededor de 2 000 GtCO₂ para el período 1750-2010 (*nivel de confianza alto*). En 1970 las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la combustión en antorcha desde 1750 fueron de 420 (±35) GtCO₂; en 2010 ese total acumulado se triplicó hasta alcanzar 1 300 (±110) GtCO₂ (figura RT.2). Las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) desde 1750 pasaron de 490 (±180) GtCO₂ en 1970 a aproximadamente 680 (±300) GtCO₂ en 2010. [5.2]

Las pautas regionales de emisiones de GEI están variando con los cambios en la economía mundial (*nivel de confianza alto*). Desde 2000 las emisiones de GEI han ido en aumento en todos los sectores, excepto en el de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)⁴, para el que diferentes bases de datos notifican cambios en las emisiones tanto positivos como negativos, si bien existe mucha incertidumbre con respecto a los datos. Más del 75% del aumento de las 10 Gt en las emisiones anuales de GEI entre 2000 y 2010 correspondía a los sectores del suministro de energía (47%) y la industria (30%) (en el anexo II.9.I se proporcionan definiciones de los sectores). De este incremento sectorial, 5,9 GtCO₂eq se produjeron en los países de ingresos medianos altos,⁶ donde el desarrollo

⁶ Para clasificar los países en grupos por ingresos en el presente resumen se utiliza la clasificación por ingresos del Banco Mundial de 2013. Para más detalles véase el anexo II.2.3.

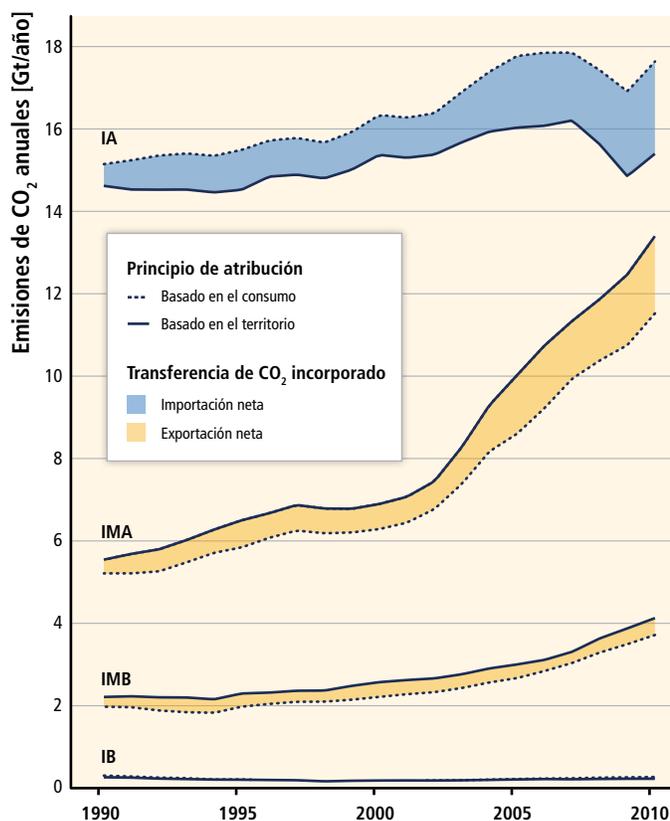


Figura RT.5 | Emisiones anuales totales de CO₂ (GtCO₂/año) procedentes de la quema de combustibles fósiles para los grupos de países por ingresos sobre la base del territorio (línea continua) y el consumo final (línea punteada). Las áreas sombreadas representan los balances comerciales netos (diferencias) de CO₂ entre los cuatro grupos de países por ingresos y el resto del mundo. El sombreado azul indica que el grupo de países es un importador neto de emisiones de CO₂ incorporadas, de manera que las estimaciones de emisiones basadas en el consumo son más altas que las estimaciones de emisiones territoriales tradicionales. En naranja se indica la situación inversa, en la que el grupo de países por ingresos es un exportador neto de emisiones de CO₂ incorporadas. La clasificación de países en grupos por ingresos sigue los criterios fijados por el Banco Mundial en 2013. Para más detalles, véase el anexo II.2.3. [figura 1.5]

económico y la expansión de la infraestructura han sido más rápidos. El crecimiento de las emisiones de GEI en los otros sectores ha sido más modesto en términos absolutos (0,3-1,1 GtCO₂eq) y relativos (3%-11%). [1.3, 5.3, figura 5.18]

En los niveles actuales de emisiones de GEI predominan las contribuciones del suministro de energía, la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) y los sectores industriales; la industria y los edificios cobran mayor notoriedad si se contabilizan las emisiones indirectas (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). De las 49 (±4,5) GtCO₂eq emitidas en 2010, el 35% (17 GtCO₂eq) de las emisiones de GEI se liberaron en el sector del suministro de energía, el 24% (12 GtCO₂eq, emisiones netas) en AFOLU, el 21% (10 GtCO₂eq) en la industria, el 14% (7,0 GtCO₂eq) en el transporte y el 6,4% (3,2 GtCO₂eq) en los edificios. Cuando las emisiones indirectas derivadas de la producción eléctrica y térmica se atribuyen a los sectores que utilizan la energía final, las proporciones

de los sectores de la industria y los edificios en las emisiones globales de GEI aumentan hasta el 31% y el 19%,³ respectivamente (figura RT.3, gráfico superior). [1.3, 7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

Las emisiones de GEI por habitante en 2010 son muy desiguales (nivel de confianza alto). En 2010 la mediana de las emisiones de GEI por habitante (1,4 tCO₂eq/hab/año) para el grupo de países de ingresos bajos era alrededor de nueve veces menor que la mediana de las emisiones de GEI por habitante (13 tCO₂eq/hab/año) de los países de ingresos altos (figura RT.4).⁶ En los países de ingresos bajos, la mayor parte de las emisiones de GEI procede de AFOLU; en las emisiones de GEI de los países de ingresos altos predominan las fuentes relacionadas con el suministro de energía y la industria (figura RT.3, gráfico inferior). Existen variaciones sustanciales en las emisiones de GEI por habitante entre los grupos de países por ingresos, cuyas emisiones a nivel del percentil 90 duplican con creces las del percentil 10. La mediana de las emisiones por habitante es más representativa que la media de las emisiones por habitante del país típico de cualquier grupo de países por ingresos compuesto por miembros heterogéneos. La media de las emisiones de GEI por habitante difiere de la mediana principalmente en los países de ingresos bajos, ya que los diferentes países de ingresos bajos tienen altas emisiones por habitante debido a grandes emisiones de CO₂ asociadas a los cambios de uso del suelo (figura RT.4, gráfico derecho). [1.3, 5.2, 5.3]

Una proporción cada vez mayor de las emisiones totales antropógenas de CO₂ se libera durante la fabricación de productos que se comercializan a través de fronteras internacionales (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Desde el Cuarto Informe de Evaluación, en varios conjuntos de datos se ha cuantificado la diferencia entre las estimaciones de emisiones 'territoriales' tradicionales y las estimaciones de emisiones 'basadas en el consumo', que asignan todas las emisiones causadas por la producción mundial de bienes y servicios al país de consumo final (figura RT.5). Una proporción cada vez mayor de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles en los países de ingresos medianos se libera durante la producción de bienes y servicios que se exportan de países de ingresos medianos altos a países de ingresos altos. Las emisiones industriales de CO₂ totales del grupo de países no incluidos en el anexo I superan las de los países incluidos si se utilizan métodos de contabilidad territoriales y basados en el consumo, si bien las emisiones por habitante siguen siendo notablemente más altas en el grupo de países incluidos en el anexo I. [1.3, 5.3]

Independientemente de la perspectiva adoptada, un número reducido de países emiten la mayor parte de las emisiones antropógenas de CO₂ (nivel de confianza alto). En 2010 diez países eran responsables de alrededor del 70% de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales. Un número igualmente reducido de países emiten la mayor parte de las emisiones de CO₂ basadas en el consumo y las emisiones de CO₂ acumuladas desde la década de 1750. [1.3]

Recuadro RT.5 | Las métricas de las emisiones implican juicios de valor y presentan amplios márgenes de incertidumbre

Las métricas de las emisiones proporcionan ‘tipos de cambio’ que ayudan a valorar las aportaciones de los GEI al cambio climático. Estos tipos de cambio se utilizan para muchos fines, entre ellos el desglose de las medidas de mitigación entre varios gases y la agregación de las emisiones de diversos GEI. Sin embargo, no existe ninguna métrica que sea correcta conceptualmente y viable al mismo tiempo. Por esa razón, la elección de la métrica apropiada depende de la aplicación o la política de que se trate. [3.9.6]

Los GEI difieren en sus características físicas. Por ejemplo, por unidad de masa en la atmósfera, el metano (CH_4) provoca un forzamiento radiativo instantáneo mayor que el CO_2 , si bien permanece en la atmósfera durante mucho menos tiempo. Por lo tanto, los perfiles temporales del cambio climático obtenidos de diversos GEI son diferentes y consecuentes. Para determinar cómo se comparan las emisiones de diferentes GEI a efectos de mitigación, es necesario confrontar los perfiles temporales del cambio climático que resultan de cada gas y hacer juicios de valor acerca de la importancia relativa de estos perfiles para los seres humanos, que es un proceso lleno de incertidumbres. [3.9.6; GTI 8.7]

Una métrica utilizada comúnmente es el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que se define como el forzamiento radiativo acumulado en un horizonte temporal específico (p. ej., 100 años — PCG_{100}) provocado por la emisión de un kilogramo de gas, en comparación con el causado por el gas de referencia CO_2 . Esta métrica se utiliza para convertir los efectos de las diferentes emisiones de GEI a una escala común (CO_2 -equivalente).¹ Un punto fuerte del PCG es que puede calcularse de una forma relativamente transparente y directa. Sin embargo, también tiene limitaciones, entre ellas, la necesidad de utilizar un horizonte temporal específico, la importancia otorgada al forzamiento acumulado y la insensibilidad de la métrica al perfil temporal de los efectos climáticos y su relevancia para los seres humanos. La elección de un horizonte temporal reviste particular importancia para los gases de corta vida, especialmente el metano: cuando se calculan con un horizonte temporal más corto para el PCG, su

participación en el efecto del calentamiento total calculado es mayor y, como consecuencia de ello, la estrategia de mitigación podría cambiar. [1.2.5]

En las publicaciones científicas se han propuesto numerosas métricas alternativas. Todas ellas tienen ventajas y desventajas, y la elección de la métrica puede afectar significativamente al peso atribuido a las emisiones de determinados gases. Por ejemplo, el PCG_{100} del metano es 28 mientras que su potencial de cambio en la temperatura global, una métrica alternativa, es 4 para el mismo horizonte temporal (valores presentados en el Quinto Informe de Evaluación, véase GTI sección 8.7). En lo que respecta únicamente a los costos de mitigación agregados, los resultados del PCG_{100} pueden ser similares a los de otros indicadores (como el potencial de cambio en la temperatura global dependiente del tiempo o el potencial de costo global) para el logro de los objetivos climáticos fijados, si bien puede haber diferencias significativas en la distribución implícita de los costos entre diferentes sectores y regiones, y a lo largo del tiempo. [3.9.6, 6.3.2.5]

Una alternativa a la utilización de una métrica única para todos los gases es la adopción de un enfoque ‘multicesta’ que agrupe los gases en función de cómo contribuyen al cambio climático a corto y largo plazo. Esto puede resolver algunos problemas relacionados con el uso de una única métrica, si bien persiste el interrogante de cuál es la importancia relativa que se otorga a la reducción de las emisiones de GEI en los diferentes grupos. [3.9.6; GTI 8.7]

¹ En el presente resumen, todas las emisiones de GEI se expresan en emisiones de CO_2 -equivalente (CO_2eq), que se calculan sobre la base del PCG_{100} . A menos que se indique otra cosa, los valores del PCG de los diferentes gases son los que figuran en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Si bien los valores de PCG se han actualizado en varias ocasiones desde entonces, el uso de los valores presentados en el Segundo Informe de Evaluación está muy extendido en contextos de políticas, incluido el Protocolo de Kyoto, así como en numerosos sistemas de contabilización de emisiones nacionales e internacionales. Los estudios de modelización muestran que los cambios en los valores del PCG_{100} del Segundo al Cuarto Informe de Evaluación tienen escasas repercusiones en la estrategia de mitigación óptima a nivel mundial. [6.3.2.5, anexo II.9.1]

La tendencia ascendente de las emisiones globales de CO_2 derivadas de la quema de combustibles fósiles es sólida en las diferentes bases de datos y a pesar de las incertidumbres (nivel de confianza alto). Las emisiones globales de CO_2 procedentes de la quema de combustibles fósiles se muestran con una incertidumbre del 8%. Las incertidumbres asociadas a las emisiones de CO_2 procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) son de gran magnitud, del orden de $\pm 50\%$. Las incertidumbres para las emisiones globales de CH_4 , N_2O y los gases fluorados se han estimado en el 20%, el 60% y el 20%, respectivamente. La combinación de estos valores produce

una estimación ilustrativa de la incertidumbre de los GEI totales globales de alrededor del 10% (figura RT.1). Las incertidumbres pueden aumentar a escalas espaciales más finas y en sectores específicos. La imputación de las emisiones de GEI al país de consumo final incrementa las incertidumbres, si bien la literatura sobre el tema es todavía incipiente. Las estimaciones de las emisiones de GEI publicadas en el Cuarto Informe de Evaluación superaban en un 5-10% las estimaciones que figuran en el presente documento, pero están comprendidas dentro del intervalo estimado de incertidumbre.³ [5.2]

RT.2.2 Motores de las emisiones de gases de efecto invernadero

En esta sección se examinan los factores que se han asociado históricamente con cambios en los niveles de emisiones de GEI. Por lo general, este tipo de análisis se basa en un desglose de las emisiones totales de GEI en diversos componentes, como el crecimiento de la economía (producto interno bruto (PIB)/habitante), el crecimiento de la población (habitantes), la intensidad energética necesaria por unidad de producción económica (energía/PIB) y la intensidad de emisión de GEI de cada energía (GEI/energía). En la práctica, habida cuenta de las limitaciones en los datos disponibles y que la mayoría de las emisiones de GEI se producen en forma de CO₂ de origen industrial y energético, el presente estudio se centra casi exclusivamente en el CO₂ de esos sectores.

A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continúan siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 ha seguido siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente (*nivel de confianza alto*). La población mundial ha aumentado un 86% entre 1970 y 2010, de 3 700 a 6 900 millones de personas. Durante el mismo período, los ingresos, cuantificados en función de la producción o el consumo por habitante, se han multiplicado aproximadamente por dos. La medición exacta del crecimiento económico global es difícil de realizar porque los países utilizan diferentes divisas y la conversión de las cifras económicas de cada país a totales mundiales puede efectuarse de diversas maneras. El crecimiento de la población y la producción económica ha provocado un aumento de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles. Durante el pasado decenio, la importancia del crecimiento económico como motor de las emisiones globales de CO₂ ha aumentado considerablemente mientras que el crecimiento demográfico ha permanecido estable. Debido a los cambios en la tecnología y la estructura económica, la combinación de diferentes fuentes de energía y los cambios en otros factores como el capital y el trabajo, la intensidad energética de la producción económica ha disminuido a un ritmo constante en todo el mundo. Este descenso ha tenido un efecto compensatorio sobre las emisiones mundiales de CO₂ que es casi de la misma magnitud que el crecimiento de la población (figura RT.6). Existen pocos países que combinan el crecimiento económico con la disminución de las emisiones territoriales de CO₂ durante períodos de tiempo más largos. Este desacoplamiento sigue siendo, en gran medida, atípico, especialmente cuando se tienen en cuenta las emisiones de CO₂ basadas en el consumo. [1.3, 5.3]

Entre 2000 y 2010, el mayor uso del carbón respecto de otras fuentes de energía ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual del suministro de energía mundial (*nivel de confianza alto*). El mayor del uso del carbón, especialmente en los

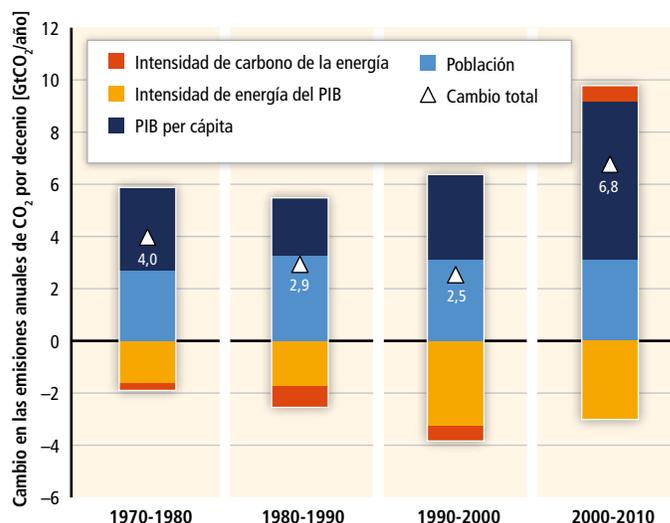


Figura RT.6 Descomposición del cambio decenal en las emisiones anuales totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles por cuatro factores impulsores: población, ingreso (PIB) por habitante, intensidad de energía del PIB e intensidad de carbono de la energía. Los cambios en las emisiones totales se indican mediante un triángulo. Los cambios en las emisiones a lo largo de cada decenio se miden en gigatoneladas (Gt) de CO₂ por año (GtCO₂/año); los ingresos se convierten en unidades comunes utilizando paridades de poder adquisitivo. [figura 1.7]

países en desarrollo de Asia, está acentuando la carga de emisiones de GEI relacionadas con la energía (figura RT.6). Las estimaciones indican que las reservas de carbón y de gas y petróleo no convencionales son abundantes. Por lo tanto, la reducción de la intensidad de carbono de la energía puede que se produzca no por la escasez de recursos fósiles, sino por otros factores determinantes como cambios en la tecnología, los valores y las opciones sociopolíticas. [5.3, 7.2, 7.3, 7.4; SRREN figura 1.7]

Las innovaciones tecnológicas, las decisiones en materia de infraestructura y el comportamiento afectan a las emisiones de GEI al condicionar el crecimiento de la productividad, la intensidad de energía y carbono y las pautas de consumo (*nivel de confianza medio*). La innovación tecnológica mejora la productividad del trabajo y los recursos y puede contribuir al crecimiento económico, si bien este puede llevar aparejados aumentos o disminuciones de emisiones de GEI. La dirección y velocidad del cambio tecnológico depende de las políticas que se apliquen. La tecnología también condiciona las decisiones en materia de infraestructura y organización espacial, como en las ciudades, que pueden tener efectos duraderos sobre las emisiones de GEI. Además, existe una amplia gama de actitudes, valores y normas que pueden condicionar los diferentes estilos de vida, las preferencias de consumo y las elecciones tecnológicas. Estos factores, a su vez, afectan a los patrones de emisiones de GEI. [5.3, 5.5, 5.6, 12.3]

Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé

Recuadro RT.6 | Utilización de escenarios en el presente informe

Los escenarios que describen cómo podría evolucionar el futuro identifican los factores fundamentales del desarrollo humano que influyen en las emisiones de GEI y en nuestra capacidad para responder al cambio climático. Los escenarios abarcan una amplia gama de futuros posibles porque el desarrollo humano está determinado por un gran número de factores, entre ellos la toma de decisiones. Los escenarios pueden utilizarse para integrar los conocimientos acerca de los motores de las emisiones de GEI, las opciones de mitigación, el cambio climático y los impactos del clima.

Un elemento importante de los escenarios es la proyección del nivel de interferencias humanas en el sistema climático. Con este fin, se ha elaborado un conjunto de cuatro 'trayectorias de concentración representativas' (RCP). En 2100 estas trayectorias alcanzan niveles de forzamiento radiativo de 2,6, 4,5, 6,0 y 8,5 vatios por metro cuadrado (W/m^2) (correspondientes a concentraciones de 450, 650, 850 y 1 370 ppm CO_2eq), respectivamente, que abarcan el intervalo de forzamiento climático antropógeno del siglo XXI, como se expone en la literatura sobre el tema. Las cuatro trayectorias de concentración representativas constituyen la base de una nueva serie de proyecciones del cambio climático examinadas por Grupo de trabajo I en el Quinto Informe de Evaluación. [GTI 6.4, GTI 12.4]

Los escenarios que describen cómo evoluciona el futuro sin medidas adicionales y explícitas para mitigar el cambio climático ('escenarios de referencia') y con la adopción de medidas para limitar las emisiones de GEI ('escenarios de mitigación'), respectivamente, suelen incluir proyecciones socioeconómicas, además de información relativa a las emisiones, la concentración y el cambio climático. En la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación se ha evaluado la gama completa

de escenarios de referencia y mitigación que se describen en las publicaciones sobre el tema. A este fin, el Grupo de trabajo III ha recopilado una base de datos con más de 1 200 escenarios publicados de mitigación y de referencia. En la mayoría de los casos, las proyecciones socioeconómicas subyacentes reflejan las decisiones de cada uno de los equipos de modelización que evidencian cómo conciben el futuro en ausencia de políticas climáticas. Los escenarios de referencia comprenden una amplia gama de hipótesis sobre el crecimiento económico (en las que los ingresos por habitante en 2100 aumentan de tres a más de ocho veces), la demanda de energía (con una disminución de la intensidad energética en 2100 de entre el 40% y más del 80%) y otros factores, en particular, la intensidad de carbono de la energía. Los supuestos acerca de la población son una excepción: la gran mayoría de los escenarios se centran en un rango de población bajo a medio de entre 9 000 y 10 000 millones de personas para el año 2100. Si bien los escenarios de referencia publicados presentan una amplia gama de trayectorias de emisiones, puede que no comprendan el abanico completo de posibilidades (figura RT.7). [6.3.1]

Los resultados de los escenarios de referencia y de mitigación relativos a la concentración que se evalúan en la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación abarcan toda la gama de trayectorias de concentración representativas. Sin embargo, proporcionan muchos más detalles para las trayectorias situadas en el extremo inferior a través de escenarios con niveles de concentración del orden de 450, 500 y 550 ppm CO_2eq en 2100. Las proyecciones de cambio climático del Grupo de trabajo I basadas en las trayectorias de concentración representativas y los escenarios de mitigación examinados por el Grupo de trabajo III en el Quinto Informe de Evaluación pueden relacionarse entre sí por los resultados climáticos que implican. [6.2.1]

que persistirá el incremento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas a pesar de las mejoras en las fuentes de suministro de energía y las tecnologías de uso final (nivel de confianza alto). En los escenarios de referencia recopilados para realizar esta evaluación (escenarios sin esfuerzos adicionales explícitos para limitar las emisiones de GEI), las concentraciones atmosféricas superan 450 ppm CO_2eq en 2030,⁷ alcanzan niveles entre 750 y más de 1 330 ppm CO_2eq en 2100 y provocan aumentos en la temperatura media global en superficie de 3,7 °C a 4,8 °C en 2100 en comparación con los niveles prein-

dustriales⁸ (rango basado en el promedio de la respuesta climática; el rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando está comprendida la incertidumbre climática; véase el cuadro RT.1).⁹ Estos valores son similares al rango de concentración de CO_2eq en las trayectorias de concentración representativas RCP6,0 y RCP8,5 en 2100 (véase el recuadro RT.6),

⁷ Estas concentraciones de CO_2eq representan el forzamiento radiativo total, incluidos los GEI, los gases halogenados, el ozono troposférico, los aerosoles, el polvo mineral y el cambio del albedo.

⁸ Sobre la base del conjunto de datos de la temperatura global en superficie más prolongado del que se dispone, el cambio observado entre el promedio del período 1850-1900 y el del período de referencia del Quinto Informe de Evaluación (1986-2005) es de 0,61 °C (intervalo de confianza de 5%-95%: 0,55 a 0,67 °C) [GTI RRP.E], que aquí se utiliza como aproximación del cambio en la temperatura media global en superficie desde niveles preindustriales, referido como el período anterior a 1750.

⁹ Las estimaciones reflejan los percentiles 10 a 90 de los escenarios de referencia recopilados para realizar esta evaluación. La incertidumbre climática refleja los percentiles 5 a 95 de los cálculos de los modelos climáticos descritos en el cuadro RRP.1 para cada escenario

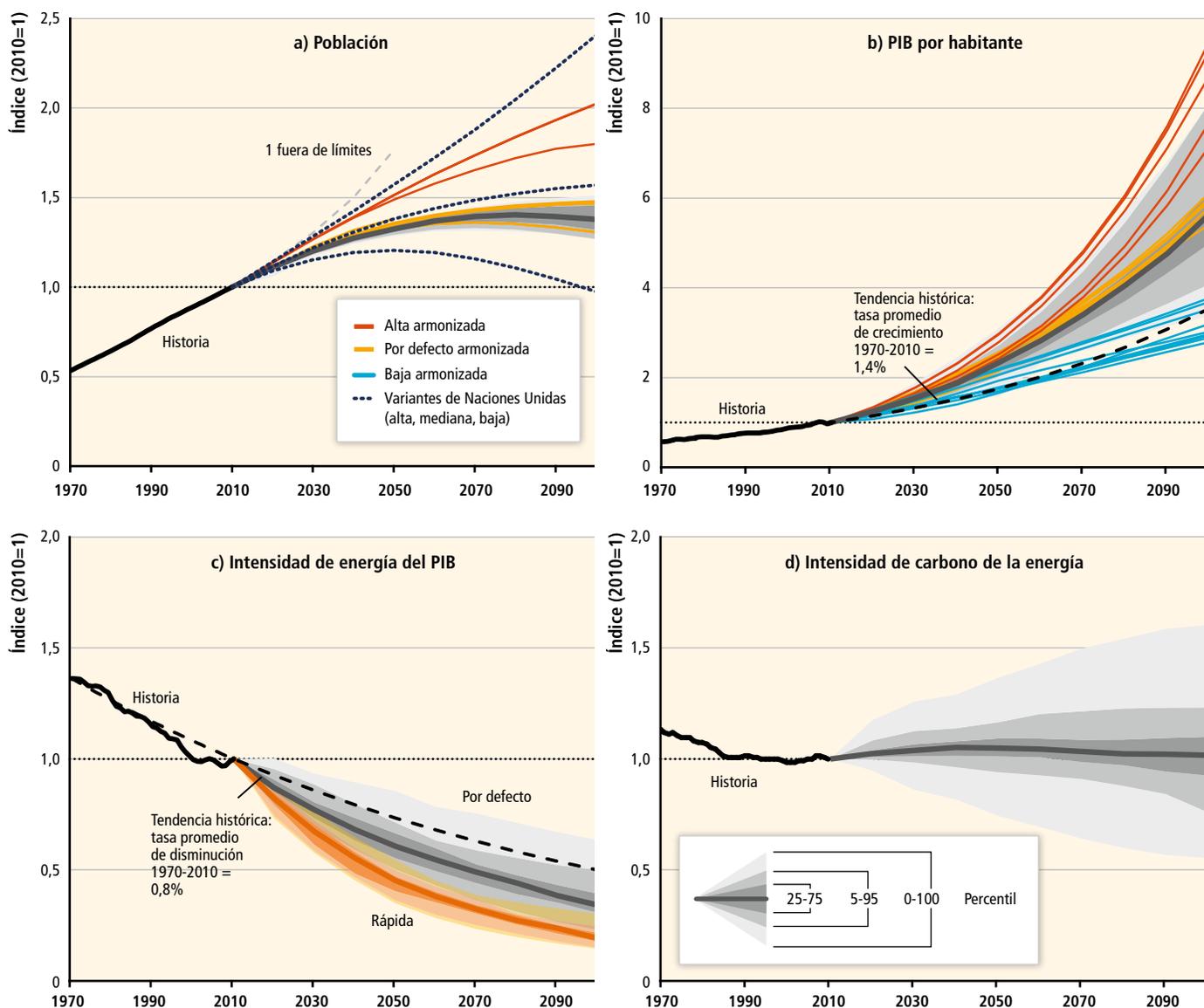


Figura RT.7 | Rangos de las proyecciones de referencia mundiales para cuatro motores de las emisiones. Los escenarios armonizados relativos a cada factor se indican con líneas individuales. Los otros escenarios se representan como rangos con la mediana indicada con una línea gruesa; el sombreado refleja el rango intercuartílico (gris oscuro), el rango entre los percentiles 5 y 95 (gris medio) y el rango completo (gris claro), con la excepción de una trayectoria fuera de límites indicada en el gráfico a). Para cada indicador, los escenarios se filtran por modelos y estudios a fin de incluir solamente proyecciones únicas. Las proyecciones de los modelos y los datos históricos se han normalizado a 1 en 2010. El PIB se agrega utilizando los tipos de cambio de mercado del año de base. La energía y la intensidad de carbono se miden con respecto a la energía primaria total. [figura 6.1]

aunque en la mayoría de los escenarios la concentración es inferior a la correspondiente a RCP8,5. A efectos de comparación, se calcula que la concentración de CO_2 eq en 2011 es de 430 ppm (intervalo de incertidumbre 340-520 ppm).¹⁰ La literatura no analiza de forma sistemática el intervalo completo de valores de incertidumbre en torno a las trayectorias de desarrollo ni la posible evolución de los principales

motores de emisiones como la población, la tecnología y los recursos. Sin embargo, los escenarios demuestran claramente que, en ausencia de esfuerzos explícitos de mitigación, las emisiones de CO_2 acumuladas desde 2010 superarán 700 Gt de CO_2 en 2030, 1 500 Gt de CO_2 en 2050 y posiblemente más de 4 000 Gt de CO_2 en 2100. [6.3.1; GTI figura RRP.5, GTI 8.5, GTI 12.3]

¹⁰ Se basa en la evaluación del forzamiento radiativo antropogéno total para 2011 en relación con 1750 presentada en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo de trabajo I, esto es, $2,3 \text{ W m}^{-2}$, con un intervalo de incertidumbre de $1,1$ a $3,3 \text{ W m}^{-2}$. [GTI figura RRP.5, GTI 8.5, GTI 12.3]

RT.3 Trayectorias y medidas de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible

En esta sección se evalúa la bibliografía sobre las trayectorias y las medidas de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible. En la sección RT 3.1 se examinan en primer lugar las trayectorias de emisiones antropógenas de GEI y las posibles repercusiones en las temperaturas de las trayectorias de mitigación que desembocan en un rango amplio de concentraciones atmosféricas de CO₂e en el futuro. A continuación, explora las necesidades tecnológicas, económicas e institucionales de estas trayectorias, junto con sus posibles cobeneficios y efectos colaterales adversos. En la sección RT 3.2 se examinan las opciones de mitigación por sectores y sus interacciones entre diversos sectores.

RT.3.1 Trayectorias de mitigación

RT.3.1.1 Comprensión de las trayectorias de mitigación en el contexto de múltiples objetivos

Las sociedades del mundo tendrán que mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse al mismo para evitar de forma efectiva los impactos perjudiciales del clima (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Existen ejemplos de sinergias entre la mitigación y la adaptación [11.5.4, 12.8.1] que demuestran que las dos estrategias pueden ser complementarias. En términos más generales, ambas estrategias están relacionadas debido a que el aumento de los niveles de mitigación conlleva una necesidad menor de adaptación en el futuro. Aunque se están realizando arduos esfuerzos para incorporar

Recuadro RT.7 | Los escenarios obtenidos de modelos integrados pueden ayudar a comprender cómo afectan las medidas a los resultados en los sistemas complejos

Los escenarios a largo plazo evaluados en el presente informe se han generado principalmente a partir de modelos informáticos a gran escala, a los que se hace referencia como 'modelos integrados' porque tratan de representar las interacciones más importantes entre las diferentes tecnologías, sistemas humanos pertinentes (p. ej., energía, agricultura y sistema económico) y emisiones de GEI asociadas en un único marco integrado. Un subconjunto de estos modelos se denomina 'modelos de evaluación integrados', los cuales comprenden, además de una representación integrada de los sistemas humanos, procesos físicos importantes asociados con el cambio climático, como el ciclo del carbono y representaciones de las repercusiones del cambio climático. Algunos modelos de evaluación integrados ofrecen la posibilidad de comparar las repercusiones con los costos de mitigación de forma endógena, aunque estos modelos suelen tener un carácter sumamente agregado. Si bien los modelos agregados que incluyen representaciones de los costos de mitigación y los daños pueden resultar muy útiles, esta evaluación se centra en modelos integrados con suficiente resolución sectorial y geográfica para comprender la evolución de procesos fundamentales como los sistemas energéticos o los sistemas terrestres.

Los escenarios obtenidos a partir de modelos integrados son de gran utilidad para comprender el modo en que las diversas medidas o decisiones posibles podrían provocar resultados diferentes en estos sistemas complejos. Asimismo, proporcionan proyecciones cuantitativas a largo plazo (condicionadas por nuestro estado actual del conocimiento) de muchas de las características más importantes de las trayectorias de mitigación y dan cuenta de numerosas interacciones importantes entre los diversos sistemas humanos y naturales pertinentes. Por ejemplo, proporcionan información a nivel regional y mundial sobre las trayectorias de

emisiones, la energía y las transiciones en el uso del suelo, así como los costos económicos acumulados de la mitigación.

Al mismo tiempo, estos modelos integrados poseen características y presentan limitaciones que deberían considerarse al interpretar sus resultados. Muchos modelos integrados se basan en el paradigma de la elección racional en la toma de decisiones, si bien excluyen algunos factores relacionados con el comportamiento. Los modelos aproximan soluciones costo-efectivas que minimizan los costos económicos globales del logro de resultados de mitigación, a menos que estén específicamente limitados a comportarse de otro modo. Los escenarios obtenidos a partir de estos modelos identifican e incorporan únicamente algunas de las dimensiones de las trayectorias de desarrollo que son pertinentes para las opciones de mitigación, aunque apenas abordan cuestiones como los impactos distributivos de las medidas de mitigación y la coherencia con objetivos de desarrollo más amplios. Además, los modelos que figuran en esta evaluación no tienen en cuenta adecuadamente las interacciones entre la mitigación, la adaptación y los impactos climáticos. Por estas razones, la mitigación se ha evaluado de forma independiente a los impactos climáticos. Por último, y lo que es más fundamental aún, los modelos integrados son representaciones numéricas sencillas y convencionales de sistemas físicos y sociales extremadamente complejos, y los escenarios que producen se basan en proyecciones inciertas sobre sucesos y motores clave, a menudo en escalas temporales seculares. Las simplificaciones y las diferencias en las hipótesis son el motivo de que los productos generados por diferentes modelos, o distintas versiones del mismo modelo, puedan diferir, y de que las proyecciones de todos los modelos puedan diferir considerablemente de la realidad que representan. [3.7, 6.2]

los impactos y la adaptación en los escenarios de mitigación, las dificultades inherentes a la cuantificación de las interdependencias entre factores han limitado su representación en los modelos utilizados para generar los escenarios de mitigación evaluados por el Grupo de trabajo I en el Quinto Informe de Evaluación (recuadro RT.7). [2.6.3, 3.7.2.1, 6.3.3]

No existe una única trayectoria para estabilizar las concentraciones de CO₂eq en un nivel determinado; por el contrario, la bibliografía disponible apunta a la existencia de una amplia gama de trayectorias de mitigación que podrían alcanzar cualquier nivel de concentración (nivel de confianza alto). Las elecciones que se hagan, sean deliberadas o no, determinarán qué trayectoria de mitigación se sigue. Entre las opciones disponibles cabe destacar, entre otras, la trayectoria de emisiones para que las concentraciones atmosféricas de CO₂eq alcancen un nivel determinado, el punto en que las concentraciones sobrepasan temporalmente un nivel a largo plazo, las tecnologías desplegadas para reducir las emisiones, el grado de coordinación de la mitigación entre diferentes países, los enfoques de política encaminados a la mitigación en y entre los países, el tratamiento que se da al uso del suelo y el modo como se coordina la mitigación con otros objetivos de política como el desarrollo sostenible. La trayectoria de desarrollo que elija una sociedad, con sus particularidades socioeconómicas, institucionales, políticas, culturales y tecnológicas, facilitará y limitará las posibilidades de mitigación en cada caso. A nivel nacional, el cambio se considera más efectivo cuando refleja visiones y enfoques nacionales y locales para lograr el desarrollo sostenible de acuerdo con circunstancias y prioridades nacionales. [4.2, 6.3 a 6.8, 11.8]

Las trayectorias de mitigación se distinguen unas de otras por sus resultados o requisitos (nivel de confianza alto). Para tomar decisiones relativas a las trayectorias de mitigación pueden compararse los requisitos de las diferentes trayectorias. Si bien los costos y los beneficios económicos totalizados suelen influir significativamente en la adopción de decisiones, no son los únicos factores que importan. Las trayectorias de mitigación inherentemente conllevan una serie de sinergias y compensaciones relacionadas con otros objetivos de política, como la energía y la seguridad alimentaria, el acceso a la energía, la distribución de las repercusiones económicas, la calidad del aire a escala local, así como otros factores ambientales asociados a diferentes soluciones tecnológicas, y la competitividad económica (recuadro RT.11). Muchos de estos factores pertenecen al ámbito del desarrollo sostenible. Además, algunos requisitos, como las tasas de ampliación de las tecnologías energéticas o de reducción de las emisiones de GEI, pueden proporcionar indicaciones importantes sobre la dificultad que plantea el cumplimiento a largo plazo de un objetivo determinado. [4.5, 4.8, 6.3, 6.4, 6.6]

RT.3.1.2 Requisitos de las trayectorias de mitigación a corto y largo plazo

Los escenarios de mitigación contemplan diversas medidas tecnológicas y de comportamiento que podrían contribuir a que las sociedades del mundo siguieran trayectorias de emisiones de GEI acordes con diferentes niveles de mitigación (nivel de confianza alto). Como parte de esta evaluación, se han reunido alrededor de 900 escenarios de mitigación y 300 escenarios de referencia elaborados por grupos de investigación sobre modelización integrada de todo el mundo (recuadro RT.7). Los escenarios de mitigación contemplan niveles de concentración atmosférica en 2100 que van de 430 a más de 720 ppm CO₂eq comparables con los niveles de forzamiento en 2100 entre los escenarios RCP2,6 y RCP6,0 (figura RT.8, gráfico izquierdo). Los escenarios se han elaborado con miras a alcanzar objetivos de mitigación basados en distintos supuestos sobre la demanda energética, la cooperación internacional, las tecnologías, las contribuciones de CO₂ y otros agentes de forzamiento a las concentraciones atmosféricas de CO₂eq, y el grado en que las concentraciones superan temporalmente el objetivo a largo plazo (sobrepaso de concentración, véase el recuadro RT.8). También han evaluado otros escenarios, incluidos algunos escenarios que contemplan concentraciones en 2100 por debajo de 430 ppm CO₂eq (más adelante figura un análisis de estos escenarios) [6.3]

Para limitar los cambios de la temperatura transitoria es fundamental limitar no solo los niveles de concentración a largo plazo sino también las concentraciones atmosféricas máximas a lo largo de este siglo (nivel de confianza alto). En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de aproximadamente 500 ppm CO₂eq en 2100 es *más probable que improbable* que el cambio de temperatura quede limitado a menos de 2 °C en relación con los niveles preindustriales, salvo que temporalmente se sobrepasen niveles de concentración de unos 530 ppm CO₂eq antes de 2100, y en este caso es *tan probable como improbable* que se alcance ese objetivo. En la mayoría de los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100 es probable que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C a lo largo del siglo en relación con los niveles preindustriales (cuadro RT.1, recuadro RT.8). En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de entre 530 y 650 ppm CO₂eq en 2100 es *más improbable que probable* que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C en relación con los niveles preindustriales. En los escenarios en los que se superan las 650 ppm CO₂eq en 2100 es *improbable* que el cambio de temperatura quede limitado a menos de 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Los escenarios de mitigación en los que es *más probable que improbable* que el aumento de temperatura se mantenga a menos de 1,5 °C en 2100 en relación con los niveles preindustriales se caracterizan por concentraciones por debajo de 430 ppm CO₂eq en 2100. En esos escenarios la temperatura llega a un máximo a lo largo del siglo y luego disminuye [6.3]

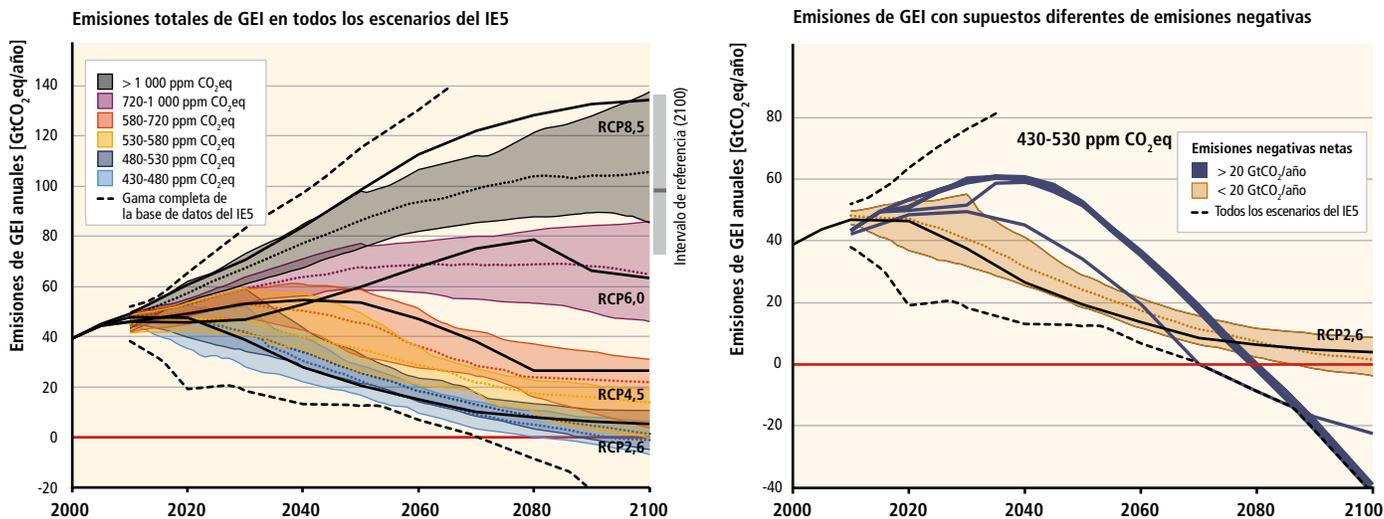


Figura RT.8 | Evolución de las emisiones totales de GEI para los diferentes niveles de concentración a largo plazo (gráfico izquierdo) y para los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100, con y sin emisiones negativas netas de CO₂ superiores a 20 GtCO₂/año (gráfico derecho). Los rangos corresponden a los percentiles 10 a 90 de los escenarios. [figura 6.7]

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100 normalmente conllevan sobrepasos temporales de las concentraciones atmosféricas, al igual que ocurre con muchos escenarios en los que se alcanzan aproximadamente entre 500 ppm y 550 ppm CO₂eq en 2100 (*nivel de confianza alto*). Se entiende por sobrepaso de las concentraciones que estas llegan al nivel máximo durante el siglo antes de disminuir hasta los niveles de 2100. Ese sobrepaso implica que la mitigación es menor a corto plazo, si bien, a largo plazo, la reducción de las emisiones es más rápida y acentuada. La inmensa mayoría de los escenarios en los que se alcanzan alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100 conllevan sobrepasos de las concentraciones, ya que en la mayoría de los modelos no pueden alcanzarse las reducciones de emisiones inmediatas a corto plazo que serían necesarias para evitar el sobrepaso de dichos niveles de concentración. Muchos escenarios se han elaborado para alcanzar aproximadamente 550 ppm CO₂eq por 2100 sin sobrepaso.

En función del nivel del sobrepaso, muchos escenarios en los que este ocurre dependen de la disponibilidad y el despliegue generalizado de bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y forestación en la segunda mitad del siglo (*nivel de confianza alto*). Estas y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono eliminan el CO₂ de la atmósfera (emisiones negativas). En los escenarios con sobrepaso superior a 0,4 W/m² (concentración >35-50 ppm CO₂eq) suelen desplegarse tecnologías de remoción de dióxido de carbono hasta el punto en que las emisiones globales netas de CO₂ se vuelven negativas en la segunda mitad del siglo (figura RT.8, gráfico derecho). La remoción de dióxido de carbono también es dominante en muchos escenarios sin sobrepaso de la concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa. Existe incertidumbre sobre el potencial de despliegue a gran escala

de BECCS, la forestación a gran escala y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono. Estas tecnologías y métodos se asocian en distinto grado con desafíos y riesgos [6.3, 6.9]

Para alcanzar niveles de concentración atmosférica de alrededor de entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100 será necesario reducir de forma sustancial las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero a mitad del siglo (*nivel de confianza alto*). Los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100 están asociados con reducciones de las emisiones de GEI de aproximadamente entre un 40% y un 70% en 2050 en comparación con los niveles de 2010 y con niveles de emisiones en 2100 cercanos a cero GtCO₂eq o negativos en 2100.¹¹ Los escenarios con reducción de las emisiones de GEI en 2050 en el extremo inferior de este rango se caracterizan por una gran dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mediados de siglo. En la mayoría de los escenarios en los que se alcanzan alrededor de 500 ppm CO₂eq en 2100 sin sobrepaso, aproximadamente unas 530 ppm CO₂eq están asociadas en cualquier momento durante el siglo con una reducción de las emisiones de GEI de entre el 40% y el 55% en 2050 en comparación con los niveles de 2010 (figura RT.8, gráfico izquierdo; cuadro RT.1). En cambio, en algunos escenarios en los que se alcanzan concentraciones muy superiores a 530 ppm CO₂eq durante

¹¹ Este rango difiere del presentado para una categoría similar de concentración en el Cuarto Informe de Evaluación (50%-85% menor que en 2000 solo para el CO₂). Entre los motivos de esta diferencia cabe destacar que en el presente informe se ha evaluado un número mucho mayor de escenarios que en el Cuarto Informe de Evaluación y se consideran todos los GEI. Además, una gran proporción de los nuevos escenarios contemplan tecnologías de remoción de dióxido de carbono y el aumento del sobrepaso de la concentración asociado. También cabe aducir otros factores como el uso de niveles de concentración en 2100 en lugar de niveles de estabilización, así como el desplazamiento del año de referencia de 2000 a 2010.

Recuadro RT.8 | Evaluación del cambio de temperatura en el contexto de los escenarios de mitigación

Los objetivos climáticos a largo plazo se han expresado en términos tanto de concentraciones como de temperatura. El artículo 2 de la CMNUCC preconiza la necesidad de 'estabilizar' las concentraciones de GEI. Por estabilización de las concentraciones se entiende en general que la concentración de CO₂eq alcanza un nivel determinado y luego permanece indefinidamente en ese nivel hasta que el ciclo del carbono y otros ciclos globales se equilibran de nuevo. La noción de estabilización no excluye necesariamente la posibilidad de que las concentraciones superen, o 'sobrepasen', el objetivo a largo plazo antes de disminuir finalmente hasta el nivel establecido por este. La posibilidad de 'sobrepaso' tiene repercusiones importantes en las reducciones de emisiones de GEI necesarias para alcanzar un nivel de concentración determinado a largo plazo. El sobrepaso de la concentración implica que la mitigación es menor a corto plazo, con reducciones de las emisiones más rápidas y acentuadas a largo plazo.

La respuesta de la temperatura de las trayectorias de concentración evaluadas en el presente informe se centra en el cambio de la temperatura transitoria a lo largo de este siglo. Esto constituye una diferencia importante respecto de la contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación (GTIII IE4), que se centraba en la respuesta de la temperatura de equilibrio a largo plazo, un estado al que se llega milenios después de la estabilización de las concentraciones. Por lo tanto, los resultados relativos a la temperatura expuestos en el presente informe no son directamente comparables con los resultados presentados en la evaluación GTIII IE4. Una razón por la que esta evaluación se centra en la respuesta de la temperatura transitoria es que es menos incierta que la respuesta de equilibrio y presenta una mayor correlación con las emisiones de GEI a corto y medio plazo. Otra de las razones es que las trayectorias de mitigación evaluadas por el Grupo de trabajo III para el Cuarto Informe de Evaluación no van más allá de 2100 y están diseñadas principalmente para alcanzar objetivos específicos de concentración en dicho año. La mayoría de esas trayectorias no estabilizan las concentraciones en 2100, de forma que la evaluación de la respuesta de la temperatura de equilibrio resulta ambigua y la

hace dependiente de las hipótesis sobre las emisiones y las concentraciones posteriores a 2100.

Los objetivos de temperatura transitoria pueden definirse en términos de temperatura en un año específico (p. ej., 2100) o de que esta no supere un nivel determinado. El presente informe explora las repercusiones de los dos tipos de objetivos. La evaluación de los objetivos de temperatura se complica por la incertidumbre que rodea nuestra comprensión de las relaciones físicas fundamentales en el sistema terrestre, particularmente en lo que respecta a la relación entre las concentraciones y la temperatura. No puede afirmarse con certeza que alguna trayectoria de concentración a largo plazo limitará el cambio de temperatura transitoria o de equilibrio por debajo de un nivel determinado. Solo es posible expresar las repercusiones de las trayectorias de concentración en la temperatura en términos probabilísticos, y estas estimaciones dependerán de la función de distribución de probabilidad de los diferentes parámetros climáticos y del modelo climático utilizado en el análisis. En el presente informe se han empleado el modelo MAGICC y una distribución de parámetros climáticos que se traducen en resultados de temperatura con dinámicas similares a las que presentan los modelos del sistema Tierra evaluados por el Grupo de trabajo I en este Quinto Informe de Evaluación. Para cada escenario de emisiones se calcula la mediana de la respuesta de la temperatura transitoria con el objetivo de ilustrar la variación de la temperatura en las diferentes trayectorias de emisiones. Además, para cada escenario se presenta un rango de temperaturas transitorias que refleja las incertidumbres del sistema climático. La información relativa a la distribución completa de los parámetros climáticos se ha utilizado para estimar la probabilidad de que los escenarios limiten el cambio de la temperatura transitoria por debajo de unos niveles específicos (recuadro RT.1). Reviste una importancia crucial para la formulación de políticas ofrecer una combinación de información sobre el rango posible de resultados de temperatura, así como la probabilidad de alcanzar objetivos diferentes, ya que esto facilita la evaluación de distintos objetivos climáticos desde una perspectiva de gestión de riesgos. [2.5.7.2, 6.3.2]

el siglo antes de descender a concentraciones inferiores en 2100, las emisiones aumentan hasta un 20% en 2050 en comparación con los niveles de 2010. Sin embargo, estos escenarios de gran sobrepaso se caracterizan por emisiones globales negativas de más de 20 GtCO₂ por año en la segunda mitad del siglo (figura RT.8, cuadro derecho). Las emisiones de CO₂ acumuladas entre 2011 y 2100 son de entre 630 y 1 180 GtCO₂ en los escenarios en los que se alcanzan alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100; y de entre 960 y 1 550 GtCO₂ en los escenarios en los que se alcanzan alrededor de 500 ppm CO₂eq en 2100. La variación en las emisiones de CO₂ acumuladas entre los distintos

escenarios se debe a las diferencias en la contribución de los gases de efecto invernadero distintos del CO₂ y otras sustancias de efecto radiativo, así como al calendario de la mitigación (cuadro RT.1). [6.3]

Para alcanzar niveles de concentración atmosférica de alrededor de entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100, la mayoría de la mitigación en relación con las emisiones de referencia a lo largo del siglo se producirá en los países que no pertenecen a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (nivel de confianza alto). En los escenarios que tratan de asignar reducciones de

Cuadro RT.1 | Características principales de los escenarios recopilados y evaluados para la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación. Se muestran para todos los parámetros los percentiles 10 y 90 de los escenarios ^{1,2}[cuadro 6.3]

Concentraciones en 2100 [ppm CO ₂ eq] Categoría (rango de concentración) ⁹	Subcategorías	Posición relativa de las RCP ⁵	Emisiones acumuladas de CO ₂ ³ [GtCO ₂]		Cambio en las emisiones de CO ₂ eq en comparación con 2010 [%] ⁴		Cambio de temperatura (en relación con 1850-1900) ^{5,6}				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	Cambio de temperatura en 2100 [°C] ⁷	Probabilidad de permanecer por debajo del nivel de temperatura después de 2100 ⁸			
								1,5 °C	2,0 °C	3,0 °C	4,0 °C
< 430	Solo un número reducido de estudios de modelos contemplan niveles por debajo de 430 ppm CO ₂ eq										
450 (430-480)	Rango total ^{1,10}	RCP2,6	550-1300	630-1180	-72 a -41	-118 a -78	1,5-1,7 (1,0-2,8)	Más improbable que probable	Probable		
500 (480-530)	Sin sobrepasar 530 ppm CO ₂ eq		860-1180	960-1430	-57 a -42	-107 a -73	1,7-1,9 (1,2-2,9)	Improbable	Más probable que improbable	Probable	Probable
	Sobrepasando 530 ppm CO ₂ eq		1130-1530	990-1550	-55 a -25	-114 a -90	1,8-2,0 (1,2-3,3)		Tan probable como improbable		
550 (530-580)	Sin sobrepasar 580 ppm CO ₂ eq		1070-1460	1240-2240	-47 a -19	-81 a -59	2,0-2,2 (1,4-3,6)		Más improbable que probable ¹²		
	Sobrepasando 580 ppm CO ₂ eq		1420-1750	1170-2100	-16 a 7	-183 a -86	2,1-2,3 (1,4-3,6)				
(580-650)	Rango total	RCP4,5	1260-1640	1870-2440	-38 a 24	-134 a -50	2,3-2,6 (1,5-4,2)				
(650-720)	Rango total		1310-1750	2570-3340	-11 a 17	-54 a -21	2,6-2,9 (1,8-4,5)	Improbable	Más probable que improbable		
(720-1000)	Rango total	RCP6,0	1570-1940	3620-4990	18 a 54	-7 a 72	3,1-3,7 (2,1-5,8)	Improbable ¹¹	Más improbable que probable		
>1000	Rango total	RCP8,5	1840-2310	5350-7010	52 a 95	74 a 178	4,1-4,8 (2,8-7,8)		Improbable ¹¹	Improbable	Más improbable que probable

Notas:

- El 'rango total' para los escenarios de 430-480 ppm CO₂eq corresponde al intervalo de los percentiles 10-90 de la subcategoría de esos escenarios mostrados en el cuadro 6.3.
- Los escenarios de referencia (véase RT.2.2) están en las categorías de >1 000 y 720-1 000 ppm CO₂eq. La última categoría también comprende escenarios de mitigación. Los escenarios de referencia en la última categoría alcanzan un cambio de temperatura en 2100 de 2,5-5,8 °C por encima del nivel preindustrial. Junto con los escenarios de referencia en la categoría de >1 000 ppm CO₂eq, esto conduce a un rango de temperatura 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 en todas las categorías de concentración.
- A efectos de comparación de las emisiones acumuladas de CO₂ evaluadas en este informe con las presentadas en el Grupo de trabajo I, una cantidad de 515 [445-585] GtC (1 890 [1 630-2 150] GtCO₂) ya se habían emitido en 2011 desde 1870 [GTI 12.5]. Obsérvese que las emisiones acumuladas se presentan aquí para diferentes períodos de tiempo (2011-2050 y 2011-2100) mientras que las emisiones acumuladas consideradas en el Grupo de trabajo I se presentaron como emisiones totales compatibles para las trayectorias de concentración representativas (2012-2100) o como el total de emisiones compatibles para permanecer por debajo de un determinado objetivo de temperatura con una determinada probabilidad. [GTI cuadro RRP.3, GTI RRP.E.8]
- Las emisiones mundiales de 2010 son un 31% mayores que las de 1990 (cifra congruente con las estimaciones de las emisiones históricas de GEI presentadas en este informe). Las emisiones de CO₂eq incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O y gases fluorados).
- La evaluación del Grupo de trabajo III comprende un gran número de escenarios publicados en la literatura científica y, por tanto, no se limita a las trayectorias de concentración representativas. Para evaluar la concentración de CO₂eq y las implicaciones climáticas de esos escenarios, el Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC) se utilizó de modo probabilista (véase el anexo II). Para una comparación entre los resultados del modelo MAGICC y las conclusiones de los modelos utilizados en la evaluación del Grupo de trabajo I, véanse las secciones GTI 12.4.1.2, GTI 12.4.8 y 6.3.2.6. Los motivos para las diferencias con el cuadro 2 del Resumen para responsables de políticas (RRP) del GTI incluyen la diferencia en el año de referencia (1986-2005 frente a 1850-1900 en este caso), la diferencia en el año del informe (2081-2100 frente a 2100 en este caso), el establecimiento de la simulación (motores de concentración de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) frente a los motores de las emisiones del modelo MAGICC en este caso), y el conjunto más amplio de escenarios (RCP frente al conjunto completo de escenarios en la base de datos de escenarios de GTIII IE5 en este caso).
- Se informa sobre el cambio de temperatura para el año 2100, que no es directamente comparable con el calentamiento en equilibrio sobre el que se informa en GTIII IE4 [cuadro 3.5, capítulo 3; véase también GTIII IE5 6.3.2]. Para las estimaciones de temperatura en 2100, la respuesta climática transitoria es la propiedad del sistema más característica. El valor asumido del 90% de la respuesta climática transitoria en el modelo MAGICC es 1,2-2,6 °C (mediana 1,8 °C), lo cual contrasta con el valor del 90% de la respuesta climática transitoria de 1,2-2,4 °C en CMIP5 [GTI 9.7] y el intervalo probable evaluado de 1-2,5 °C de diversas líneas de evidencia sobre el que se informa en GTI IE5 [recuadro 12.2 de la sección 12.5].
- El cambio de temperatura en 2100 se da para una estimación de la mediana de los cálculos del modelo MAGICC, lo que ilustra las diferencias entre las trayectorias de emisión de los distintos escenarios en cada categoría. El rango del cambio de temperatura en el paréntesis incluye además las incertidumbres correspondientes al ciclo del carbono y el sistema climático representadas por el modelo MAGICC [véase 6.3.2.6 para más detalles]. Los datos de temperatura comparados con el período de referencia 1850-1900 se calcularon considerando todo el calentamiento proyectado en relación con 1986-2005, añadiéndole 0,61 °C para 1986-2005 frente a 1850-1900, sobre la base del conjunto 4 de datos reticulares de la temperatura en superficie del Centro Hadley/Unidad de investigación climática (HadCRUT4) [véase el cuadro RRP.2 de GTI].
- La evaluación en este cuadro se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto completo de escenarios contemplados en GTIII IE5 utilizando el modelo MAGICC y la evaluación en GTI IE5 de la incertidumbre de las proyecciones de la temperatura no abarcadas por los modelos climáticos. Por consiguiente, las conjeturas son coherentes con las del GTI IE5, que están basadas en las ejecuciones CMIP5 de las trayectorias de concentración representativas y las incertidumbres evaluadas. De ahí que las conjeturas de probabilidad reflejen diferentes líneas de evidencia en ambos Grupos de trabajo. Este método del Grupo de trabajo I también se aplica a los escenarios con niveles de concentración intermedios en los que no se disponía de ninguna ejecución CMIP5. Los enunciados de probabilidad solo tienen carácter indicativo [6.3], y siguen en líneas generales los términos utilizados por el Resumen para responsables de políticas del GTI IE5 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%.
- En la concentración de CO₂-equivalente se incluye el forzamiento de todos los GEI, incluidos los gases halogenados y el ozono troposférico, así como los aerosoles y el cambio del albedo (calculado sobre la base del forzamiento total de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático, MAGICC).
- La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasan el límite de la categoría de concentraciones de 480 ppm CO₂eq.
- Para los escenarios de esta categoría, ninguna ejecución CMIP5 [GTI capítulo 12, cuadro 12.3] ni ninguna realización MAGICC [6.3] está por debajo del respectivo nivel de temperatura. Aun así, con la asignación improbable se reflejan las incertidumbres que pudieran no contemplar los modelos climáticos utilizados.
- Los escenarios de la categoría 580-650 ppm CO₂eq 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 último tipo de escenarios es, en general, de más improbable que probable que el nivel de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C, mientras que la obtenida de la evaluación mayoritaria del anterior tipo de escenarios es de improbable que se mantenga por debajo de ese nivel.

emisiones entre los países y a lo largo del tiempo con criterios de costo-efectividad, las reducciones totales de emisiones de CO₂eq en relación con las emisiones de referencia en los países que no pertenecen a la OCDE son mayores que en los países de la OCDE. En gran parte, esto es debido a que las proyecciones indican que las emisiones de referencia de los países que no pertenecen a la OCDE serán mayores que las de los países de la OCDE, si bien esto también es una consecuencia de la mayor intensidad de carbono de los países que no son miembros de la OCDE y sus diferentes estructuras comerciales. En estos escenarios, las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo antes en los países de la OCDE que en los países que no pertenecen a la OCDE. [6.3]

Para alcanzar niveles de concentración atmosférica de aproximadamente entre 450 y 650 ppm CO₂eq en 2100 serán necesarios cambios a gran escala en los sistemas energéticos mun-

diales y nacionales durante los próximos decenios (nivel de confianza alto). Los escenarios en los que se alcanzan niveles de concentración de aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100 se caracterizan por diferencias de entre el triple y casi el cuádruple de la proporción del suministro energético sin emisiones o con bajas emisiones de carbono proveniente de fuentes renovables, la energía nuclear y la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y bioenergía con CAC (BECCS) para el año 2050 en comparación con 2010 (alrededor del 17%) (figura RT.10, gráfico izquierdo). El aumento del suministro total de energía baja en carbono a nivel mundial es de tres veces a siete veces superior en este mismo período. En muchos modelos no se pueden alcanzar niveles de concentración de alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100 si no se dispone de la serie completa de tecnologías con bajas emisiones de carbono. Los estudios indican que existen muchas posibilidades de que se reduzca

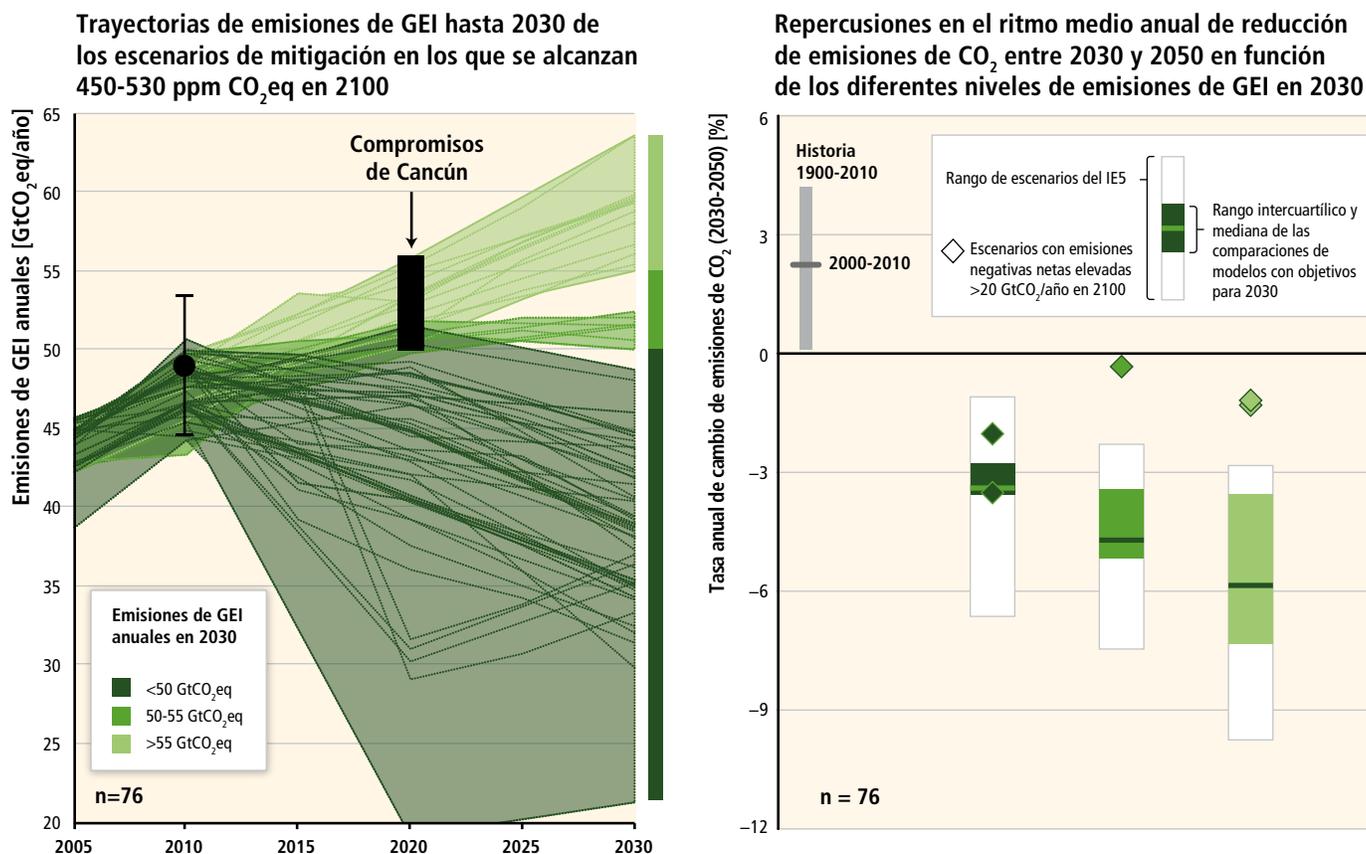


Figura RT.9 Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción de las emisiones de CO₂ de 2030 a 2050 en los escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100. Los escenarios se agrupan conforme a distintos niveles de emisiones en 2030 (coloreados en diferentes tonos de verde). El gráfico de la izquierda muestra las trayectorias de las emisiones de GEI (GtCO₂eq/año) que conducen a estos niveles en 2030. La barra de color negro muestra el intervalo de incertidumbre estimado de las emisiones de GEI derivadas de los Compromisos de Cancún. El punto negro con segmentos representa los niveles de emisiones históricas de GEI y las incertidumbres conexas en 2010 según se presentan en la figura RT.1. El gráfico de la derecha muestra el promedio de las tasas de reducción de las emisiones anuales de CO₂ para el período 2030-2050. Se comparan la mediana y el rango intercuartílico de los distintos escenarios desde 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 en el Quinto Informe de Evaluación. Las tasas anuales del cambio de las emisiones históricas entre 1900 y 2010 (mantenido durante un período de 20 años) y el promedio del cambio de las emisiones anuales entre 2000 y 2010 se muestran en color gris. Nota: los escenarios que contemplan extensivas emisiones globales negativas netas (>20 GtCO₂/año) no se incluyen en el rango de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III en el Quinto Informe de Evaluación, pero se muestran como puntos independientes. 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 basados en supuestos de precios del carbono exógeno o con otras políticas que afectan al calendario de la mitigación (excepción hecha de los objetivos provisionales para 2030), así como los escenarios con emisiones en 2010 muy alejadas del rango histórico. [figuras 6.32; 13.13.1.3]

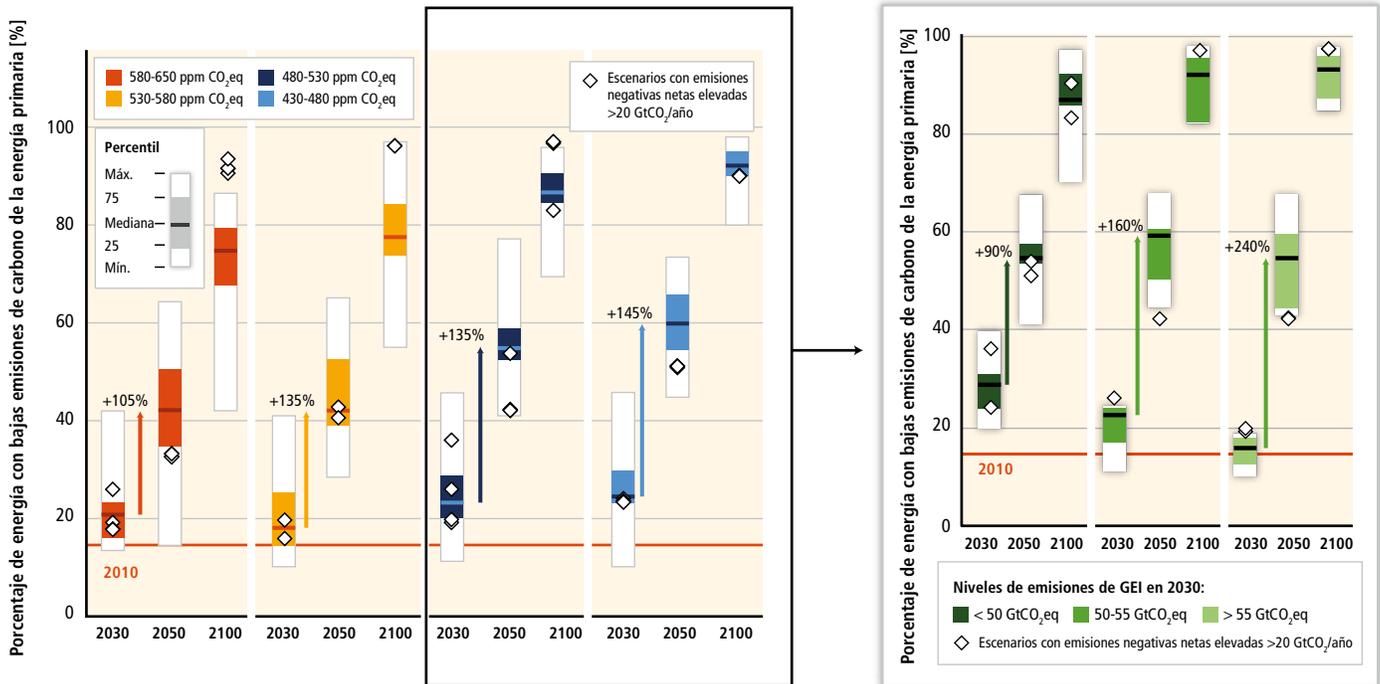


Figura RT.10 | Aumento de escala de la energía con bajas emisiones en carbono en escenarios en los que se alcanzan diferentes niveles de concentración de CO₂eq en 2100 (gráfico izquierdo). El gráfico de la derecha muestra la tasa de ampliación según los diferentes niveles de emisiones de GEI en 2030 en los escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100. Las barras coloreadas indican el rango intercuartílico y las barras blancas indican la horquilla completa de valores del conjunto de los escenarios, a excepción de los que contemplan extensas emisiones globales negativas netas de CO₂ (> 20 GtCO₂/año). Los escenarios que contemplan extensas emisiones globales negativas netas se muestran como puntos individuales. Las flechas indican la magnitud del aumento en el suministro de energía con cero y bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050. El suministro de energía con cero y bajas emisiones de carbono comprende las energías renovables, la energía nuclear, la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y la 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 en ambos gráficos los escenarios basados en supuestos de precios del carbono exógeno. En el gráfico de la derecha se excluyen también los escenarios con políticas que afectan al calendario de la mitigación, excepción hecha de los objetivos provisionales para 2030. [figura 7.16]

la demanda de energía, pero también que esta reducción por sí sola no bastaría para alcanzar las reducciones necesarias para alcanzar niveles de alrededor de 650 ppm CO₂eq o inferiores en 2100. [6.3, 7.11]

Los escenarios de mitigación indican que las medidas relacionadas con el suelo pueden desempeñar un papel fundamental en la mitigación y que una amplia gama de transformaciones alternativas del suelo puede ser compatible con niveles de concentración similares (nivel de confianza medio). La dinámica de uso del suelo en los escenarios de mitigación está muy influenciada por la producción de bioenergía y el grado en que se despliega la forestación como opción para alcanzar emisiones negativas mediante la remoción de dióxido de carbono. Esta dinámica depende también de fuerzas independientes de la mitigación, como la mejora de la productividad agrícola y el aumento de la demanda de alimentos. La variedad de transformaciones del uso del suelo representadas en escenarios de mitigación refleja una amplia gama de diferentes supuestos sobre la evolución de todas estas fuerzas. Muchos escenarios contemplan fuertes aumentos en el grado de competencia por el suelo entre los usos relacionados con la producción de alimento, forraje y energía. [6.3, 6.8, 11.4.2]

El retraso en desplegar esfuerzos de mitigación adicionales a los ya desplegados actualmente hasta 2030 hará que aumenten las dificultades y se reduzcan las posibilidades de limitar los niveles de concentración atmosférica aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq a finales de este siglo (nivel de confianza alto). Los escenarios de mitigación costo-efectivos que contemplan concentraciones atmosféricas de aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq a finales del siglo XXI se caracterizan normalmente por emisiones anuales de GEI en 2030 de aproximadamente entre 30 GtCO₂eq y 50 GtCO₂eq. Los escenarios que contemplan emisiones anuales de GEI por encima de 55 GtCO₂eq en 2030 se caracterizan por tasas notablemente altas de reducción de las emisiones entre 2030 y 2050 (reducción de las emisiones medias de aproximadamente un 6% al año, frente a poco más de un 3% al año) (figura RT.9, gráfico derecho); un avance mucho más rápido de la energía con bajas emisiones de carbono en este período (la proporción de energía con bajas emisiones de carbono aumenta a más del triple frente a su duplicación) (figura RT.10, gráfico derecho); una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono a largo plazo (figura RT.8, gráfico derecho); y mayores repercusiones económicas durante el período de transición y a largo plazo (cuadro RT.2, sector de celdas naranjas, figura RT.13, gráfico derecho). Debido a estos mayores desa-

fíos, muchos modelos con emisiones anuales de GEI en 2030 dentro del rango mencionado no pudieron producir escenarios en los que se alcanzaran niveles de concentración atmosférica en 2100 de aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq. [6.4, 7.11]

Los niveles estimados de emisiones globales de GEI en 2020 basados en los Compromisos de Cancún no son coherentes con trayectorias de mitigación costo-efectivas a largo plazo en las que se alcanzan niveles de concentración atmosférica de aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100, pero no excluyen la posibilidad de cumplir ese objetivo (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Los Compromisos de Cancún están, en líneas generales, en sintonía con escenarios costo-efectivos en los que se alcanzan aproximadamente entre 550 y 650 ppm CO₂eq en 2100. Los estudios confirman que el retraso en el despliegue de la mitigación hasta 2030 ejerce una influencia mucho mayor en los desafíos de mitigación posteriores que el despliegue hasta 2020 (figuras RT.9, RT.11). [6.4]

Solo un número reducido de estudios han explorado escenarios en los que es más probable que improbable que el cambio de temperatura quede por debajo de 1,5 °C en 2100 en relación con los niveles preindustriales; en esos escenarios se llega a concentraciones atmosféricas inferiores a 430 ppm CO₂eq en 2100 (nivel de confianza alto). Actualmente resulta difícil evaluar este objetivo puesto que ningún estudio multimodelos ha explorado dichos escenarios. Los escenarios relacionados con el reducido número de estudios publicados que contemplan este objetivo se caracterizan por lo siguiente: 1) mitigación inmediata; 2) rápido aumento del alcance del conjunto completo de las tecnologías de mitigación; y 3) desarrollo a lo largo de una trayectoria de baja demanda energética.¹² [6.3, 7.11]

RT.3.1.3 Costos, inversiones y distribución de la carga

La aplicación a nivel mundial de medidas de mitigación integrales y armonizadas podría conllevar importantes beneficios económicos en comparación con la utilización de enfoques fragmentados, pero requeriría el establecimiento de instituciones efectivas (nivel de confianza alto). El análisis económico de los escenarios de mitigación demuestra que las medidas integrales y armonizadas a nivel mundial logran la mitigación a unos costos económicos agregados menores, ya que permiten que la mitigación se realice en el lugar y el momento en que es menos costosa (recuadro RT.7, recuadro RT.9). En la mayoría de estos escenarios de mitigación se aplica un único precio mundial a las emisiones de carbono que abarca todos los sectores económicos. Los instrumentos que ofrecen una cobertura limi-

tada de las reducciones de emisiones de GEI entre diferentes sectores y los regímenes de política climática que conllevan medidas regionales fragmentadas incrementan los costos económicos agregados. Estos incrementos son más elevados en los niveles de mitigación más ambiciosos. [6.3.6]

Las estimaciones de los costos económicos acumulados de la mitigación varían mucho, si bien aumentan con el rigor de la mitigación (nivel de confianza alto). En la mayoría de los escenarios costo-efectivos recopilados para esta evaluación que se basan en el supuesto de que todos los países del mundo comienzan la mitigación inmediatamente, se aplica un único precio mundial a mercados eficientes y están disponibles todas las tecnologías clave, se estima que alcanzar concentraciones de aproximadamente 450 ppm CO₂eq en 2100 implicaría pérdidas en el consumo global de entre el 1% y el 4% (mediana: 1,7%) en 2030, entre el 2% y el 6% (mediana: 3,4%) en 2050, y entre el 3% y el 11% (mediana: 4,8%) en 2100 en relación con el consumo en los escenarios de referencia (en los que no se realiza mitigación adicional), que aumenta en todas partes entre el 300% y más del 900% entre 2010 y 2100 (el crecimiento respecto del consumo de referencia comprende el rango completo de los escenarios de referencia correspondientes; figura RT.12; cuadro RT.2, sector de celdas amarillas). Las pérdidas en el consumo corresponden al promedio de la reducción anual del crecimiento de entre 0,06 y 0,2 puntos porcentuales (mediana: 0,09) entre 2010 y 2030, entre 0,06 y 0,17 puntos porcentuales (mediana: 0,09) hasta 2050 y entre 0,04 y 0,14 puntos porcentuales (mediana: 0,06) a lo largo del siglo. Estas cifras corresponden a tasas anualizadas de crecimiento medio del consumo en los escenarios de referencia de entre el 1,9% y el 3,8% hasta 2050, y de entre el 1,6% y el 3% anual a lo largo del siglo (cuadro RT.2, sector de celdas amarillas). Estas estimaciones de los costos de mitigación no contemplan los beneficios de un cambio climático reducido o los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación (recuadro RT.9). Se estima que los costos para el mantenimiento de las concentraciones en el rango de 530-650 ppm CO₂eq son aproximadamente entre un tercio y dos tercios más bajos que los de los escenarios con concentraciones de 430-530 ppm CO₂eq asociados. Las estimaciones de costos de los escenarios pueden variar considerablemente entre regiones. Las estimaciones que contemplan costos muy superiores están basadas en supuestos acerca de la aplicación de políticas menos idealizadas y la existencia de límites en la disponibilidad de tecnologías, como se expone más adelante. Las estimaciones más altas y más bajas se han obtenido sobre la base de interacciones con distorsiones preexistentes, fallos del mercado no climáticos o políticas complementarias. [6.3.6.2]

El retraso en desplegar esfuerzos de mitigación adicionales a los ya desplegados actualmente hasta 2030 o posteriormente podría encarecer los costos de la mitigación en los siguientes decenios y en la segunda mitad del siglo de manera significativa (nivel de confianza alto). Si bien el retraso en la mitigación de cualquiera de los emisores principales reduce los costos de mitigación a corto plazo, también conlleva inversiones más cuantiosas en infraestructura intensiva en carbono y depende de qué instancias decisorias

¹² En estos escenarios, las emisiones acumuladas de CO₂ oscilan entre 680 y 800 GtCO₂ para el período 2011-2050 y entre 90 y 310 GtCO₂ para el período 2011-2100. Las emisiones globales de CO₂eq en 2050 varían entre el 70% y el 95% por debajo de las emisiones de 2010; y en 2100, entre el 110% y el 120% por debajo de las emisiones de 2010.

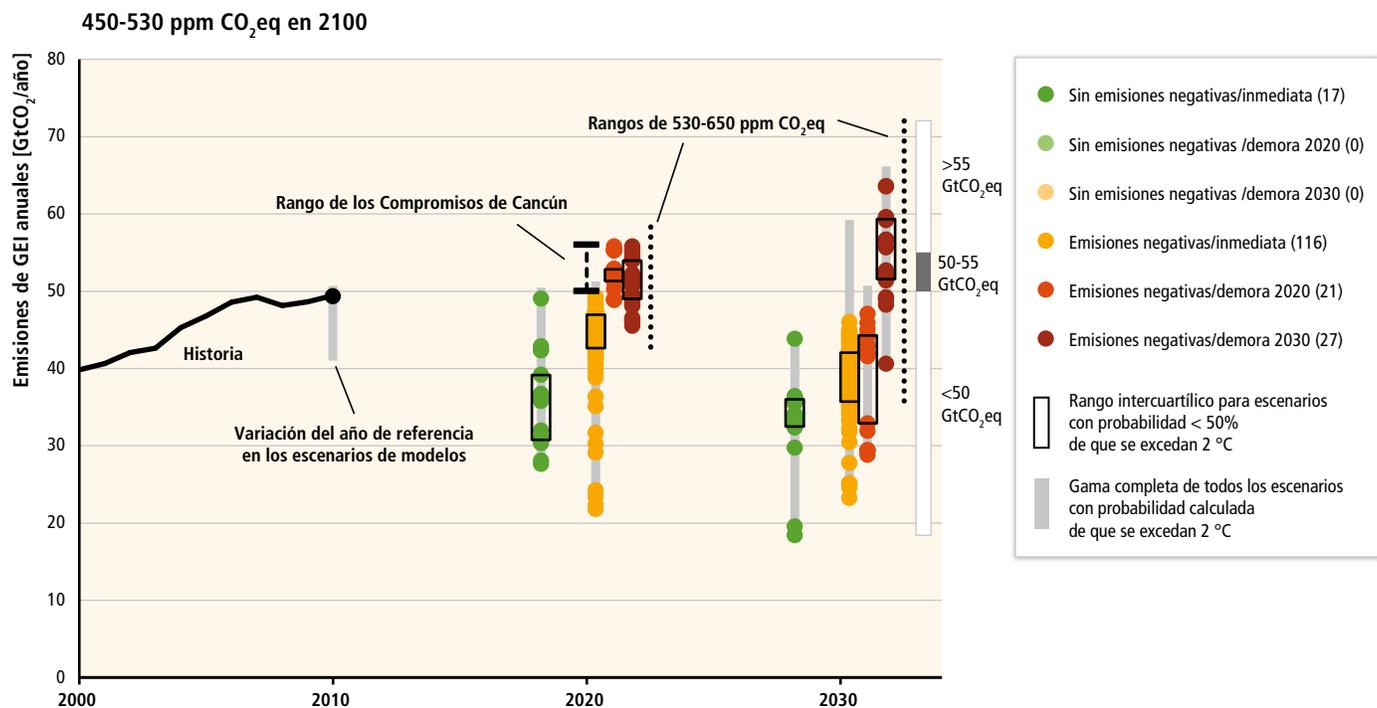


Figura RT.11 | Emisiones de GEI a corto plazo en los escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100. La figura únicamente incluye los escenarios para los que se han calculado probabilidades de que se exceda una temperatura determinada. Los resultados de cada modelo se indican con un punto de datos cuando la probabilidad de que se exceda 2 °C es inferior al 50%, definida en función de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático (MAGICC). Los colores indican la clasificación del escenario en función de si las emisiones netas de CO₂ se vuelven negativas antes de 2100 (negativas frente a no negativas) y del calendario de la participación internacional en la mitigación del cambio climático (inmediata frente a diferida hasta 2020 y frente a diferida hasta 2030). El número de resultados notificados se muestra en la leyenda. El rango de emisiones globales de GEI en 2020 derivadas de los Compromisos de Cancún se basa en un análisis de las interpretaciones alternativas de los compromisos nacionales. Nota: en la base de datos de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III en el Quinto Informe de Evaluación únicamente se produjeron cuatro escenarios con demora en la mitigación y sin emisiones negativas netas en los que los niveles de CO₂eq se mantenían por debajo de 530 ppm en 2100. Estos escenarios no se muestran en la figura debido a que el modelo presentaba una cobertura insuficiente de las emisiones distintas de gases para realizar un cálculo de la temperatura. La demora en estos escenarios se prolongaba únicamente hasta 2020 y sus emisiones se encontraban en el rango de valores de la categoría 'Sin emisiones negativas/inmediata'. Los escenarios con demora abarcan escenarios con demora de la mitigación global y escenarios con acciones fragmentadas. [figura 6.31, 13.13.1.3]

del futuro emprendan una transformación más rápida, profunda y costosa de la infraestructura. Hay evidencias de que los costos agregados y los precios del carbono asociados aumentan más rápidamente hasta niveles más altos en los escenarios con demora en la mitigación respecto de los escenarios en los que la mitigación comienza de inmediato. Según diversos estudios de modelización recientes, el retraso de la mitigación hasta 2030 puede aumentar los costos totales que supone alcanzar concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100 de manera significativa, especialmente en escenarios con emisiones superiores a 55 GtCO₂eq en 2030 (figura RT.13, gráfico derecho; cuadro RT.2, sector de celdas naranjas) [6.3.6.4]

Las opciones tecnológicas de mitigación disponibles influyen considerablemente en los costos de mitigación y las dificultades que conlleva alcanzar niveles de concentración atmosférica de aproximadamente entre 450 y 550 ppm CO₂eq en 2100 (nivel de confianza alto). En intercomparaciones recientes de diferentes modelos, muchos modelos no producían escenarios basados en supuestos pesimistas sobre tecnologías de mitigación clave que alcanzaran concentraciones atmosféricas de aproximadamente 450 ppm CO₂eq en 2100. En estos estudios se determinó que el carácter y la disponibilidad

de la CAC y la bioenergía tenían una gran influencia en los costos de mitigación y las dificultades de alcanzar los niveles de concentración en este rango. En los modelos que podían producir tales escenarios, las hipótesis pesimistas acerca de estos incrementaban considerablemente los costos globales descontados de la mitigación que suponía alcanzar niveles de concentración de aproximadamente entre 450 y 550 ppm CO₂eq a finales del siglo, siendo este efecto más acentuado en los escenarios de mitigación más estrictos (figura RT.13, gráfico izquierdo, cuadro RT.2, sector de celdas grises). Los estudios también demostraron que la reducción de la demanda energética podría disminuir significativamente los costos de la mitigación. [6.3.6.3]

La distribución de los costos de mitigación entre los diferentes países depende en parte de la naturaleza de los marcos de distribución de esfuerzos y, por lo tanto, puede diferir de la distribución de los esfuerzos de mitigación. Los distintos marcos de distribución se basan en principios éticos diferentes (nivel de confianza medio). En escenarios costo-efectivos en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 550 ppm CO₂eq en 2100, la mayoría de las inversiones en mitigación a lo largo del siglo se producen en países que no pertenecen a la OCDE. Algunos estu-

Cuadro RT.2 | Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos¹ y estimación de los aumentos de los costos debidos a una supuesta limitada disponibilidad de tecnologías específicas y una demora de la mitigación adicional. Las estimaciones de costos presentadas en este cuadro no contemplan los beneficios de un cambio climático reducido así como los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación. Las columnas en amarillo muestran las pérdidas en el consumo (figura RT.12, gráfico derecho) y las disminuciones anualizadas del crecimiento del consumo a lo largo del siglo en escenarios costo-efectivos en relación con un desarrollo de referencia sin aplicación de una política climática. Las columnas en gris muestran el aumento porcentual en los costos descontados² a lo largo del siglo, en relación con escenarios costo-efectivos, en escenarios en los que la tecnología está limitada en relación con supuestos de uso por defecto de la tecnología (figura RT.12, gráfico izquierdo).³ Las columnas en naranja muestran el aumento en los costos de la mitigación en los períodos 2030-2050 y 2050-2100, respecto de los escenarios en los que la mitigación es inmediata, debido a la demora en la mitigación adicional hasta 2030 (figura RT.13, gráfico derecho).⁴ Estos escenarios con demoras en la mitigación adicional se agrupan por niveles de emisión de menos o más de 55 GtCO₂eq en 2030, y dos rangos de concentración en 2100 (430-530 ppm CO₂eq y 530-650 ppm CO₂eq). En todas las cifras, la mediana del conjunto de escenarios se muestra sin paréntesis, el rango entre los percentiles 16 y 84 del conjunto de escenarios se muestra entre paréntesis y el número de escenarios del conjunto se muestra entre corchetes.⁵ [figuras RT.12, RT.13, 6.21, 6.24, 6.25, anexo II.10]

Concentración en 2100 [ppm CO ₂ eq]	Pérdidas de consumo en escenarios costo-efectivos ¹						Aumento en los costos de mitigación descontados totales en escenarios con limitada disponibilidad de tecnologías				Aumento en los costos de mitigación a medio y largo plazo debido a la demora en la mitigación adicional hasta 2030			
	[% de reducción en el consumo en relación con el escenario de referencia]			[disminución de puntos porcentuales en la tasa anualizada de crecimiento del consumo]			[% de aumento en los costos de mitigación descontados 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]			
	2030	2050	2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100	Sin CAC	Eliminación gradual de la energía nuclear	Energía solar/eólica limitada	Bioenergía limitada	≤ 55 GtCO ₂ eq		>55 GtCO ₂ eq	
											2030 - 2050	2050-2100	2030-2050	2050-2100
450 (430-480)	1,7 (1,0-3,7) [N: 14]	3,4 (2,1-6,2)	4,8 (2,9-11,4)	0,09 (0,06-0,2)	0,09 (0,06-0,17)	0,06 (0,04-0,14)	138 (29-297) [N: 4]	7 (4-18) [N: 8]	6 (2-29) [N: 8]	64 (44-78) [N: 8]	28 (14-50) [N: 34]	15 (5-59)	44 (2-78) [N: 29]	37 (16-82)
500 (480-530)	1,7 (0,6-2,1) [N: 32]	2,7 (1,5-4,2)	4,7 (2,4-10,6)	0,09 (0,03-0,12)	0,07 (0,04-0,12)	0,06 (0,03-0,13)	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible				
550 (530-580)	0,6 (0,2-1,3) [N: 46]	1,7 (1,2-3,3)	3,8 (1,2-7,3)	0,03 (0,01-0,08)	0,05 (0,03-0,08)	0,04 (0,01-0,09)	39 (18-78) [N: 11]	13 (2-23)[N: 10]	8 (5-15) [N: 10]	18 (4-66) [N: 12]	3 (-5-16) [N: 14]	4 (-4-11)	15 (3-32) [N: 10]	16 (5-24)
580-650	0,3 (0-0,9) [N: 16]	1,3 (0,5-2,0)	2,3 (1,2-4,4)	0,02 (0-0,04)	0,03 (0,01-0,05)	0,03 (0,01-0,05)	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible				

Notas:

- 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.
- Incremento porcentual del valor actual neto de las pérdidas de consumo en porcentaje del consumo de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio general) y los costos de disminución en porcentaje del PIB de referencia (para escenarios de los modelos de equilibrio parcial) para el período 2015-2100, descontado al 5% anual (véase el recuadro RT.10).
- Sin captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC): la CAC no se contempla en estos escenarios. Eliminación gradual de la energía nuclear: sin adición de centrales nucleares aparte de las que ya están 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 y la industria fue de alrededor de 18 EJ/año en 2008 [11.13.5]).
- Incremento porcentual de los costos de mitigación no descontados totales para los períodos 2030-2050 y 2050-2100.
- El rango se determina por los escenarios centrales que comprenden los percentiles 16 y 48 del conjunto de escenarios. Solo se incluyen los escenarios cuyo horizonte temporal llega a 2100. Algunos modelos que están comprendidos en los rangos de costos correspondientes a niveles de concentración superiores a 530 ppm CO₂eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm CO₂eq en 2100 con supuestos relativos a la disponibilidad limitada de las tecnologías o la demora de la mitigación adicional.

dios que contemplan marcos particulares de distribución de esfuerzos, basándose en el supuesto de la existencia de un mercado mundial del carbono, han estimado que los flujos financieros mundiales asociados con la mitigación necesarios para alcanzar antes de mediados de siglo concentraciones atmosféricas de aproximadamente entre 450 y 550 ppm CO₂eq en 2100 podrían ser del orden de cientos de miles de millones de dólares de Estados Unidos anuales. La mayoría de los estudios suponen que los mercados internacionales del carbono tienen mecanismos eficientes, en cuyo caso la teoría económica y las investigaciones empíricas sugieren que la elección de una distribución de esfuerzos determinada no afectará de forma significativa a los niveles eficientes a escala global de los costos de reducción regional o los costos agregados mundiales. En la práctica, los enfoques de distribución de esfuerzos pueden apartarse de esta suposición. [3.3, 6.3.6.6, 13.4.2.4]

La geoingeniería comprende dos grupos de tecnologías diferenciadas: la remoción de dióxido de carbono y la gestión de la radiación solar. Los escenarios de mitigación evaluados en el Quinto Informe de Evaluación no presuponen ninguna opción de geoingeniería distinta de la remoción de dióxido de carbono a gran escala debida a la forestación y la BECCS. Entre las técnicas remoción de dióxido de carbono cabe destacar la forestación, la bioenergía con CAC (BECCS) y la mejora de la absorción de CO₂ por los océanos por medio de la fertilización con hierro o el aumento de la alcalinidad. La mayoría de las técnicas de remoción de dióxido de carbono terrestres requieren cambios de uso del suelo a gran escala y pueden conllevar riesgos a nivel local y regional, mientras que la remoción de dióxido de carbono marino puede implicar importantes riesgos transfronterizos para los ecosistemas oceánicos, por lo que su

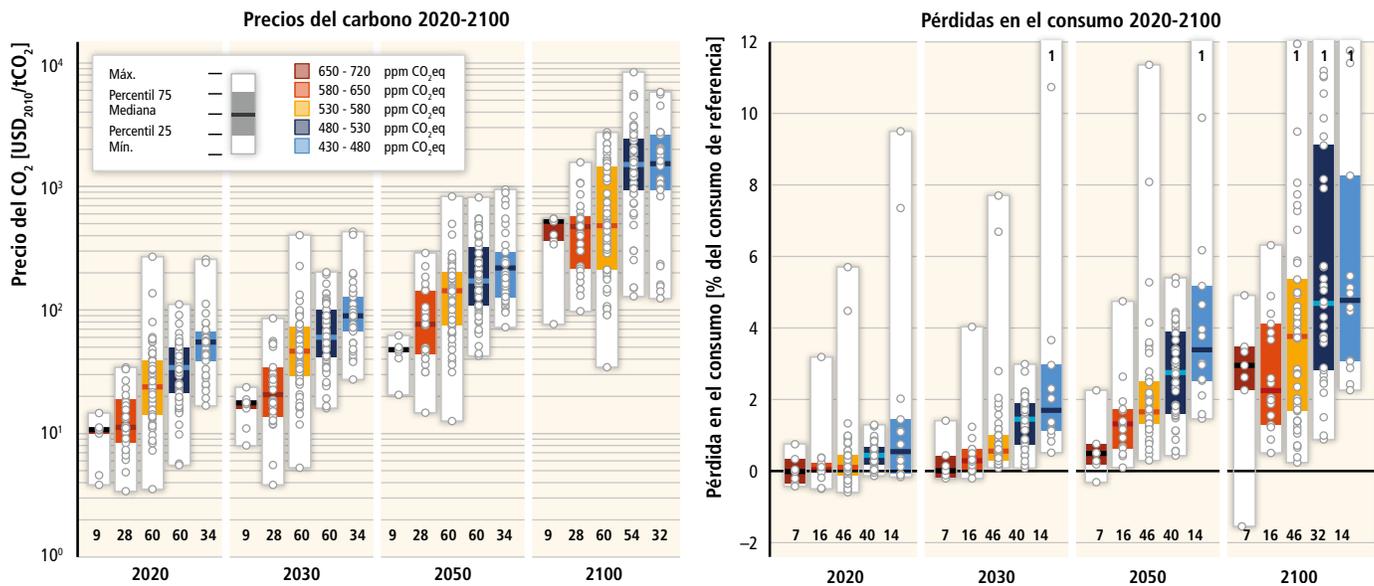


Figura RT.12 | Precios mundiales del carbono (gráfico izquierdo) y pérdidas en el consumo (gráfico derecho) a lo largo del tiempo en escenarios idealizados de ejecución costo-efectivos. Las pérdidas en el consumo se expresan en porcentaje en relación con el consumo de referencia. El número de escenarios contemplados se indica en la parte inferior de los gráficos de caja. Las cifras de 2030 también son aplicables a 2020 y 2050. El número de escenarios que quedan fuera del rango de la figura se indica en la parte superior. Nota: la figura muestra únicamente los escenarios para los que se han notificado pérdidas en el consumo (un subconjunto de modelos con una cobertura completa de la economía) o precios del carbono, respectivamente, para 2050 o 2100. En la muestra se representan en un único escenario los escenarios múltiples de un mismo modelo que comparten características similares. [figura 6.21]

RT

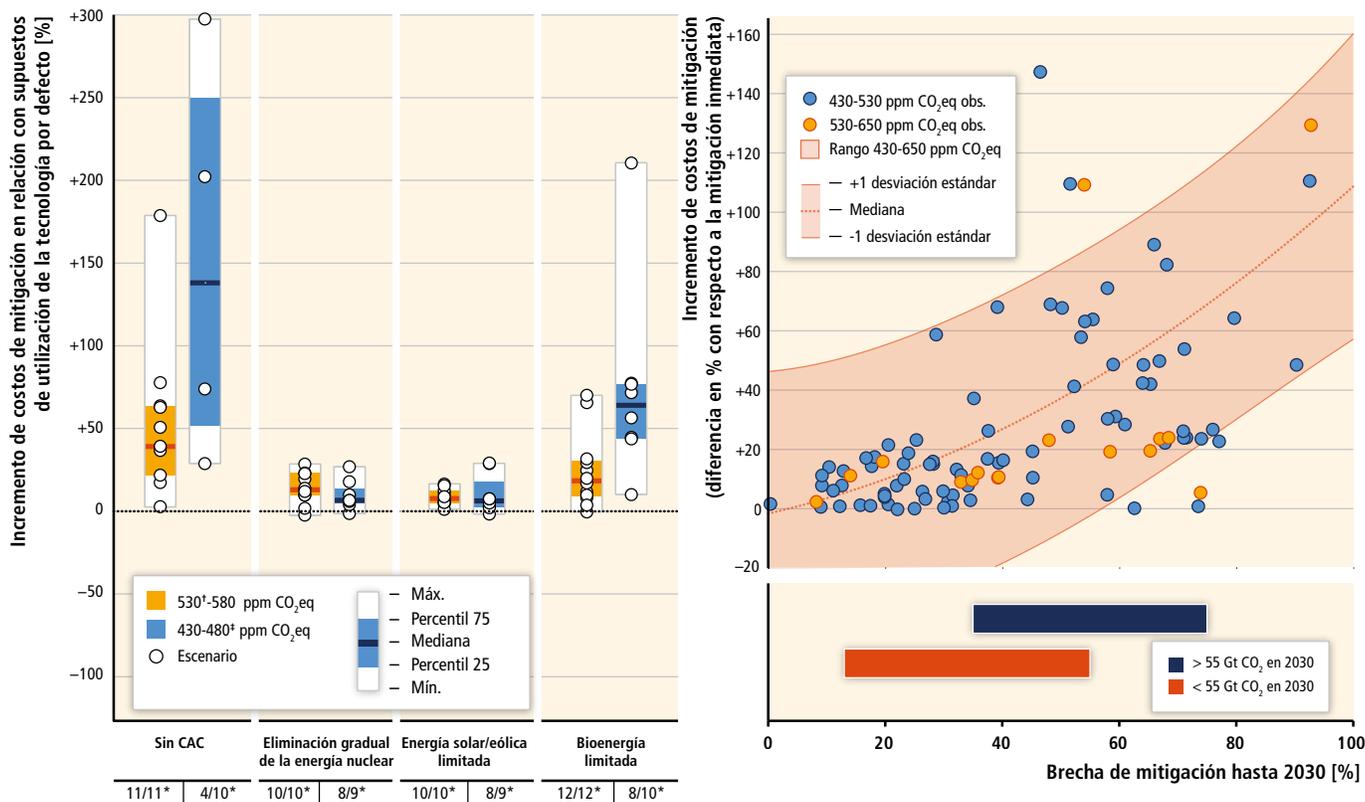
Recuadro RT.9 | Significado de 'costos de mitigación' en el contexto de los escenarios de mitigación

Los costos de mitigación representan un componente de los cambios en el bienestar de las personas que se derivan de la mitigación del cambio climático. Los costos de mitigación se expresan en términos monetarios y, en general, se calculan comparándolos con los escenarios de referencia, que suelen contemplar un crecimiento económico continuo y, en ocasiones, considerable, y excluyen esfuerzos de mitigación explícitos adicionales [3.9.3, 6.3.6]. Habida cuenta de que las estimaciones de los costos de mitigación se centran únicamente en los efectos directos del mercado, no tienen en cuenta el costo en términos de bienestar (de haberlo) de los cobeneficios o los efectos colaterales adversos de las medidas de mitigación (recuadro RT.11) [3.6.3]. Además, estos costos no reflejan los beneficios que conlleva la reducción de los impactos climáticos a través de la mitigación (recuadro RT.2).

Los economistas utilizan una gran variedad de métricas de costos de mitigación agregados basadas en diferentes métodos de medición o indicadores económicos, entre ellos los cambios en el PIB, las pérdidas en el consumo, la variación equivalente, la variación compensatoria y la reducción de los excedentes de los consumidores y los productores. Las pérdidas en el consumo son una métrica común porque se derivan de numerosos modelos integrados y afectan directamente al bienestar, pudiendo expresarse como una reducción del consumo global en comparación con el consumo en el escenario de referencia correspondiente en un año determinado o como una reducción de la tasa promedio de crecimiento del consumo en el escenario de referencia correspondiente durante un período de tiempo determinado.

Es preciso distinguir los costos de mitigación de los precios de las emisiones. Los precios de las emisiones se utilizan para calcular el costo de una unidad adicional de reducción de las emisiones, es decir, su costo marginal. En cambio, los costos de mitigación por lo general se corresponden con los costos totales del conjunto de las medidas de mitigación. Además, los precios de las emisiones pueden interactuar con otras políticas y medidas, como las políticas regulatorias orientadas a la reducción de GEI. Si la mitigación se logra en parte gracias a otras medidas, puede que los precios de las emisiones no reflejen el costo real de una unidad adicional de reducciones de las emisiones (en función de cómo se inducen las reducciones de las emisiones adicionales).

En general, las estimaciones de los costos de mitigación mundiales agregados durante el próximo siglo a partir de modelos integrados se basan en suposiciones simplificadas sobre los enfoques de política y los mercados y políticas existentes, y estas suposiciones influyen considerablemente en las estimaciones de costos. Por ejemplo, los escenarios de aplicación costo-efectivos idealizados asignan un precio uniforme al CO₂ y a otros GEI para todos los países y sectores del mundo y constituyen el enfoque de costo mínimo en el caso idealizado de que los mercados sean eficientes y carezcan de fallos que no sean factores externos del cambio climático. La mayoría de los escenarios mundiales a largo plazo no tienen en cuenta las interacciones entre la mitigación y las políticas existentes o nuevas, los fallos del mercado y las distorsiones. Las políticas climáticas pueden interactuar con las políticas existentes y aumentar o reducir el costo real de las políticas climáticas. [3.6.3.3, 6.3.6.5]



* Los escenarios de un modelo alcanzan niveles de concentración en 2100 que están ligeramente por debajo de la categoría de 530-580 ppm CO₂eq
 * Los escenarios de dos modelos alcanzan niveles de concentración en 2100 que están ligeramente por encima de la categoría de 430-480 ppm CO₂eq
 * Número de modelos que ejecutan el escenario de variación tecnológica correspondiente (con éxito/tentativamente)

Figura RT.13 | El gráfico de la izquierda muestra el incremento relativo del valor actual neto de los costos de mitigación (2015-2100, descontado al 5% anual) de los diferentes conjuntos de tecnologías comparado con un escenario con supuestos de uso de la tecnología por defecto. Los nombres de los escenarios en el eje horizontal indican la variación de la tecnología en relación con los supuestos por defecto: Sin CAC: la captura y almacenamiento de dióxido de carbono no está disponible. Eliminación gradual de la energía nuclear: sin adición de centrales nucleares aparte de las que ya están 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 [figura 6.24]. El gráfico de la derecha muestra el incremento de los costos de mitigación a largo plazo para el período 2050-2100 (suma total de los costos no descontados), que es una función de la reducción de los esfuerzos de mitigación a corto plazo expresada como el cambio relativo en los escenarios en los que la mitigación es inmediata respecto de aquellos que contemplan demora en la mitigación adicional hasta 2020 o 2030 (a lo que en esta publicación se hace referencia como 'brecha de mitigación'). La brecha de mitigación se define como la diferencia en las reducciones de las emisiones de CO₂ acumuladas hasta el año 2030 entre los escenarios de mitigación inmediata y los escenarios de mitigación adicional con demora. Las barras del gráfico inferior derecho muestran el rango de la brecha de mitigación donde se encuentra el 75% de los escenarios con emisiones en 2030 por encima (azul oscuro) y por debajo (rojo) de 55 Gt CO₂, respectivamente. No todas las simulaciones de modelos con demora en la mitigación adicional hasta 2030 podrían alcanzar los objetivos de concentración más bajos de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq (para las emisiones en 2030 por encima de 55 GtCO₂eq en 2030, 29 de los 48 intentos de simulación podrían alcanzar los objetivos; para las emisiones en 2030 por debajo 55 GtCO₂eq, 34 de los 51 intentos de simulaciones podrían alcanzar los objetivos). [figura 6.25]

implantación plantearía desafíos de cooperación adicionales entre los países. Con las tecnologías que se conocen actualmente no sería posible desplegar rápidamente la remoción de dióxido de carbono a gran escala. La gestión de la radiación solar comprende diferentes tecnologías que se utilizan para compensar de manera rudimentaria algunos de los efectos climáticos de la acumulación de GEI en la atmósfera. Esta tecnología funciona ajustando el balance térmico del planeta mediante la inyección de partículas o precursores de aerosoles en las capas superiores de la atmósfera, lo que provoca un ligero aumento de la reflexión de la luz solar. La gestión de la radiación solar ha suscitado un gran interés, principalmente debido a que podría desplegarse rápidamente en caso de emergencia climática. La idea generalizada de que la implantación por separado de estas tecnologías no resulta costosa plantea nuevos retos para la cooperación internacional porque los

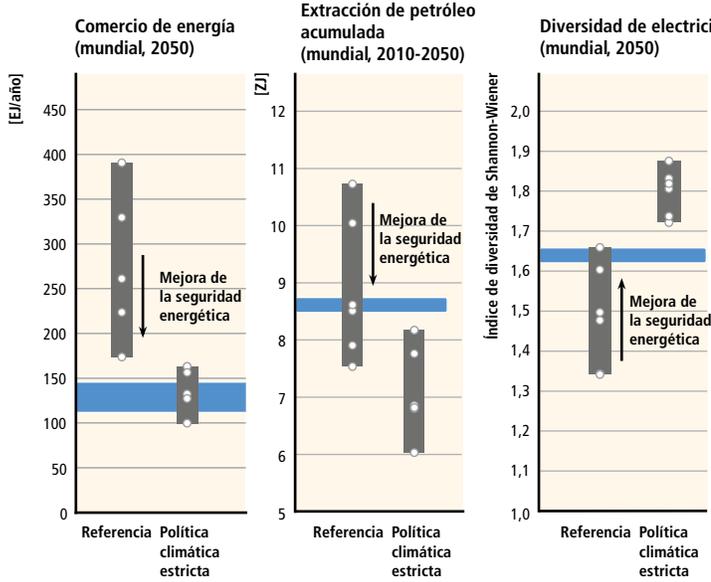
países podrían verse tentados a desplegar sistemas que consideran de bajo costo de manera unilateral y prematura. En consecuencia, la gestión de la radiación solar suscita dudas sobre los costos, los riesgos, los desafíos de gobernanza y las implicaciones éticas que acompañan a su desarrollo y despliegue, y sobre los problemas específicos que plantea a las instituciones, normas y otros mecanismos internacionales que podrían contribuir a coordinar la investigación y restringir los ensayos y el despliegue de estas tecnologías. [1.4, 3.3.7, 6.9, 13.4.4]

Los conocimientos sobre los posibles efectos beneficiosos o perjudiciales de la gestión de la radiación solar son sumamente preliminares. La gestión de la radiación solar tendría diversas repercusiones en algunas variables climáticas regionales como la temperatura y las precipitaciones y provocaría cambios importantes en el ciclo

Cobeneficios de la mitigación del cambio climático para la seguridad energética y la calidad del aire

Intercomparación de modelos LIMITS

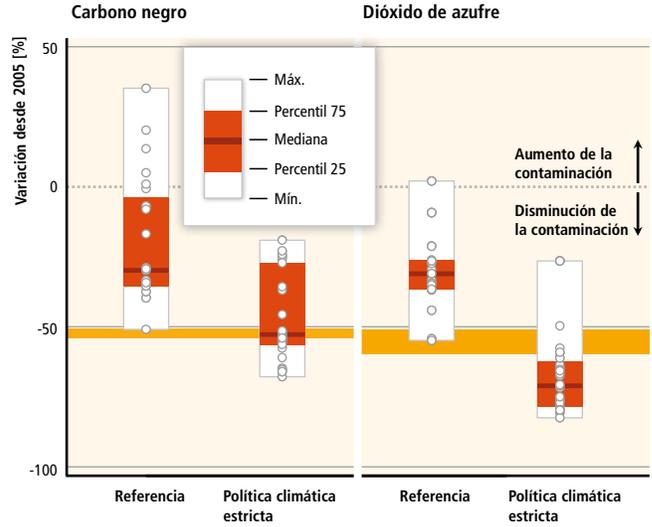
Repercusiones de la política climática en la seguridad energética



■ Niveles de seguridad energética de los escenarios de GEA en el gráfico inferior

Conjunto de escenarios del IES del IPCC

Repercusión de la política climática en las emisiones de contaminantes atmosféricos (mundial, 2005-2050)



■ Niveles de calidad del aire de los escenarios de GEA en el gráfico inferior

Costos de políticas para lograr diferentes objetivos

Conjunto de escenarios de Global Energy Assessment (GEA) (n=624)

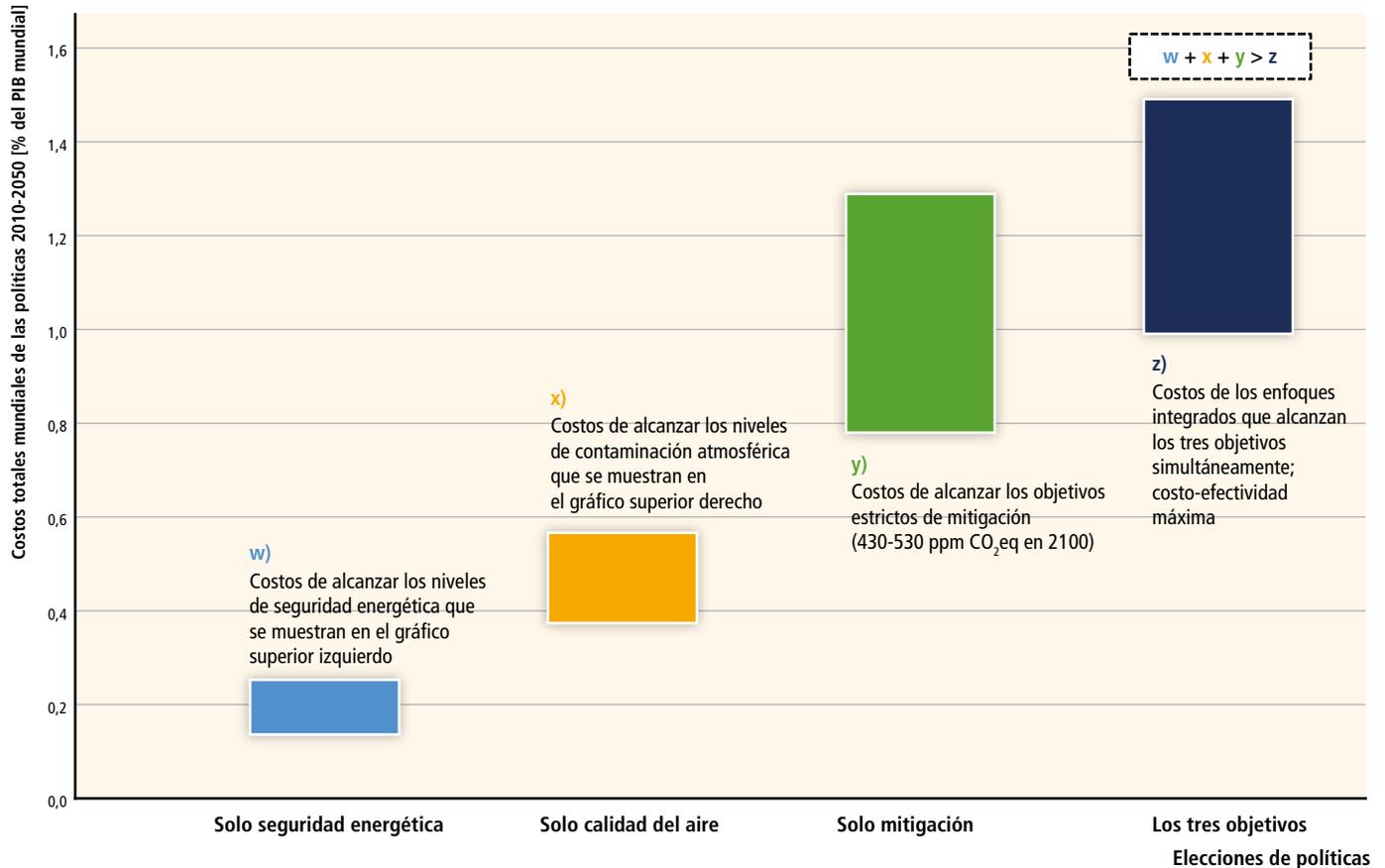


Figura RT.14 | Cobeneficios de la mitigación para la seguridad energética y la calidad del aire en los escenarios con políticas climáticas estrictas en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100. Los gráficos superiores muestran los cobeneficios de los diferentes indicadores relativos a la seguridad y las emisiones de contaminantes atmosféricos. El gráfico inferior muestra los costos globales de las políticas que supone alcanzar los objetivos de seguridad energética, calidad del aire y mitigación, bien solos (w, x, y) o simultáneamente (z). Los enfoques integrados en los que se alcanzan estos objetivos muestran simultáneamente la rentabilidad más alta resultante de sinergias ($w + x + y > z$). Los costos de las políticas se indican como el aumento de los costos totales del sistema energético en relación con un escenario de referencia sin esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya desplegados actualmente. Los costos son indicativos y no representan los intervalos completos de incertidumbre. [figura 6.33]

Recuadro RT.10 | La tasa de descuento de los bienes futuros debería ser adecuada

Las inversiones orientadas a mitigar el cambio climático darán sus frutos en un futuro lejano, en su mayor parte dentro de más de 100 años. Para decidir si merece la pena realizar una inversión, es necesario comparar los beneficios futuros con los costos actuales de esta. Para ello, los economistas normalmente no asignan el mismo valor a una cantidad de productos determinada en un momento dado que a la misma cantidad de los mismos productos en un momento diferente. Por lo general asignan menos valor a los segundos, es decir, les aplican un 'descuento'. La rapidez con que disminuye el peso atribuido a los bienes futuros a lo largo del tiempo se denomina 'tasa de descuento' de un producto.

Existen dos tipos de tasas de descuento que se utilizan con diferentes fines. La tasa de descuento de mercado refleja las preferencias entre productos actuales y futuros de las personas que viven hoy. La tasa de descuento social se utiliza para comparar los beneficios de los miembros vivos de una sociedad con los de los individuos que aún no han nacido. Habida cuenta de que las personas pueden ser impacientes y es imposible comerciar desde el futuro, el mercado no puede reflejar con precisión el valor de los productos que se suministrarán en el futuro respecto de los que se suministran en la actualidad. Por esta razón, la tasa de descuento social puede diferir de la tasa de descuento de mercado.

La principal razón para aplicar la tasa de descuento social (favoreciendo a las personas del presente en lugar de las del futuro) es que los productos tienen 'rendimientos marginales decrecientes' y se espera que los ingresos por habitante aumenten a lo largo del tiempo. Al disminuir el rendimiento marginal, el valor de los

productos adicionales suministrados se reduce a medida que la situación de las personas mejora. Si las economías continúan creciendo, la media de las personas vivirán mejor en términos materiales en el futuro que las personas que vivieron antes. Cuanto más rápido sea el crecimiento y mayor sea la disminución del rendimiento marginal, mayor será la tasa de descuento de los productos. Por el contrario, si se espera que el crecimiento por habitante sea negativo (como sucede en algunos países), la tasa de descuento social puede ser negativa.

Además, algunos autores sostienen que la generación del presente normalmente concede menos valor al bienestar de las personas del futuro por el simple hecho de que están lejos en el tiempo. Este factor se sumaría a la tasa social de descuento de productos.

La tasa de descuento social es apropiada para evaluar proyectos de mitigación que se financian mediante la reducción del consumo actual. Cuando un proyecto está financiado en parte por el 'desplazamiento' de otras inversiones, los beneficios de esas inversiones se pierden y dicha pérdida debe contabilizarse como un costo de oportunidad del proyecto de mitigación. Si un proyecto de mitigación recibe financiación a expensas de otra inversión, la cuestión consiste en saber si la inversión de mitigación produce un rendimiento mayor que la inversión desplazada. Esto puede comprobarse si se evalúa la inversión de mitigación utilizando una tasa de descuento igual al rendimiento que cabría esperar de la inversión desplazada. Si el mercado funciona adecuadamente, el resultado se conoce como tasa de descuento de mercado. [3.6.2]

hidrológico mundial con implicaciones inciertas a nivel regional, por ejemplo, para las lluvias monzónicas. Entre los efectos no climáticos cabría destacar el posible agotamiento del ozono estratosférico provocado por la inyección de aerosoles en la estratosfera. En un número reducido de estudios se han comenzado a examinar los efectos climáticos y no climáticos de la gestión de la radiación solar, si bien existe poco consenso en la comunidad científica sobre los resultados y acerca de si es necesario realizar actividades complementarias de investigación para paliar la falta de conocimientos o, en última instancia, ensayos sobre el terreno de tecnologías relacionadas con la gestión de la radiación solar. [1.4, 3.3.7, 6.9, 13.4.4]

RT.3.1.4 Repercusiones de las trayectorias de mitigación en otros objetivos

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100 presentan costos reducidos para lograr objetivos de seguridad energética y calidad del aire (nivel de confianza medio) (figura RT.14, gráfico inferior). Los costos de mitigación de la mayoría de los escenarios contemplados en esta evaluación no consideran las implicaciones económicas de la reducción de costos para estos otros objetivos (recuadro RT.9). Existe un amplio abanico de cobeneficios y efectos

colaterales adversos aparte de la calidad del aire y la seguridad energética (cuadros RT.4 a RT.8). Resulta más difícil comprender los efectos de la mitigación en los costos generales para alcanzar estos otros objetivos, y las repercusiones en el bienestar asociadas. Estos factores no han sido evaluados con suficiente profundidad en las publicaciones sobre el tema (recuadro RT.11). [3.6.3, 4.8, 6.6]

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente entre 450 y 500 ppm CO₂eq en 2100 presentan cobeneficios para los objetivos de seguridad energética y mejoran la suficiencia de recursos para satisfacer la demanda nacional de energía y la resiliencia del sistema energético (nivel de confianza medio). Estos escenarios de mitigación reflejan mejoras en términos de la diversidad de las fuentes de energía y la reducción de las importaciones de energía, con lo que se obtienen sistemas energéticos que son menos vulnerables a la volatilidad de los precios y las interrupciones del suministro (figura RT.14, gráfico superior izquierdo). [6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.13.6, 12.8]

La política de mitigación podría hacer que se devaluaran activos de combustibles fósiles y se redujeran los ingresos de sus exportadores, pero existen diferencias entre 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). Sin embargo, un número reducido de estudios muestran que las políticas de mitigación podrían aumentar la competitividad relativa del petróleo convencional respecto del petróleo no convencional más intensivo en carbono y el 'carbón a líquidos'. El efecto de la mitigación en los ingresos por las exportaciones de gas natural es más incierto, y algunos estudios muestran posibles beneficios por ingresos de exportaciones a medio plazo hasta alrededor de 2050 (nivel de confianza medio). La disponibilidad de mecanismos de CAC reduciría el efecto adverso de la mitigación en el valor de los activos de combustibles fósiles (nivel de confianza medio). [6.3.6, 6.6, 14.4.2]

Una política de mitigación fragmentada puede incentivar a las actividades económicas con altas emisiones a abandonar la región en la que se emprende la mitigación (nivel de confianza medio). Diversos estudios de escenarios demuestran que las tasas de la 'fuga de carbono' en las emisiones relacionadas con la energía son relativamente reducidas y suelen representar menos del 20% de las reducciones de emisiones. Las fugas en las emisiones derivadas del uso del suelo podrían ser importantes, pero los estudios que las cuantifican son escasos. Si bien se considera que los ajustes fiscales en frontera mejoran la competitividad de los sectores con altas emisiones de GEI o muy comercializados en el marco de regímenes de política climática, también pueden conllevar pérdidas de bienestar para los países que no los aplican y, en particular, los países en desarrollo. [5.4, 6.3, 13.8, 14.4]

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración atmosférica de aproximadamente entre 450 y 550 ppm CO₂eq en 2100 se asocian con importantes cobeneficios para la calidad del aire y repercusiones sobre la salud humana y los ecosistemas. Los beneficios de la disminución de las emisiones de contaminantes atmosféricos son especialmente notables en caso de laxitud en los controles de la contaminación atmosférica actualmente legislados y planificados (nivel de confianza alto). Las políticas de mitigación estrictas conllevan controles compartidos con reducciones en las emisiones de contaminantes atmosféricos hasta niveles muy por debajo de los escenarios de referencia (figura RT.14, gráfico superior derecho). En la actualidad, los cobeneficios para la salud son especialmente importantes en los países en desarrollo. La capacidad de las políticas sobre contaminación atmosférica de mitigar el cambio climático, por ejemplo, mediante la reducción del carbono negro, es incierta. [5.7, 6.3, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8; GTII 11.9]

Existe una amplia variedad de posibles efectos colaterales adversos así como cobeneficios y efectos de derrame derivados de la política climática que no están bien cuantificados (nivel de confianza alto). Tanto si estos efectos colaterales se materializan, y en qué magnitud, como si no lo hacen, serán específicos de cada caso y sitio, puesto que dependerán de circunstancias locales y de su escala, alcance y ritmo de materialización. Entre estos efectos hay algunos importantes como son la conservación de la biodiversidad, disponibilidad de agua, seguridad alimentaria, distribución de ingresos, eficiencia del sistema tributario, oferta de trabajo y empleo, expansión urbana y sostenibilidad del crecimiento de los países en desarrollo (recuadro RT.11).

Algunas políticas de mitigación aumentan los precios de algunos servicios energéticos y podrían obstruir 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 pueden evitarse mediante la adopción de políticas complementarias (nivel de confianza medio). Cabe destacar que alrededor de 1 300 millones de personas de todo el mundo carecen de acceso a la electricidad y alrededor de 3 000 millones dependen de combustibles sólidos tradicionales para cocinar y calentar, con graves efectos adversos en la salud, los ecosistemas y el desarrollo. La facilitación de acceso a servicios energéticos modernos es un importante objetivo de desarrollo sostenible. Las proyecciones apuntan a que los costos de lograr el acceso casi universal a la electricidad y 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). Con una transi-

Recuadro RT.11 | Contabilización de los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación

Una política gubernamental o una medida encaminada a lograr un objetivo (como la mitigación) también afectará a otros objetivos (como la calidad local del aire). En la medida que estos efectos secundarios sean positivos, pueden considerarse ‘cobeneficios’; de lo contrario se denominan ‘efectos colaterales adversos’. En el presente informe, los cobeneficios y los efectos colaterales adversos se miden en unidades no monetarias. La forma como se determina el valor de esos efectos en la sociedad es una cuestión aparte. En la mayoría de los estudios no se evalúan los efectos de los cobeneficios en el bienestar social, y una de las razones para esto es que el valor de un cobeneficio depende de las circunstancias locales y puede ser positivo, igual a cero o incluso negativo. Por ejemplo, el valor de la reducción de una tonelada adicional de dióxido de azufre (SO₂) que resulta de la mitigación depende en gran medida de la rigurosidad de las políticas de control del SO₂ existentes: en el caso de que exista una política laxa de SO₂, el valor de las reducciones de este compuesto puede ser elevado, si bien puede ser casi cero en el caso de que exista una política estricta de SO₂. Si la política de SO₂ es demasiado estricta, el valor del cobeneficio puede ser negativo (suponiendo que la política de SO₂ no esté ajustada). Del mismo modo que la política climática afecta a objetivos no climáticos (recuadros RT.4-RT.8), otras políticas pueden afectar a los resultados del cambio climático. [3.6.3, 4.8, 6.6, glosario]

La mitigación puede generar muchos cobeneficios y efectos colaterales adversos, lo que dificulta la realización de análisis exhaustivos. Entre los beneficios directos de la política climática cabe destacar, por ejemplo, los efectos previstos en la temperatura media global en superficie, la elevación del nivel del mar, la productividad agrícola, la biodiversidad y los efectos en la salud del calentamiento global [GTII RT]. Los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de las políticas climáticas podrían comprender diversos efectos sobre un conjunto de objetivos que se superponen en parte, como la reducción de emisiones locales de contaminantes atmosféricos y otros efectos en la salud y los ecosistemas asociados, la conservación de la biodiversidad, la disponibilidad de agua, la seguridad energética y alimentaria, el acceso a la energía, la distribución de ingresos, la eficiencia del sistema tributario, la oferta de trabajo y empleo, la expansión urbana y la sostenibilidad del crecimiento de los países en desarrollo. [3.6, 4.8, 6.6, 15.2].

Todos estos efectos colaterales son importantes, ya que en una evaluación integral de la política climática es necesario contabilizar los beneficios y los costos relacionados con otros objetivos. Para determinar y cuantificar el bienestar social general se necesitan métodos de valoración y considerar los esfuerzos existentes para alcanzar los numerosos objetivos. Diversos factores como la interacción entre las políticas climáticas y las políticas no climáticas preexistentes, las externalidades y el comportamiento no competitivo dificultan esa valoración. [3.6.3]

ción sin uso de biomasa tradicional¹³ y la combustión más eficiente de combustibles sólidos se reducen las emisiones de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO) y el carbono negro (CN), y por tanto se producen grandes beneficios para la salud (*nivel de confianza alto*). [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

El efecto de mitigación en el uso del agua depende de las opciones tecnológicas y la cartera de medidas de mitigación (*nivel de confianza alto*). Si bien la sustitución de energías fósiles por energías renovables como la fotovoltaica o la eólica puede contribuir a reducir el uso de agua en el sistema energético, el despliegue de otras energías renovables, como algunas formas de energía hidroeléctrica, energía solar por concentración y bioenergía, puede tener efectos adversos en el uso del agua. [6.6, 7.9, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6]

Diversos escenarios de mitigación y estudios sectoriales muestran que, 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 de suministro de energía y de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) (*nivel de confianza alto*). (cuadros RT.4-RT.8). [4.8, 5.7, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8]

RT.3.2 Medidas de mitigación sectoriales e intersectoriales

Las emisiones antropógenas de GEI son el resultado de un amplio conjunto de actividades humanas, en particular relacionadas con el suministro y el consumo de energía y con el uso del suelo para la producción de alimentos y otros fines. Un alto porcentaje de las emisiones procede de las zonas urbanas. Las opciones de mitigación pueden agruparse en tres grandes sectores: 1) suministro de energía, 2) sectores de uso final de la energía, a saber, el transporte, los edificios y la industria, y 3) agricultura, silvicultura y otros usos del

¹³ Por biomasa tradicional se entiende la biomasa –leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol animal– utilizada con las denominadas tecnologías tradicionales como los fuegos abiertos para cocinar, los hornos rústicos y los hornos para pequeñas industrias (véase el glosario)

suelo (AFOLU). Las emisiones procedentes de los asentamientos humanos e infraestructuras inciden transversalmente en los sectores anteriores. Muchas de las opciones de mitigación están vinculadas. El conjunto específico de medidas de mitigación que se adoptan en un sector determinado dependerá de una amplia gama de factores, incluidos su economía relativa, estructuras políticas, valores normativos y vínculos con otros objetivos de política. En la primera sección se examinan cuestiones transectoriales relacionadas con todos los sectores y, en las subsecciones siguientes, los sectores uno a uno.

RT.3.2.1 Trayectorias y medidas de mitigación intersectoriales

Sin nuevas políticas de mitigación, las proyecciones indican que las emisiones de GEI crecerán en todos los sectores, excepto las emisiones netas de CO₂ en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)¹⁴ (evidencia sólida, nivel de acuerdo medio). Se prevé que las emisiones del sector del suministro

energético continúen siendo la principal fuente de emisiones de GEI en los escenarios de referencia, reflejo en última instancia de los aumentos significativos en las emisiones indirectas por el uso de electricidad en los sectores de los edificios y la industria. La deforestación disminuye en la mayoría de los escenarios de referencia, lo que produce una reducción de las emisiones netas de CO₂ procedentes del sector AFOLU (figura RT.15). [6.3.1.4, 6.8]

Los cambios en los desarrollos de infraestructura y los productos de larga vida que bloquean a las sociedades en trayectorias de grandes emisiones de GEI pueden ser muy complicados o conllevar grandes costos, con lo que se refuerza la importancia de la acción temprana para aspirar a una mitigación ambiciosa (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Este riesgo de bloqueo está acentuado por la vida útil de la infraestructura, la diferencia de emisiones asociadas a las alternativas y la magnitud del costo de las inversiones. Como resultado de ello, el efecto de bloqueo asociado a la infraestructura y la planificación espacial es el más difícil de reducir, con lo que evitar las opciones que bloquean las pautas de altas emisiones de forma permanente es una parte importante de las estrategias de mitigación en las regiones que presentan un desarrollo rápido de la infraestructura. En ciudades maduras o ya establecidas, las opciones están limitadas por la morfología urbana y la infraestructura exis-

¹⁴ Las emisiones netas de CO₂ de AFOLU comprenden las emisiones y remociones de CO₂ del sector AFOLU, incluidas las del suelo forestal, y, en algunas evaluaciones, los sumideros de CO₂ en los suelos agrícolas.

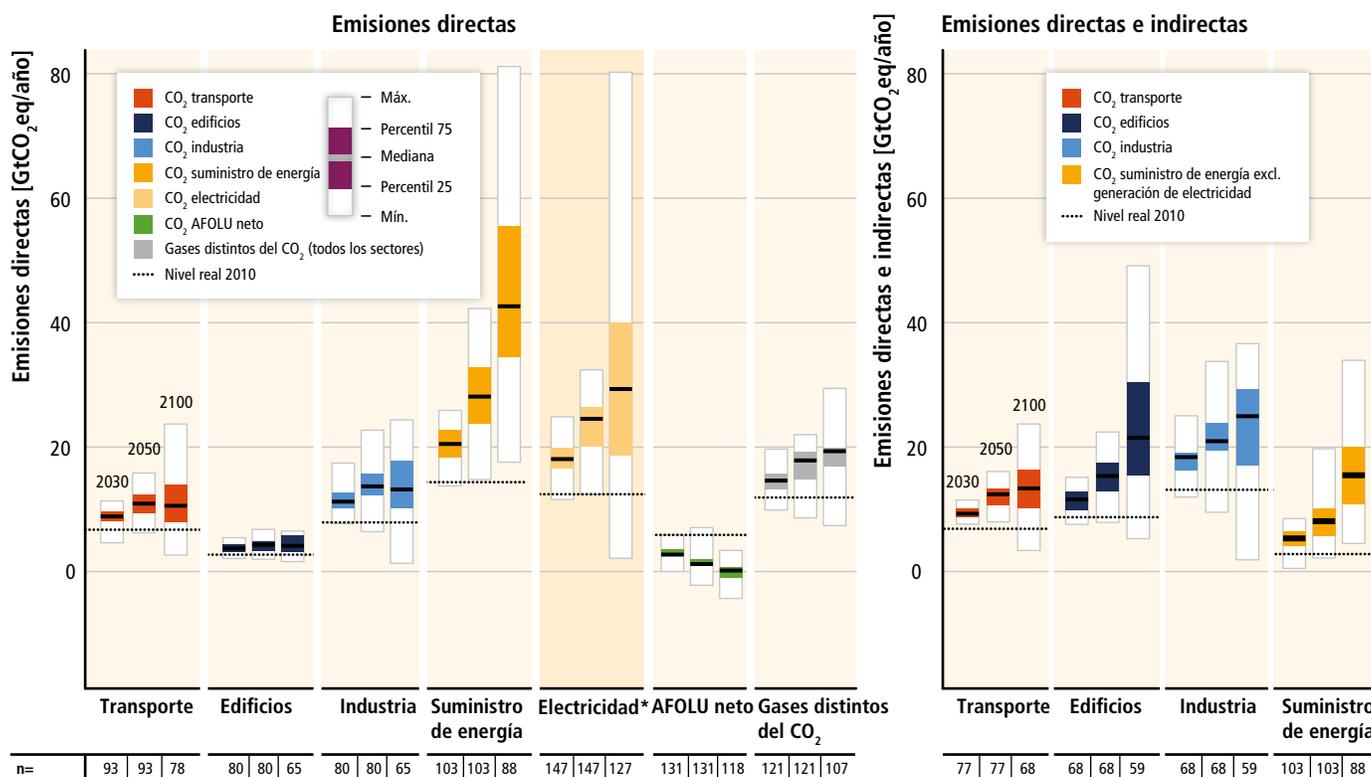
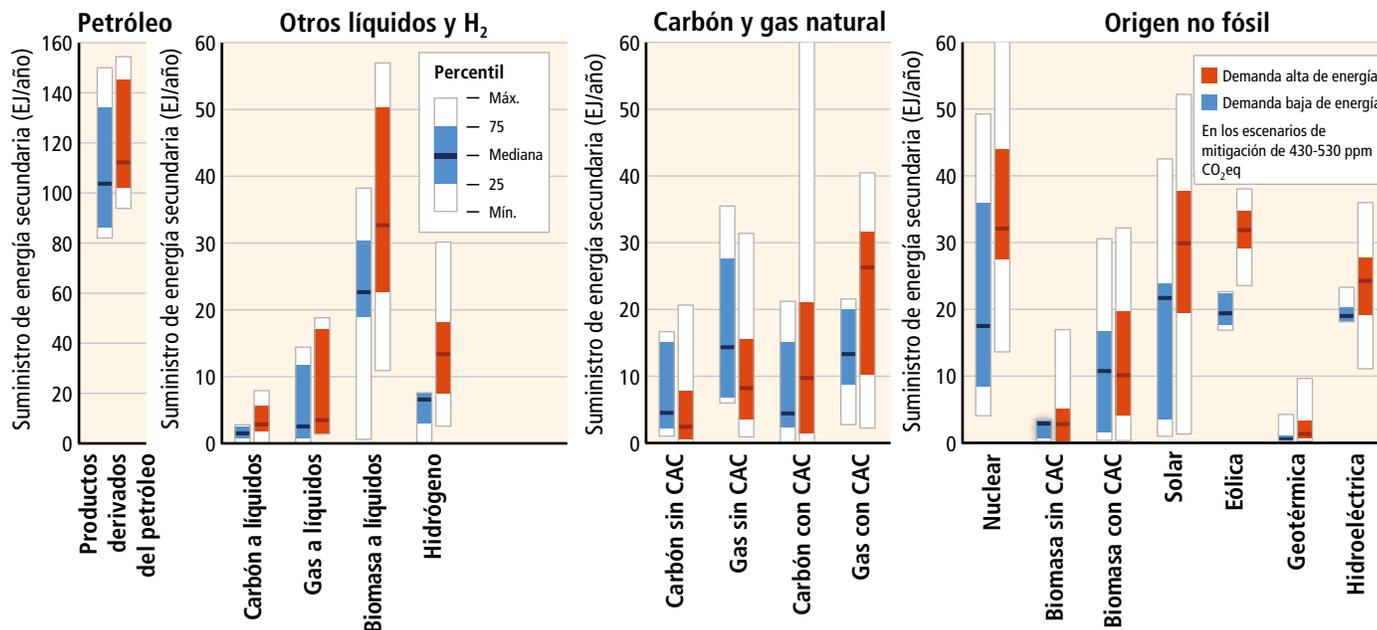


Figura RT.15 | Emisiones directas (gráfico izquierdo) y emisiones directas e indirectas (gráfico derecho) de CO₂ y GEI distintos del CO₂ en los distintos sectores en los escenarios de referencia. Los GEI distintos del CO₂ se convierten en CO₂-equivalente sobre la base de los potenciales de calentamiento global (PCG) con un horizonte temporal de 100 años utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (véase el recuadro RT.5). Obsérvese que, en el caso de las emisiones indirectas, únicamente se contemplan las emisiones procedentes de la generación de electricidad desde los sectores de suministro hasta los sectores de uso final de la energía. En el gráfico izquierdo se muestran las emisiones del sector de la electricidad (Electricidad*), así como las emisiones del sector de suministro de energía al que pertenecen, que ilustran su importante papel en el lado de la oferta energética. Las cifras en la base de los gráficos hacen referencia al número de escenarios incluidos en los rangos, que difieren entre los sectores y los años debido a que la resolución sectorial y el horizonte temporal de los modelos son diferentes. [figura 6.34]

Líquidos e hidrógeno

Producción de electricidad



1	2	3	4
Los escenarios de demanda alta de energía muestran niveles más altos de suministro de petróleo.	En los escenarios de demanda alta de energía se observa un crecimiento más rápido de las tecnologías alternativas de líquidos y del hidrógeno.	Los escenarios de demanda alta de energía muestran un crecimiento más rápido de las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC) y una reducción más rápida de las tecnologías de conversión de combustibles fósiles.	En los escenarios de demanda alta de energía se observa un crecimiento más rápido de tecnologías de generación de electricidad no fósiles

Figura RT.16 | Influencia de la demanda de energía en el despliegue de tecnologías de suministro energético en 2050 en escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq en 2100. Las barras azules indican 'baja demanda de energía' y representan el conjunto de escenarios desplegados que contemplan un crecimiento limitado de la energía final de <20% en 2050 en comparación con 2010. Las barras rojas representan la serie de tecnologías desplegadas en los casos de 'alta demanda de energía' (crecimiento >20% en 2050 comparado con 2010). Para cada tecnología se indican la mediana, el rango intercuartílico y el rango de despliegue completo. Notas: se excluyen los escenarios que presuponen restricciones tecnológicas y los escenarios de energía final cuyo año de base esté fuera de los límites de los inventarios de 2010 en ±5%. Los rangos incluyen los resultados de un gran número de modelos integrados diferentes. Los resultados de los diferentes escenarios para un mismo modelo se han promediado para evitar sesgos de muestreo; véase el capítulo 6 para más detalles. [figura 7.11]

tente, y por las escasas posibilidades de realizar acondicionamientos o modificaciones en estas. No obstante, los materiales, productos e infraestructura con ciclos de vida largos y las emisiones con ciclos de vida cortos pueden facilitar la transición a trayectorias de bajas emisiones al mismo tiempo que se reducen las emisiones en razón de los menores niveles de uso de materiales (es decir, a través de la reducción de los insumos materiales totales necesarios para ofrecer un servicio final). [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

Se espera que los métodos de mitigación sistémicos e intersectoriales sean más costo-efectivos y eficaces para reducir las emisiones que las políticas adoptadas sector por sector (*nivel de confianza medio*). Las políticas de mitigación costo-efectivas deben adoptar una perspectiva sistémica a fin de considerar las interdependencias entre los diferentes sectores económicos y maximizar los efectos sinérgicos. La estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO₂eq, sean cuales fueren, en última instancia requerirá que se reduzcan sustancialmente las emisiones y que se introduzcan cambios fundamentales en el sistema energético, tanto en los sectores de uso final como de suministro, y en las prácticas de uso del suelo y los procesos industriales. Además, numerosas tec-

nologías de suministro de energía con bajas emisiones de carbono (incluida la CAC) y la infraestructura que requieren plantean problemas de aceptación del público que limitan su despliegue. Esto es válido también para la adopción de nuevas tecnologías y el cambio estructural y de comportamiento en los sectores de uso final de la energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) [7.9.4, 8.7, 9.3.10, 9.8, 10.8, 11.3, 11.13]. La falta de aceptación puede tener repercusiones no solo en la mitigación en ese sector en particular, sino también en esfuerzos de mitigación más amplios.

Los modelos integrados identifican tres categorías de medidas de mitigación relacionadas con el sistema energético: la descarbonización del sector de suministro de energía, la reducción de la demanda final de energía y el cambio a vectores energéticos con bajas emisiones de carbono, como la electricidad, en los sectores de uso final de la energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) [6.3.4, 6.8, 7.11]. La amplia gama de opciones de mitigación sectoriales disponibles tienen como objetivos principales reducir la intensidad de las emisiones de GEI y la intensidad energética y lograr cambios en la actividad (cuadro RT.3) [7.5, 8.3, 8.4, 9.3, 10.4, 12.4]. Las opciones directas en el sector AFOLU consisten en almacenar carbono en sistemas



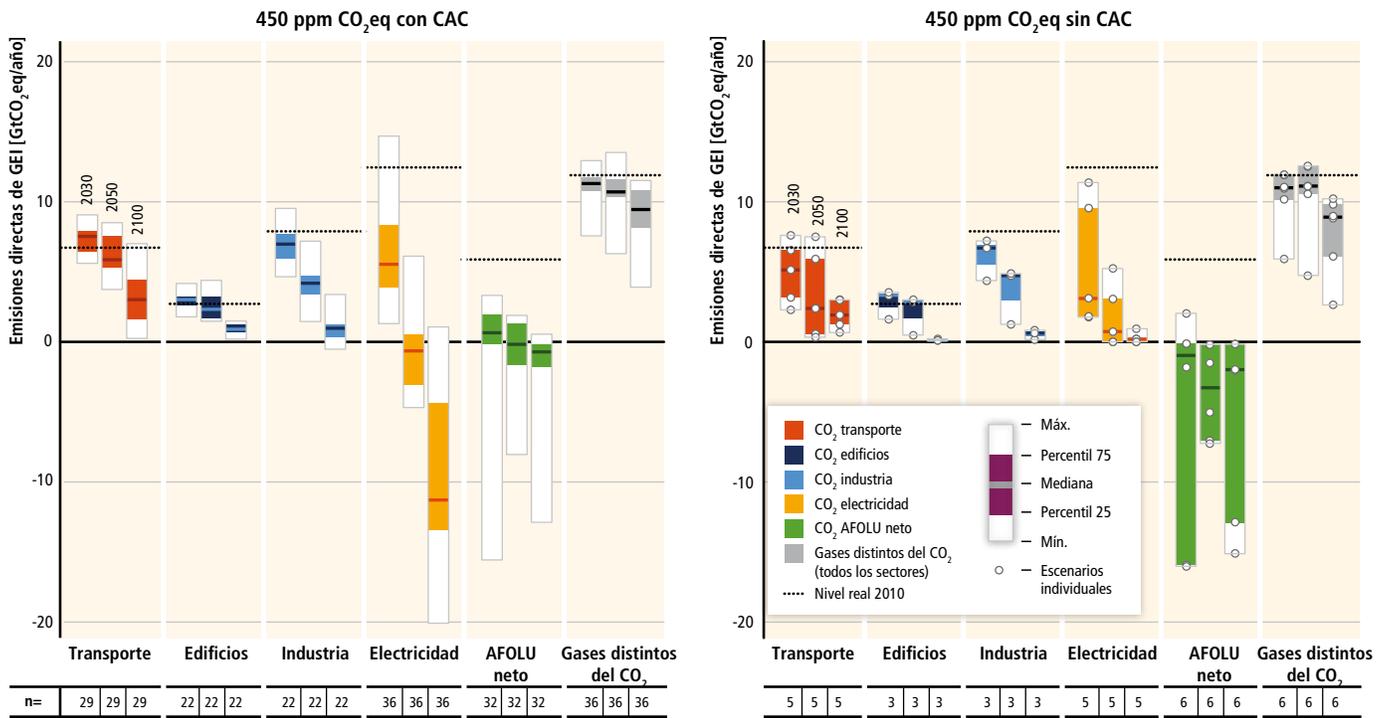


Figura RT.17 | Emisiones directas de CO₂ y GEI distintos del CO₂ por sectores en los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente 450 (430-480) ppm CO₂eq con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) (gráfico izquierdo) y sin CAC (gráfico derecho) en 2100. Los números en la base de los gráficos indican el número de escenarios abarcados en el rango, que difiere entre sectores y años debido a las distintas resoluciones sectoriales y horizontes temporales de los modelos. Los círculos blancos del gráfico de la derecha representan las emisiones de cada uno de los escenarios y ayudan a comprender la dispersión en los rangos a causa del reducido número de escenarios. [figura 6.35]

terrestres (p. ej., mediante la forestación) y proporcionar materias primas bioenergéticas [11.3, 11.13]. Existen opciones para reducir las emisiones de GEI distintos del CO₂ en todos los sectores, pero especialmente en la agricultura, el suministro de energía y la industria.

Las reducciones de la demanda en los sectores de uso final de la energía debidas, por ejemplo, a la mejora de la eficiencia y los cambios de comportamiento, son una estrategia de mitigación clave y afectan a la magnitud del desafío de mitigación en el sector del suministro energético (*nivel de confianza alto*). La limitación de la demanda energética: 1) aumenta el número de opciones de política al mantener la flexibilidad de la cartera de tecnologías; 2) reduce el ritmo requerido para ampliar tecnologías de suministro energético con bajas emisiones de carbono y protege contra los riesgos de la oferta (figura RT.16); 3) evita el efecto de bloqueo en infraestructuras nuevas que emiten mucho carbono o el posible abandono prematuro de estas; 4) maximiza los cobeneficios para otros objetivos de política, debido a que el potencial de obtención de cobeneficios relativos a medidas de uso final de la energía es superior al potencial de efectos colaterales adversos, si bien este puede no ser el caso para todas las medidas orientadas a la oferta (véanse los cuadros RT.4-RT.8); y 5) aumenta la costo-efectividad de la transformación (en comparación con las estrategias de mitigación con mayores niveles de demanda energética) (*nivel de confianza medio*). Sin embargo, es poco probable que se reduzca la demanda de servicios energéticos en los países en desarrollo o en segmentos de población

más pobres con niveles de servicios energéticos bajos o cubiertos solo parcialmente. [6.3.4, 6.6, 7.11, 10.4]

El comportamiento, los estilos 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 las pautas de consumo (p. ej., demanda y modo de movilidad, uso de la energía en los hogares o elección de productos más duraderos), cambios en la dieta y reducción de los residuos alimenticios y cambios en el estilo de vida (p. ej., estabilizando o disminuyendo el consumo en algunos de los países más desarrollados y compartiendo cambios económicos y de comportamiento que afectan a la actividad) (cuadro RT.3). [8.1, 8.9, 9.2, 9.3, recuadro 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7]

De los escenarios de mitigación se desprende que la descarbonización del suministro energético es un requisito fundamental para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO₂eq por debajo de 580 ppm (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En la mayoría de los escenarios de mitigación a largo plazo en los que no se superan 580 ppm CO₂eq en 2100, el suministro mundial de energía está totalmente descarbonizado a finales del siglo XXI y muchos escenarios dependen de la eliminación neta del CO₂ de la atmósfera. Sin embargo, dado que los sistemas de suministro existen-

Cuadro RT.3 | Principales medidas sectoriales de mitigación clasificadas por estrategias clave de mitigación (en negrita) e indicadores sectoriales asociados (resaltados en amarillo), como se expone en los capítulos 7 a 12.

	Reducción de la intensidad de las emisiones de GEI	Reducción de la intensidad energética mediante la mejora de la eficiencia técnica	Mejora de la eficiencia productiva y de los recursos	Mejora de la eficiencia estructural y de los sistemas	Cambio de indicador de la actividad
Energía [sección 7.5]	<i>Emisiones/producción de energía secundaria</i>	<i>Insumo energético/producción energética</i>	<i>Energía incorporada/producción de energía</i>	—	<i>Uso final de la energía</i>
	Mayor despliegue de energías renovables, energía nuclear, CAC y bioenergía con CAC (BECCS); sustitución de combustibles dentro del grupo de los combustibles fósiles; reducción de emisiones fugitivas (de metano) en la cadena de combustibles fósiles.	Extracción, transporte y conversión de combustibles fósiles; transmisión, distribución y almacenamiento de electricidad/calor/combustible; calor y electricidad combinados o cogeneración (véase Edificios y asentamientos humanos).	Energía incorporada en la fabricación de tecnologías para la extracción, conversión, transmisión y distribución de energía.	Tratamiento de las necesidades de integración.	Demanda de los sectores de uso final para diferentes vectores de energía (véase Transporte, edificios e industria).
Transporte [sección 8.3]	<i>Emisiones/energía final</i>	<i>Energía final/servicio de transporte</i>	—	<i>Cuotas para cada modo</i>	<i>Distancia total por año</i>
	Intensidad de carbono del combustible (CO₂eq/megajulio (MJ)) : cambio a combustibles con bajas emisiones de carbono, p.ej., electricidad/hidrógeno procedente de fuentes con bajas emisiones de carbono (véase Energía); biocombustibles específicos en diversos modos (véase AFOLU).	Intensidad energética (MJ/pasajero-km, tonelada-km) : motores y diseño de vehículos de bajo consumo; sistemas de propulsión y diseños más avanzados; uso de materiales más ligeros en vehículos.	Emisiones incorporadas durante la fabricación de vehículos; eficiencia y reciclaje de materiales (véase Industria); emisiones durante el ciclo de vida de la infraestructura (véase Asentamientos humanos).	Cambios de modo de vehículos ligeros a transporte público y desplazamientos en bicicleta/a pie, y de la aviación y vehículos pesados al ferrocarril; conducción ecológica; mejora de la logística del transporte de mercancías; planificación de la infraestructura de transporte.	Evitación de viajes; aumento de las tasas de ocupación/carga; reducción de la demanda de transporte; planificación urbana (véase Asentamientos humanos).
Edificios [sección 9.3]	<i>Emisiones/energía final</i>	<i>Energía final/energía útil</i>	<i>Energía incorporada/energía operativa</i>	<i>Energía útil/servicio energético</i>	<i>Demanda de servicios energéticos</i>
	Intensidad de carbono de los combustibles (CO₂eq/MJ) : integración de tecnologías de la energía renovable en los edificios; cambio a combustibles con bajas emisiones de carbono, p.ej., electricidad (véase Energía).	Eficiencia de los dispositivos : calefacción/refrigeración (calderas, ventilación, aire acondicionado y bombas de calor de alto rendimiento); agua caliente; cocinas avanzadas de biomasa; iluminación; electrodomésticos.	Tiempo de vida de los edificios; durabilidad de los componentes, los equipos y los electrodomésticos; elección de materiales de construcción con niveles bajos/menores de energía y emisiones (véase Industria).	Eficiencia sistémica : proceso de diseño integrado; edificios con cero/baja necesidad de energía; automatización y controles de edificios; planificación urbana; calefacción/refrigeración de barrios o ciudades y cogeneración; contadores/redes inteligentes; puesta en funcionamiento.	Cambio de comportamiento (p. ej., ajuste del termostato, uso de electrodomésticos); cambio de estilo de vida (p. ej., superficie de vivienda por habitante, confort adaptativo).
Industria [sección 10.4]	<i>Emisiones/energía final</i>	<i>Energía final/producción de materiales</i>	<i>Insumos materiales/productos</i>	<i>Demanda de productos/demanda de servicios</i>	<i>Demanda de servicios</i>
	Intensidad de las emisiones : reducciones de emisiones asociadas a los procesos; uso de residuos (p. ej., uso de residuos sólidos urbanos/lodos de depuradora en hornos de cemento) y CAC en la industria; sustitución de hidrofluorocarbonos y reparación de fugas; sustitución de combustibles fósiles por electricidad con bajas emisiones de carbono (véase Energía) o biomasa (véase AFOLU).	Eficiencia energética/ mejores tecnologías disponibles : sistemas de vapor eficientes; sistemas de hornos y calderas; sistemas de motores eléctricos (bombas, ventiladores, compresores de aire, refrigeradores y manipulación de materiales) y sistemas electrónicos de control; intercambios de calor (sobrante); reciclaje.	Eficiencia de los materiales : reducción de las pérdidas de rendimiento; manufactura/construcción: innovaciones de procesos, nuevos enfoques de diseño, reutilización de material usado (p. ej., acero estructural); diseño de productos (p. ej., diseño de vehículos ligeros); sustitución de clínker por cenizas volantes.	Eficiencia del servicio relativo a productos : uso más intensivo de productos (p. ej., uso compartido del automóvil), uso de productos nuevos más duraderos (p. ej., prendas de vestir).	Demanda reducida de productos (p. ej., prendas de vestir), modos alternativos de viajar que conlleven una reducción de la demanda de fabricación de automóviles
Asentamientos humanos [sección 12.4]	<i>Emisiones/energía final</i>	<i>Energía final/energía útil</i>	<i>Insumos materiales para infraestructuras</i>	<i>Energía útil/servicio energético</i>	<i>Demanda de servicios por habitante</i>
	Integración de energías renovables urbanas; programas de sustitución de combustible a escala urbana.	Cogeneración, calor en cascada, conversión de residuos en energía.	Suministro gestionado para infraestructuras; reducción del suministro de materias primas para infraestructuras.	Morfología urbana compacta; aumento de la accesibilidad; uso mixto del suelo.	Aumento de la accesibilidad: tiempos de viaje más cortos y más opciones de modo de transporte.
Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo [sección 11.3]	Mejoras del lado de la oferta			Medidas del lado de la demanda	
	<i>Emisiones/superficie o unidad de producto (conservada o restituida)</i>			<i>Consumo de productos animales/agrícolas por habitante</i>	
	Reducción de emisiones : de metano (p. ej., gestión del ganado) y óxido nítrico (gestión de fertilizantes y estiércol), y prevención de emisiones a la atmósfera mediante la conservación de los reservorios de carbono existentes en los suelos o la vegetación (reduciendo la deforestación y la degradación forestal, prevención y control de incendios, agrosilvicultura); reducción de la intensidad de las emisiones (GEI/unidad de producto).	Secuestro : aumento del tamaño de los reservorios de carbono existentes, extrayendo por consiguiente CO ₂ de la atmósfera (p. ej. forestación, reforestación, sistemas integrados, secuestro de carbono en el suelo).	Sustitución : se sustituyen combustibles fósiles o productos que contienen mucha energía por productos biológicos, por lo que se reducen las emisiones de CO ₂ , (p. ej., combustión combinada de biomasa/cogeneración de calor y electricidad) (véase Energía), biocombustibles (véase Transporte), estufas de biomasa y productos aislantes (véase Edificios).	Medidas del lado de la demanda : reducción de las pérdidas y los desechos de alimentos, cambios en la dieta humana que favorezcan productos con menores emisiones de carbono; uso de productos de la madera duraderos.	

tes son muy dependientes de combustibles fósiles con altas emisiones de carbono, las reducciones de la intensidad energética pueden igualar o superar la descarbonización del suministro de energía a corto plazo. En los sectores de los edificios y la industria, por ejemplo, las mejoras en la eficiencia constituyen una estrategia importante para reducir las emisiones indirectas derivadas de la generación de electricidad (figura RT.15). A largo plazo, la reducción de las emisiones procedentes de la generación de electricidad irá acompañada de un aumento en la proporción de electricidad para usos finales (p. ej., obtención de calor para calefacción y procesos industriales, y potencialmente para algunas modalidades de transporte). Las reducciones de las emisiones en el transporte suelen aparecer en último lugar en los estudios de modelización integrada debido a las escasas opciones de cambio a vectores de energía con bajas emisiones de carbono en comparación con los edificios y la industria (figura RT.17). [6.3.4, 6.8, 8.9, 9.8, 10.10, 7.11, figura 6.17]

La disponibilidad de tecnologías de remoción de dióxido de carbono afecta a la magnitud del desafío de mitigación para los sectores de uso final de la energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) [6.8, 7.11]. En los escenarios de mitigación existen fuertes interdependencias entre el ritmo al que se introduce la descarbonización en los sectores de suministro energético y uso final de la energía. En general, la descarbonización rápida de la oferta se traduce en una mayor flexibilidad de los sectores de uso final. Sin embargo, los obstáculos a la descarbonización del lado de la oferta, como los que resultan de una disponibilidad limitada de CAC para lograr emisiones negativas cuando se combina con bioenergía, requieren una descarbonización más rápida y generalizada de los sectores de uso final de la energía en los escenarios en los que se alcanzan niveles bajos de concentración de CO₂eq (figura RT.17). La disponibilidad de un suministro maduro de biomasa para energía a gran escala o de tecnologías de secuestro de carbono en el sector AFOLU también proporciona flexibilidad para el desarrollo de tecnologías de mitigación en los sectores de suministro energético y uso final de la energía [11.3] (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*), si bien puede perjudicar el desarrollo sostenible.

La planificación espacial puede contribuir a gestionar el desarrollo de nuevas infraestructuras y aumentar la eficiencia del conjunto del sistema en todos los sectores (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El uso del suelo, las elecciones de transporte, la vivienda y el comportamiento son factores que están fuertemente interconectados y condicionados por la infraestructura y la morfología urbana. La planificación espacial y de uso del suelo (p. ej., la zonificación de uso mixto, el desarrollo orientado al transporte, el aumento de la densidad y la ubicación conjunta de lugares de trabajo y viviendas) puede contribuir a la mitigación en todos los sectores mediante 1) la reducción de las emisiones derivadas de la demanda de viajes recreativos y de trabajo y la facilitación del transporte no motorizado, 2) la reducción del suelo destinado a viviendas y, como consecuencia de ello, 3) la reducción del consumo total de energía directo e indirecto que conlleva la oferta de infraestructura eficiente. El desarrollo compacto y de relleno de los espa-

cios urbanos y la densificación inteligente pueden liberar suelo para la agricultura y la bioenergía y preservar el carbono almacenado en la tierra. [8.4, 9.10, 10.5, 11.10, 12.2, 12.3]

Existen interdependencias entre la adaptación y la mitigación a nivel sectorial y beneficios en su aplicación conjunta (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Algunas medidas de mitigación pueden afectar a la vulnerabilidad climática sectorial al influir en la exposición a los impactos y alterar la capacidad para adaptarse a estos [8.5, 11.5]. Entre otras interdependencias cabe destacar los efectos del clima sobre las opciones de mitigación, como la conservación de los bosques o la producción de energía hidroeléctrica [11.5.5, 7.7], así como los efectos de determinadas opciones de adaptación, como la calefacción o la refrigeración de edificios, o el establecimiento de sistemas de cultivo más diversificados en la agricultura, en las emisiones de GEI y el forzamiento radiativo [11.5.4, 9.5]. Cada vez hay más evidencias de estas interdependencias en todos los sectores, si bien existen importantes lagunas de conocimiento que impiden que se generen resultados integrados a nivel intersectorial.

RT.3.2.2 Suministro energético

El sector del suministro energético es el principal contribuidor a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las emisiones anuales de GEI procedentes del sector del suministro energético mundial crecieron más rápidamente entre 2000 y 2010 que en la década anterior; su crecimiento se aceleró del 1,7%/año en 1990-2000 al 3,1%/año en 2000-2010. Los principales contribuidores a esta tendencia son una creciente demanda de servicios energéticos y una mayor presencia del carbón en la combinación mundial de combustibles. El sector energético, tal como se define en el presente informe, abarca todos los procesos de extracción, conversión, almacenamiento, transmisión y distribución de energía que suministran energía final a los sectores de uso final (industria, transporte, edificios, agricultura y silvicultura). [7.2, 7.3]

En los escenarios de referencia evaluados en el IE5, las emisiones directas de CO₂ procedentes del sector del suministro energético aumentan de 14,4 GtCO₂/año en 2010 a 24-33 GtCO₂/año en 2050 (percentiles 25 a 75; rango completo 15 a 42 GtCO₂/año), y la mayoría de los escenarios de referencia evaluados en el GTIII IE5 muestran un aumento considerable (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.15). El margen inferior del rango completo está dominado por escenarios centrados en mejoras en la intensidad de la energía que van mucho más allá de las mejoras observadas en los últimos 40 años. La disponibilidad de combustibles fósiles por sí sola no bastará para limitar la concentración de CO₂eq a niveles como los de 450 ppm, 550 ppm o 650 ppm. [6.3.4, 6.8, 7.11, figura 6.15]

El sector del suministro energético ofrece múltiples opciones para reducir las emisiones de GEI (*evidencia sólida, nivel de*

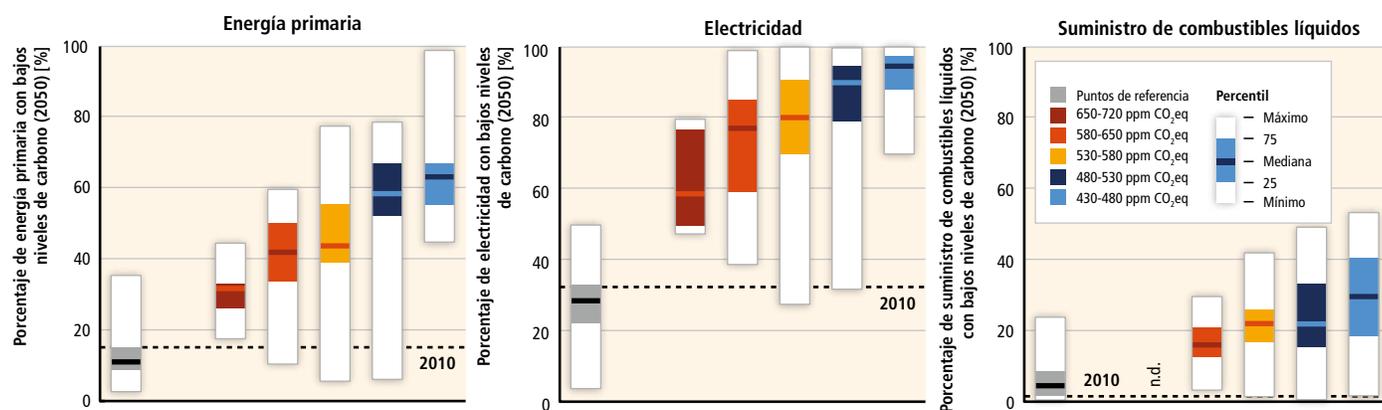


Figura RT.18 | Porcentaje de energía con bajos niveles de carbono en el total de sectores de energía primaria, electricidad y suministro de combustibles líquidos para el año 2050. Las líneas horizontales discontinuas muestran el porcentaje de bajos niveles de carbono para el año 2010. La energía con bajos niveles de carbono incluye la energía nuclear, las energías renovables, los combustibles fósiles con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y la bioenergía con CAC. [figura 7.14]

acuerdo alto). Esas opciones incluyen: mejoras en la eficiencia energética y reducciones de las emisiones fugitivas en la extracción de combustible, así como en los sistemas de conversión, transmisión y distribución de energía; la sustitución de combustibles fósiles; y tecnologías de suministro energético con un nivel bajo de GEI como la energía renovable, la energía nuclear, y la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) (cuadro RT.3). [7.5, 7.8.1, 7.11]

La estabilización de las concentraciones de GEI a niveles bajos requiere una transformación fundamental del sistema de suministro energético, incluida la eliminación a largo plazo de tecnologías de conversión de combustibles fósiles de emisión libre y su sustitución por alternativas con niveles bajos de GEI (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera solo pueden estabilizarse si las emisiones globales (netas) de CO₂ alcanzan un nivel máximo y se reducen a cero a largo plazo. La mejora de la eficiencia energética de las centrales eléctricas de combustibles fósiles o la transición del carbón al gas no bastarán por sí solas para lograr ese objetivo. Serían necesarias tecnologías de suministro energético con niveles bajos de GEI para poder lograr ese objetivo (figura RT.19). [7.5.1, 7.8.1, 7.11]

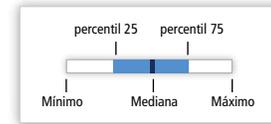
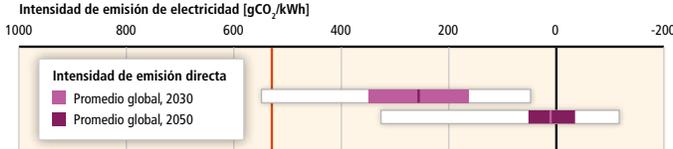
La descarbonización (esto es, la reducción de la intensidad de carbono) de la generación de electricidad es un componente clave de las estrategias de mitigación costo-efectivas para lograr niveles de estabilización con bajas emisiones de carbono (430 a 530 ppm CO₂eq); en la mayoría de los escenarios de modelización integrados, la descarbonización ocurre más rápidamente en la generación de electricidad que en los sectores de los edificios, el transporte y la industria (evidencia media, nivel de acuerdo alto) (figura RT.17). En la mayoría de los escenarios de mitigación que alcanzan concentraciones de alrededor de 450 ppm CO₂eq para 2100, la proporción del suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (que comprenden energías renovables, energía nuclear, combustibles fósiles con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), y bioenergía con CAC (BECCS)) aumenta desde la proporción actual de aproximadamente

el 30% a más del 80% en 2050, y la generación de energía procedente de combustibles fósiles sin CAC se va eliminando de forma gradual hasta prácticamente desaparecer en 2100 (figuras RT.17 y RT.18) [7.14].

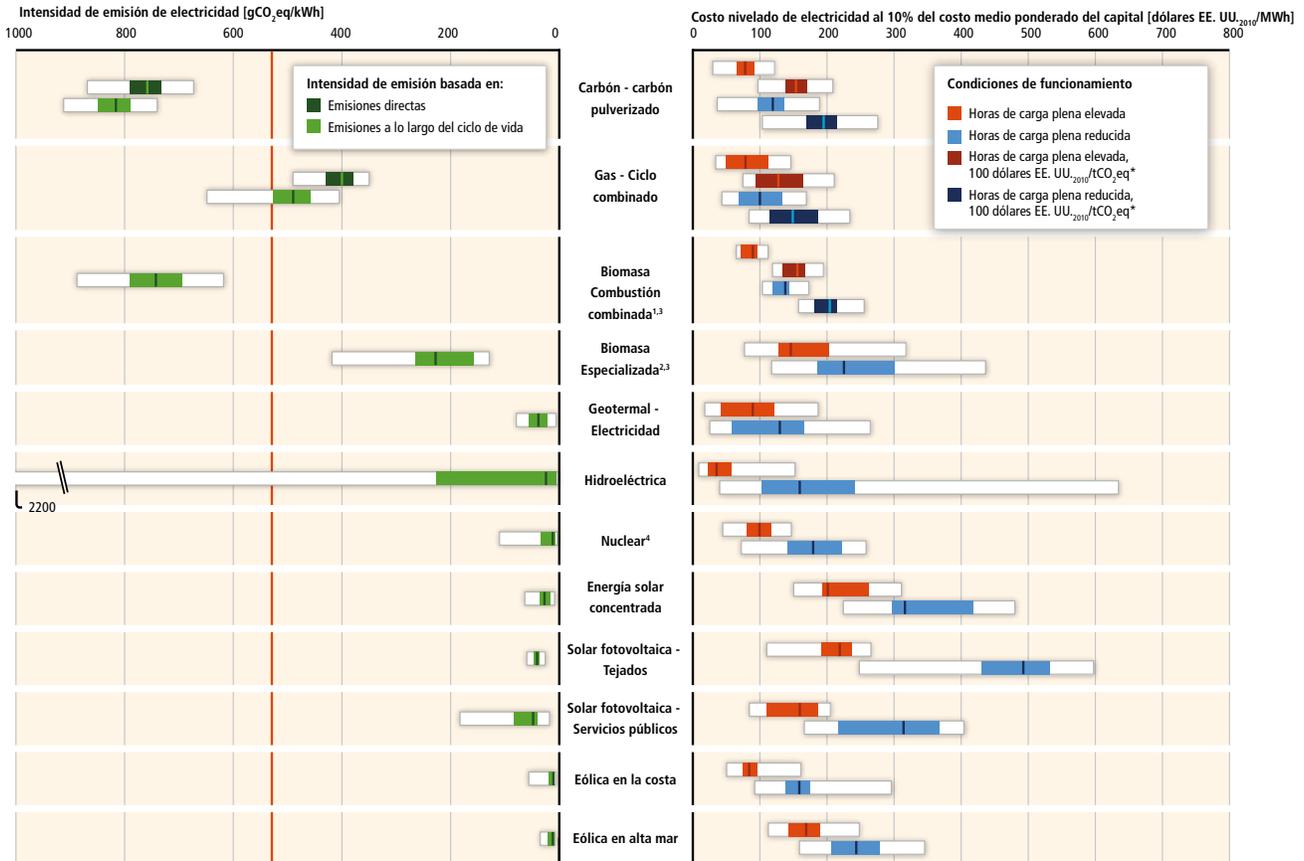
Desde el IE4, muchas tecnologías de energía renovable han demostrado considerables mejoras de rendimiento y reducciones de costos, y un número cada vez mayor de estas tecnologías han logrado un nivel de madurez que permite su implantación a una escala significativa (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Algunas tecnologías ya son competitivas desde el punto de vista económico en diversos contextos. El costo nivelado de los sistemas fotovoltaicos se redujo de forma más sustancial entre 2009 y 2012, y se ha observado una tendencia menos extrema para otras muchas tecnologías de energía renovable. En lo que respecta a la generación de electricidad por separado, la energía renovable representó un poco más de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica añadida globalmente en 2012, guiada por el crecimiento de la energía eólica, hidroeléctrica y solar. El uso descentralizado de la energía renovable para atender las necesidades de energía en las zonas rurales también ha aumentado, incluidas diversas opciones modernas y avanzadas de biomasa tradicional, además de pequeñas instalaciones hidroeléctricas, fotovoltaicas y eólicas. No obstante, muchas tecnologías de energía renovable todavía necesitan un apoyo directo (p. ej., primas, obligaciones de cuotas de energía renovable, y licitaciones/concursos) o un apoyo indirecto (p. ej., precios del carbono suficientemente altos y la internalización de otras externalidades), para que su cuota de mercado aumente de forma considerable. Las políticas relativas a la tecnología de la energía renovable han logrado impulsar el crecimiento reciente de esa energía. Se necesitan políticas adicionales que faciliten su integración en futuros sistemas energéticos (evidencia media, nivel de acuerdo medio) (figura RT.19). [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, 11.13]

El uso de la energía renovable suele asociarse a los cobeneficios, incluidos la reducción de la contaminación atmosférica, oportunidades de empleo local, menores accidentes graves respecto de otras tecnologías de suministro de energía y un mayor

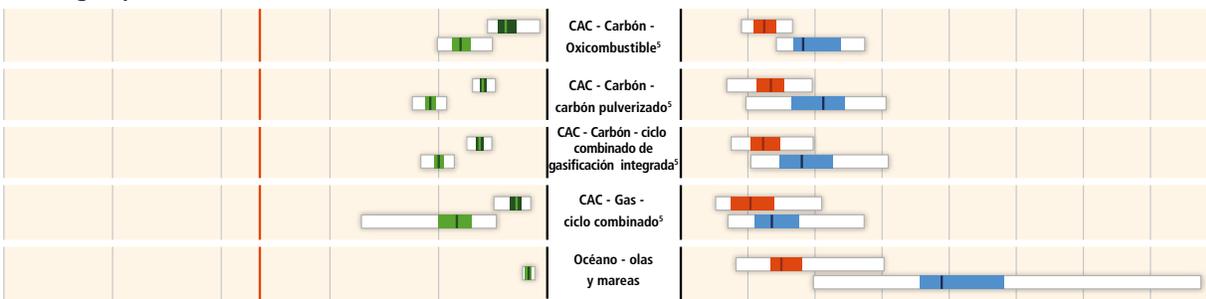
Escenarios que alcanzan 430-530 ppm CO₂eq en 2100 en modelos integrados



Tecnologías comerciales disponibles actualmente



Tecnologías precomerciales



Intensidad de emisión directa media mundial, 2010

¹ Asumiendo que las fuentes de biomasa son centrales de energía especializadas y residuos de cosechas y el 80% a 95% procede del carbón.

² Asumiendo que las fuentes de biomasa son centrales de energía especializadas y residuos de cosechas.

³ Las emisiones directas de las centrales de energía a partir de biomasa no se muestran explícitamente, pero se incluyen en las emisiones a lo largo del ciclo de vida. Las emisiones a lo largo del ciclo de vida incluyen el efecto de albedo.

⁴ El costo nivelado de la energía nuclear incluye costos de combustible iniciales y finales y costos de clausura.

⁵ Los gastos de transporte y almacenamiento de CAC se han fijado en 10 dólares EE. UU.₂₀₁₀/tCO₂.

* Precio del carbono gravado en las emisiones directas. Los efectos se muestran cuando son considerables.

Figura RT.19 | Emisiones directas concretas y a lo largo del ciclo de vida (gCO₂eq/kilovatio hora (kWh)) y costo nivelado de la electricidad (en dólares de Estados Unidos₂₀₁₀/MWh) para diversas tecnologías de generación de electricidad (véanse el anexo III.2 para datos y supuestos y el anexo II.3.1 y II.9.3 para cuestiones metodológicas). El gráfico en el margen izquierdo superior muestra promedios mundiales de emisiones directas concretas de CO₂ (gCO₂/kWh) de generación de energía en 2030 y 2050 para el conjunto de escenarios de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO₂eq que figuran en la base de datos de escenarios del GTIII IE5 (véase el anexo II.10). El promedio global de emisiones directas concretas de CO₂ (gCO₂/kWh) de generación de energía en 2010 se muestra como línea vertical. Nota: La intercomparabilidad del costo nivelado de la electricidad es limitada. Para más datos sobre cuestiones metodológicas generales e interpretación véanse los anexos mencionados anteriormente. CAC: captura y almacenamiento de CO₂ [Figura 7.7]

Cuadro RT.4 | Sinopsis de posibles cobeneficios (flechas verdes) y efectos colaterales adversos (flechas naranjas) de las principales medidas de mitigación en el sector del suministro de energía; las flechas en dirección ascendente o descendente denotan un efecto positivo o negativo en el objetivo o cuestión respectiva; un signo de interrogación (?) denota un efecto neto incierto. Los cobeneficios y efectos colaterales adversos dependen de circunstancias locales y de la práctica, el ritmo y la escala de aplicación. Para posibles efectos previos del suministro de biomasa para la bioenergía, véase el cuadro RT.8. Para una evaluación de los efectos macroeconómicos intersectoriales asociados con las políticas de mitigación (p. ej., en los precios de la energía, el consumo, el crecimiento y el comercio), véanse, por ejemplo, las secciones 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 y 14.4.2. Los calificadores de incertidumbre entre paréntesis denotan el nivel de evidencia y acuerdo sobre los efectos respectivos (véase RT.1). Abreviaturas para la evidencia: l=limitada, m=media, s=sólida; y para el nivel de acuerdo: b=bajo, m=medio, a=alto. [cuadro 7.3]

Suministro de energía	Efecto en objetivos o cuestiones adicionales			
	Económico	Social	Ambiental	De otro tipo
Energía nuclear en sustitución de energía generada mediante carbón	↑ Seguridad energética (menor exposición a volatilidad del precio del combustible) (m/m) ↑ Impacto en el empleo local (pero efecto neto incierto) (l/m) ↑ Costo residual de desechos y reactores abandonados (m/a)	↓ Impacto en la salud por medio de: Contaminación del aire y accidentes en minas de carbón (m/a) ↑ Accidentes nucleares y tratamiento de desechos, extracción y tratamiento de uranio (m/b) ↑ Cuestiones relativas a la seguridad y los desechos (s/a)	↓ Impacto en el ecosistema por medio de: Contaminación del aire (m/a) y la minería del carbón (l/a) ↑ Accidentes nucleares (m/m)	Riesgo de proliferación (m/m)
Energías renovables (eólica, fotovoltaica, energía solar concentrada, hidroeléctrica, geotérmica, bioenergía) en sustitución del carbón	↑ Seguridad energética (suficiencia y diversidad de recursos a corto y medio plazo) (s/m) ↑ Impacto en el empleo local (pero efecto neto incierto) (m/m) ↑ Riego, control de crecidas, navegación, disponibilidad de agua (para múltiples usos de embalses y ríos regulados) (m/a) ↑ Medidas adicionales para atender la demanda (para energía fotovoltaica y eólica) y cierto nivel de energía solar concentrada) (s/a)	↓ Impacto en la salud por medio de: Contaminación del aire (salvo la bioenergía) (s/a) ↓ Accidentes en minas de carbón (m/a) ↑ Contribución al acceso a energía (sin conexión a la red) (m/b) ? Cuestiones de aceptación pública para cada proyecto (p. ej., visibilidad de la energía eólica) (l/m) ↑ Amenaza de desplazamiento (para grandes centrales hidroeléctricas) (m/a)	↓ Impacto en el ecosistema por medio de: Contaminación del aire (salvo la bioenergía) (m/a) ↓ Minas de carbón (l/a) ↓ Impacto sobre el hábitat (para algunas centrales hidroeléctricas) (m/m) ↑ Impacto en el paisaje y la vida silvestre (para energía eólica) (m/m) ↓ Uso del agua (para energía eólica y fotovoltaica) (m/m) ↑ Uso del agua (para bioenergía, energía solar concentrada, geotérmica, y energía hidroeléctrica de embalses) (m/a)	Mayor uso de metales críticos para energía fotovoltaica y turbinas eólicas de transmisión directa (s/m)
CAC fósil en sustitución del carbón	↑ ↑ Preservación frente a condicionantes respecto al capital humano y físico en el sector de combustibles fósiles (m/m)	↑ Impacto en la salud por medio de: Riesgo de fuga de CO ₂ (m/m) ↑ Actividades previas de la cadena de suministro (m/a) ↑ Cuestiones de seguridad (almacenamiento y transporte de CO ₂) (m/a)	↑ Impacto en el ecosistema por medio de actividades previas de la cadena de suministro (m/m) ↑ Uso del agua (m/a)	Seguimiento a largo plazo del almacenamiento de CO ₂ (m/a)
BECCS en sustitución del carbón	Véase CAC fósil según proceda. Para el posible efecto previo del suministro de biomasa, véase el cuadro RT.8.			
Prevención de la fuga de metano, su captura o tratamiento	↑ Seguridad energética (posibilidad de utilizar gas en algunos casos) (l/a)	↓ Impacto en la salud por medio de una menor contaminación atmosférica (m/m) ↑ Seguridad ocupacional en minas de carbón (m/m)	↓ Impacto en el ecosistema por medio de una menor contaminación atmosférica (l/m)	

acceso a la energía y seguridad energética (evidencia media, nivel de acuerdo medio) (cuadro RT.4). No obstante, al mismo tiempo, algunas tecnologías de energía renovable pueden tener efectos colaterales adversos desde un punto de vista tecnológico y de su ubicación, que pueden reducirse hasta cierto punto mediante la selección adecuada de tecnologías, ajustes operacionales y el emplazamiento de las instalaciones. [7.9]

Las dificultades relativas a la infraestructura y la integración varían según la tecnología de energía renovable de que se trate y las características del sistema energético existente (evidencia media, nivel de acuerdo medio). La experiencia sobre su funcionamiento y los estudios sobre la energía renovable con un nivel de penetración medio a alto indican que las cuestiones de integración pueden gestionarse con diversos instrumentos técnicos e institucionales.

A medida que aumenta la penetración de la energía renovable, esas cuestiones plantean mayores desafíos, deben considerarse debidamente en la planificación y las operaciones del suministro de energía para asegurar un suministro energético fiable, y pueden dar lugar a mayores costos. [7.6, 7.8.2]

La energía nuclear es una fuente madura de energía de carga de base con bajos niveles de emisiones de GEI, pero su proporción en la generación eléctrica global ha disminuido (desde 1993). La energía nuclear podría contribuir de manera creciente al suministro de energía con bajos niveles de carbono, pero existen diversos obstáculos y riesgos (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto) (figura RT.19). La electricidad nuclear representó el 11% de la generación de electricidad en el mundo en 2012, lo que supone una reducción respecto a su nivel máximo del 17%

en 1993. La fijación del precio de las externalidades de las emisiones de GEI (fijación del precio del carbono) podría mejorar la competitividad de las centrales nucleares. [7.2, 7.5.4, 7.8.1, 7.12]

Los obstáculos y riesgos asociados a un mayor uso de la energía nuclear incluyen riesgos operativos y cuestiones de seguridad conexas, riesgos relativos a la explotación de minas de uranio, riesgos financieros y reglamentarios, cuestiones relativas a la gestión de desechos que aún no se han resuelto, cuestiones relativas a la proliferación de armas nucleares, y una opinión pública contraria (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto) (cuadro RT.4). Se están investigando nuevos ciclos de combustibles y tecnologías de reactores que resuelvan algunos de estos problemas y se han realizado progresos en la seguridad y la eliminación de desechos. La investigación de escenarios de mitigación que no superan los 580 ppm CO₂eq ha mostrado que la exclusión de la energía nuclear del conjunto disponible de tecnologías daría lugar solamente a un ligero aumento en los costos de mitigación respecto al conjunto completo de tecnologías (figura RT.13). Cuando se limitan otras tecnologías, como la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), aumenta el papel de la energía nuclear. [6.3.6, 7.5.4, 7.8.2, 7.9, 7.11]

Las emisiones de GEI procedentes del suministro de energía pueden reducirse significativamente mediante la sustitución del promedio mundial actual de centrales eléctricas de carbón por centrales eléctricas de ciclo combinado de gas natural o centrales de cogeneración de electricidad y calor de gran eficiencia, siempre que se disponga de gas natural y las emisiones fugitivas asociadas con la extracción y el suministro sean bajas o estén mitigadas (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). En los escenarios de mitigación en los que se llega a concentraciones de alrededor de 450 ppm CO₂eq en 2100, la generación eléctrica con gas natural sin CAC suele actuar como una tecnología puente, con un aumento en su implantación antes de llegar a su nivel máximo, tras lo cual disminuye hasta niveles inferiores a los actuales en 2050 y continúa disminuyendo en la segunda mitad de siglo (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). [7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

Las tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) podrían reducir las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de las centrales eléctricas de combustibles fósiles (evidencia media, nivel de acuerdo medio). Mientras que todos los componentes de los sistemas integrados de CAC existen y se utilizan en la actualidad por la industria de la extracción y el refinado de los combustibles fósiles, la CAC aún no se ha aplicado a escala a una gran central eléctrica comercial de combustible fósil. Las centrales eléctricas de CAC podrían estar en el mercado si hubiera un reglamento que así lo exigiera para las instalaciones de combustibles fósiles o si fueran competitivas respecto de sus homólogas de emisión libre, por ejemplo, si los costos adicionales de inversión y operativos a que se enfrentan las centrales de CAC, causados en parte por reducciones en la eficiencia, se compensaran con unos precios del carbono lo suficientemente elevados (o mediante apoyo financiero directo). Más allá de los incen-

tivos económicos, para la implantación futura de CAC a gran escala son necesarios reglamentos bien definidos sobre la responsabilidad a corto y largo plazo para el almacenamiento. [7.5.5]

Entre los obstáculos existentes para la implantación a gran escala de las tecnologías de CAC cabe destacar las cuestiones relativas a la seguridad operativa y la integridad a largo plazo del almacenamiento de CO₂, así como los riesgos relacionados con el transporte y la modernización necesaria de la infraestructura (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio) (cuadro RT.4). Existe, sin embargo, un número creciente de publicaciones sobre cómo asegurar la integridad de los pozos de almacenamiento de CO₂, sobre las posibles consecuencias de una acumulación de presión dentro de formaciones geológicas provocada por el almacenamiento de CO₂ (p. ej. una sismicidad inducida), y sobre las posibles repercusiones en la salud humana y el medio ambiente del CO₂ que escapa de las zonas de inyección primaria (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio). [7.5.5, 7.9, 7.11]

La combinación de bioenergía con CAC (BECCS) ofrece la perspectiva de suministro de energía con emisiones negativas netas a gran escala, lo que desempeña un importante papel en muchos escenarios de estabilización con bajas emisiones, si bien esta opción entraña desafíos y riesgos (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio). Hasta 2050, los estudios ascendentes estiman que el potencial económico se sitúa entre 2 y 10 GtCO₂ al año [11.13]. Algunos escenarios de mitigación muestran una mayor implantación de BECCS hacia final de siglo. Los desafíos y riesgos tecnológicos comprenden los asociados con el aporte previo de la biomasa que se utiliza en el mecanismo de CAC, así como los asociados con la propia tecnología de CAC. Hasta la fecha, no se han financiado proyectos a gran escala. [6.9, 7.5.5, 7.9, 11.13]

RT.3.2.3 Transporte

Desde el IE4, las emisiones en el sector del transporte global han aumentado a pesar del incremento de eficiencia de los vehículos (transporte por carretera, ferroviario, embarcaciones y aeronaves) y las políticas adoptadas (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). El transporte por carretera domina las emisiones en general, pero la aviación podría desempeñar un papel cada vez mayor en las emisiones totales de CO₂ en el futuro. [8.1, 8.3, 8.4]

El sector del transporte global representó el 27% de la utilización de energía final y 6,7 GtCO₂ de emisiones directas en 2010, y está previsto que las emisiones de referencia de CO₂ asciendan a entre 9,3 y 12 GtCO₂/año en 2050 (percentiles 25 a 75; rango completo 6,2 a 16 GtCO₂/año); la mayoría de los escenarios de referencia evaluados en el GTIII IE5 prevén un aumento considerable (evidencia media, nivel de acuerdo medio) (figura RT.15). Si no se aplican políticas de mitigación energéticas y sostenidas, las emisiones del sector del transporte podrían aumentar más rápidamente que

en los otros sectores de utilización de energía final y podrían hacer que se doblaran con creces las emisiones de CO₂ para 2050. [6.8, 8.9, 8.10]

Mientras que el crecimiento continuo de la actividad de pasajeros y carga constituye un desafío para la reducción de emisiones en el futuro, los análisis de estudios sectoriales e integrados sugieren un potencial de mitigación en el sector del transporte mayor que el presentado en el IE4 (evidencia media, nivel de acuerdo medio). La demanda per cápita de energía para el transporte en las economías en desarrollo y emergentes es muy inferior a la de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), pero está previsto que aumente a un ritmo mucho mayor en las próximas décadas debido al aumento de los ingresos y al desarrollo de infraestructura. Por tanto, los escenarios de referencia muestran aumentos en la demanda de energía para el transporte desde 2010 hasta 2050 y posteriormente. No obstante, los escenarios sectoriales e integrados de mitigación indican que es posible lograr reducciones de la demanda de energía de entre el 10% y el 45% para 2050 respecto al valor de referencia (figura RT.20, gráfico de la izquierda) (evidencia media, nivel de acuerdo medio). [6.8.4, 8.9.1, 8.9.4, 8.12, figura 8.9.4]

Una combinación de combustibles con bajas emisiones de carbono, la adopción de tecnologías de rendimiento mejoradas de vehículos y motores, un cambio en los hábitos mediante el cual se eviten viajes y transformaciones modales, inversiones en infraestructura conexas y cambios en las áreas edificadas ofrecen conjuntamente un gran potencial de mitigación (nivel de

confianza alto) [8.3, 8.8]. Las emisiones directas de GEI (de depósito a rueda) procedentes del transporte de pasajeros y carga pueden reducirse del siguiente modo:

- utilizando combustibles con menores intensidades de carbono (CO₂eq/megajulio (MJ));
- disminuyendo la intensidad energética de los vehículos (MJ/pasajero-km o MJ/tonelada-km);
- alentando un cambio modal hacia sistemas de transporte de pasajeros y carga con menores emisiones de carbono, junto con inversiones en infraestructura y formas urbanas compactas; y
- evitando viajes en la medida de lo posible (cuadro RT.3).

Otras estrategias de mitigación a corto plazo son la reducción del carbono negro, las estelas de condensación de la aviación y las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx). [8.4]

Las estrategias para reducir la intensidad de carbono de los combustibles y la tasa de reducción de la intensidad de carbono están limitadas por los desafíos asociados al almacenamiento de la energía y la densidad energética relativamente baja de los combustibles de transporte con bajas emisiones de carbono; los estudios integrados y sectoriales coinciden por lo general en que existen oportunidades para la sustitución del combustible a corto plazo y en que estas aumentarán con el tiempo (evidencia media, nivel de acuerdo medio) (figura RT.20, gráfico de la derecha). Las tecnologías eléctricas, hidroeléctricas y de

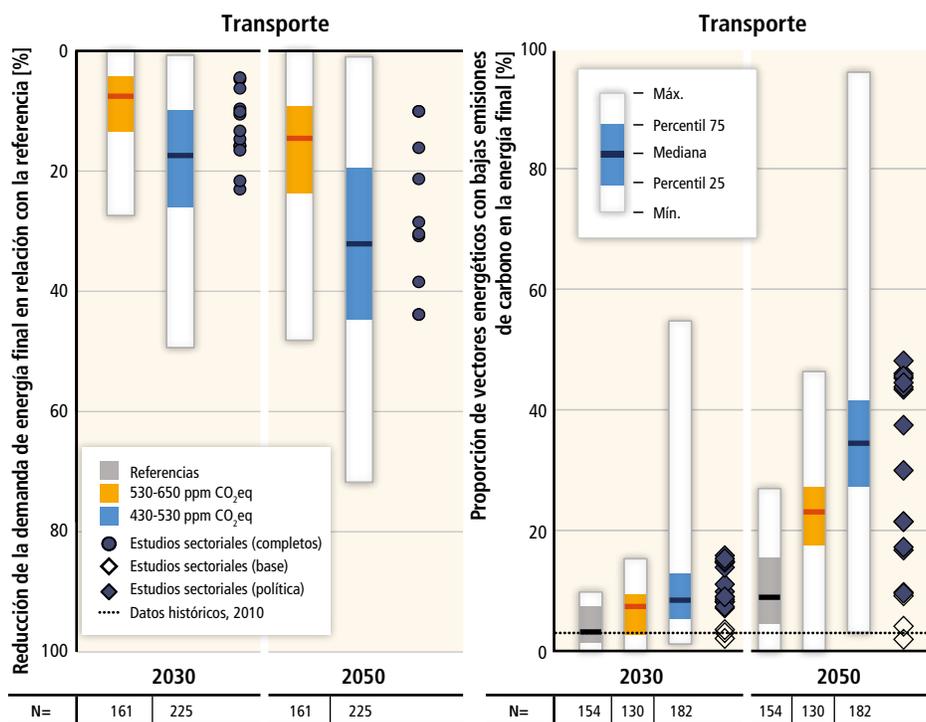


Figura RT.20 | Reducción de la demanda de energía final en relación con el escenario de referencia (gráfico de la izquierda) y desarrollo de la proporción final de vectores energéticos con bajas emisiones de carbono en la energía final (incluidos la electricidad, el hidrógeno y los biocombustibles líquidos; gráfico de la derecha) en el transporte para 2030 y 2050 en escenarios de mitigación de tres rangos distintos de concentración de CO₂eq que figuran en los diagramas de caja (véase la sección 6.3.2) en comparación con los estudios sectoriales que se muestran como formas evaluados en el capítulo 8. Los círculos sólidos corresponden a estudios sectoriales con cobertura sectorial completa. [figuras 6.37 y 6.38]

RT

hidrógeno y algunas tecnologías de biocombustibles podrían contribuir a reducir la intensidad de carbono de los combustibles, aunque su potencial total de mitigación es muy incierto (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Los combustibles de metano ya están aumentando su cuota en los vehículos de carretera y las embarcaciones. La electricidad producida a partir de fuentes con bajas emisiones de carbono presenta posibilidades a corto plazo para ferrocarriles eléctricos, y a corto y medio plazo para autobuses eléctricos, vehículos ligeros y vehículos de carretera de dos ruedas. Los combustibles de hidrógeno procedentes de fuentes con bajas emisiones de carbono constituyen opciones a más largo plazo. Ya hay biocombustibles líquidos y gaseosos comercialmente disponibles que ofrecen cobeneficios junto con opciones de mitigación que pueden aumentarse mediante avances tecnológicos, en particular biocombustibles de uso inmediato para aeronaves. La reducción de las emisiones del transporte de partículas en suspensión (incluido el carbono negro), el ozono troposférico y los precursores de aerosoles (incluidos los óxidos de nitrógeno) puede tener cobeneficios para la salud humana y la mitigación a corto plazo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Hasta 2030, la mayoría de los estudios integrados prevén una dependencia continua respecto a los combustibles líquidos y gaseosos, apoyada por un aumento del uso de biocombustibles. Durante la segunda mitad de siglo, muchos estudios integrados también muestran cuotas sustanciales de electricidad o hidrógeno como combustible para vehículos eléctricos y vehículos ligeros con pilas de combustible. [8.2, 8.3, 11.13]

Las medidas de eficiencia energética a través de la mejora de los diseños de vehículos y motores tienen el mayor potencial para la reducción de emisiones a corto plazo (*nivel de confianza alto*). Las mejoras potenciales de la eficiencia energética y del rendimiento de los vehículos se sitúan entre el 30% y el 50% en relación a 2010 en función de la modalidad de transporte y el tipo de vehículo (figuras RT.21, RT.22). La consecución de este potencial de eficiencia dependerá de grandes inversiones por los fabricantes de vehículos, lo que tal vez precisa fuertes incentivos y políticas reguladoras a fin de lograr los objetivos de reducción de las emisiones de GEI (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [8.3, 8.6, 8.9, 8.10]

La transformación de las modalidades de transporte y los hábitos, influida por nuevas infraestructuras y el (re)desarrollo urbano, puede contribuir a la reducción de las emisiones procedentes del transporte (*evidencia media, nivel de acuerdo bajo*). A medio plazo (hasta 2030) y largo plazo (hasta 2050 y posteriormente), el redesarrollo urbano y las inversiones en nuevas infraestructuras, junto con una planificación urbana integrada, el desarrollo orientado al tránsito y una forma urbana más compacta que apoye el uso de la bicicleta y los desplazamientos a pie pueden dar lugar a transformaciones modales. Las medidas de mitigación de esa índole plantean dificultades, tienen resultados inciertos y podrían reducir las emisiones de GEI procedentes del transporte entre un 20% y 50% respecto del nivel de referencia (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*). Las estrategias de fijación de precios, cuando cuentan con el apoyo de iniciativas aceptadas por el público e infraestructuras de

transporte público y no motorizadas, pueden reducir la demanda de viajes, aumentar la demanda de vehículos más eficientes (p. ej., allí donde existen normas de economía relativas al combustible), e inducir un cambio hacia modalidades con bajas emisiones de carbono (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Si bien las inversiones de infraestructura tal vez parezcan caras en los márgenes, los argumentos a favor de la planificación urbana sostenible y la adopción de políticas conexas se ven reforzados cuando se tienen en cuenta los cobeneficios, como la mejora de la salud, la accesibilidad y la resiliencia (cuadro RT.5). Se han puesto en marcha iniciativas comerciales para descarbonizar el transporte de carga, pero será preciso un mayor apoyo por parte de las políticas fiscales, regulatorias y de asesoramiento para alentar el cambio pasando de modalidades por carretera a modalidades con bajas emisiones de carbono como las opciones ferroviarias o por agua cuando sea posible, así como la mejora de la logística (figura RT.22). [8.4, 8.5, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10]

Los estudios sectoriales e integrados coinciden en que las intervenciones normativas sustanciales, sostenidas y dirigidas podrían limitar las emisiones procedentes del transporte con arreglo a los objetivos de baja concentración, pero los costos de mitigación sociales (dólares de Estados Unidos/tCO₂eq evitados) siguen siendo inciertos (figuras RT.21, RT.22, RT.23). Hay buenas posibilidades de reducir las emisiones procedentes de los vehículos ligeros y los vehículos pesados de largo recorrido mediante vehículos con una menor intensidad energética y la sustitución de combustible, y los costos nivelados del carbono conservado para la mejora de la eficiencia pueden ser muy bajos y negativos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*). El transporte ferroviario, los autobuses, las motocicletas de dos ruedas y las embarcaciones de carga ya tienen emisiones relativamente bajas, de modo que su potencial de reducción de emisiones es limitado. El costo actual de mitigación de los vehículos eléctricos es alto, especialmente si utiliza electricidad de red con un factor de emisiones elevado, pero se prevé que sus costos nivelados del carbono conservado disminuyan para 2030. La intensidad de las emisiones de la aviación podría disminuir alrededor de un 50% en 2030, pero los costos nivelados del carbono conservado, si bien son inciertos, probablemente asciendan a más de 100 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq. Si bien se prevé que los costos de mitigación disminuyan en el futuro, la magnitud de esas reducciones es incierta (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*). [8.6, 8.9]

Los obstáculos relativos a la descarbonización del transporte para todas las modalidades difieren entre regiones pero pueden superarse, en parte, mediante incentivos económicos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Los obstáculos financieros, institucionales, culturales y legales limitan la adopción de tecnología con bajas emisiones de carbono y el cambio de hábitos. Entre ellos figuran los elevados costos de inversión necesarios para construir sistemas de transporte con bajas emisiones de carbono, la lentitud de la rotación de existencias e infraestructura, y el impacto limitado de un precio del carbono a combustibles derivados del petróleo que ya están sujetos a fuertes gravámenes. Las diferencias regionales se deben probablemente a limitaciones en los costos y las políticas. Las

Transporte de pasajeros

Tecnologías disponibles comercialmente en la actualidad y previstas en el futuro (2030)

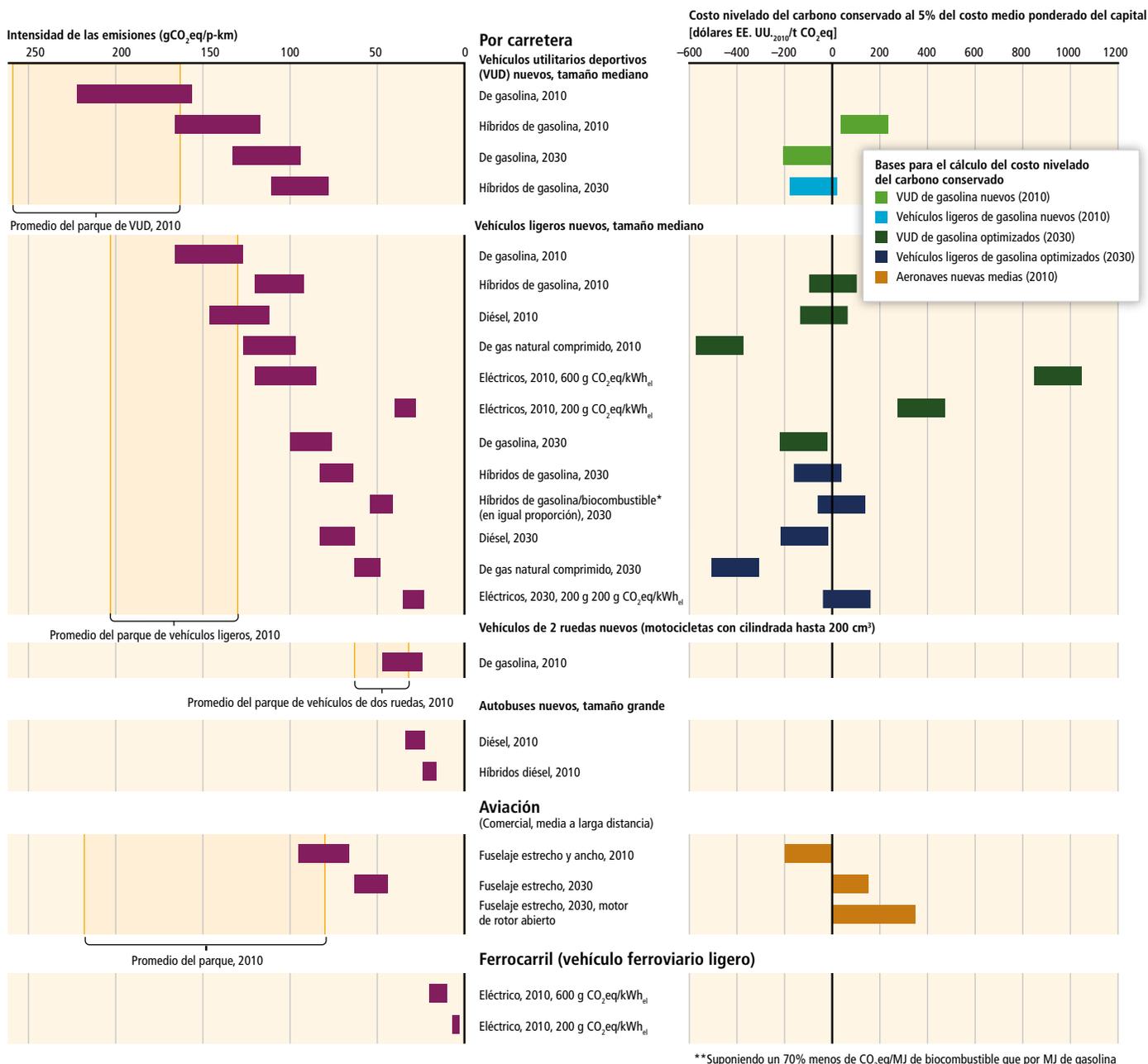


Figura RT.21 | Intensidad indicativa de emisiones (tCO₂eq/persona-km) y costos nivelados del carbono conservado (en dólares de Estados Unidos₂₀₁₀/tCO₂eq ahorrados) de varias tecnologías de transporte de pasajeros. Las variaciones en la intensidad de las emisiones se deben a la variación de las eficiencias de los vehículos y las tasas de ocupación. Las estimaciones del costo nivelado del carbono conservado para las opciones de transporte de pasajeros por carretera son estimaciones de punto ±100 dólares de Estados Unidos₂₀₁₀/tCO₂eq sobre la base de estimaciones centrales de parámetros de entrada que son muy sensibles a hipótesis (p. ej., mejora concreta en el ahorro de combustible para vehículos hasta 2030, intensidad concreta de CO₂eq de los biocombustibles, el costo de los vehículos, y el precio del combustible). Se obtienen respecto de distintas referencias (véase la clave para los códigos de colores), por lo que deben interpretarse en función de ello. Las estimaciones para 2030 se basan en proyecciones de estudios recientes, pero siguen siendo intrínsecamente inciertas. Los costos nivelados del carbono conservado para la aviación se toman directamente de los estudios publicados. El cuadro 8.3 proporciona información adicional (véanse el anexo III.3 para datos e hipótesis sobre la intensidad de las emisiones y cálculos de costos, y el anexo II.3.1 para cuestiones metodológicas sobre la medición del costo nivelado). [cuadro 8.3]

Transporte de carga

Tecnologías disponibles comercialmente en la actualidad y previstas en el futuro (2030)

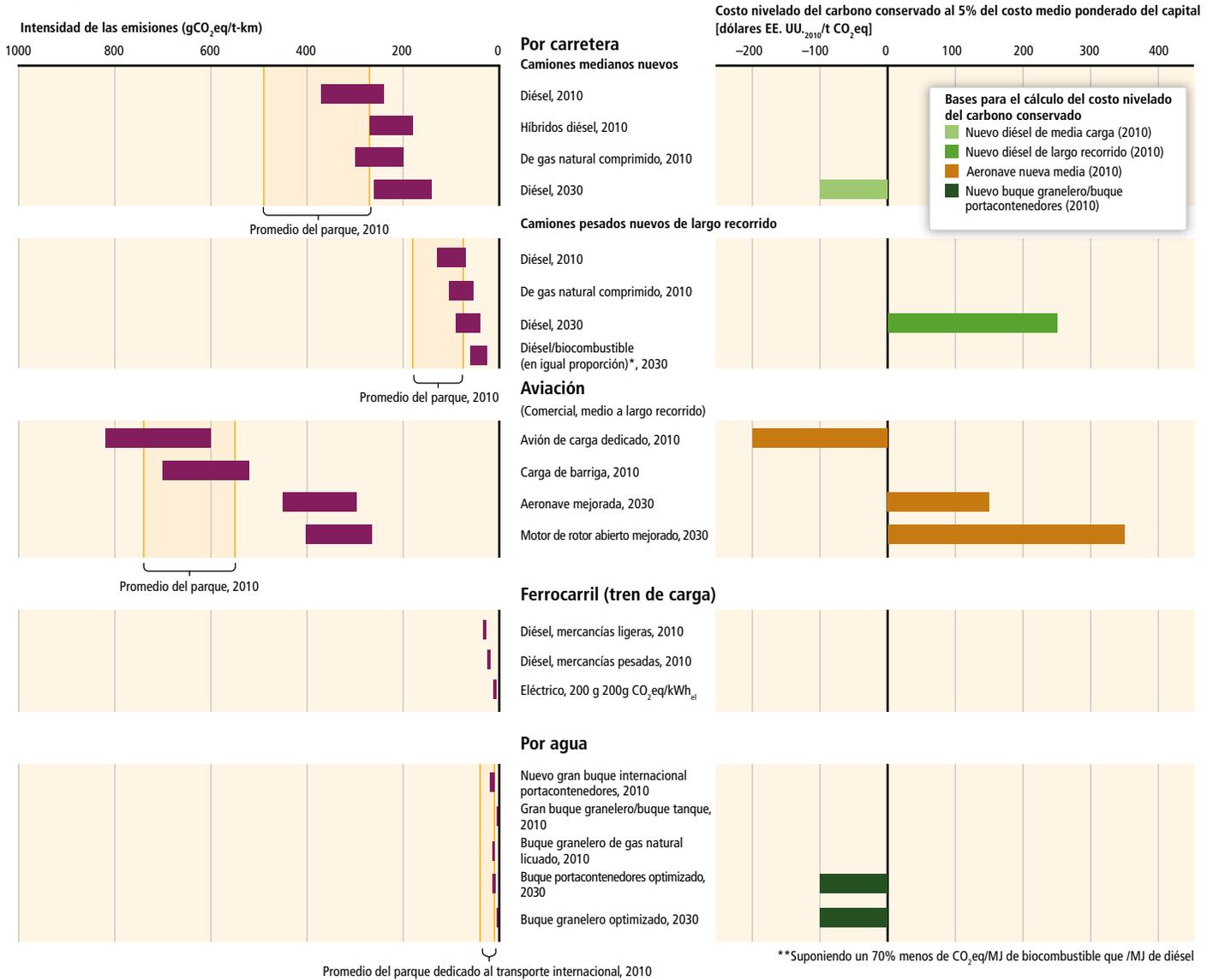


Figura RT.22 | Intensidad indicativa de emisiones (tCO₂eq/tonelada-km) y costos nivelados del carbono conservado (en dólares de Estados Unidos₂₀₁₀/tCO₂eq ahorrados) de varias tecnologías de transporte de carga. Las variaciones en la intensidad de las emisiones se deben principalmente a la variación de las eficiencias de los vehículos y las tasas de carga. Los costos nivelados del carbono conservado se toman directamente de los estudios publicados y son muy sensibles a hipótesis (p. ej., mejora concreta en el ahorro de combustible para vehículos hasta 2030, intensidad concreta de CO₂eq de los biocombustibles, el costo de los vehículos y el precio del combustible). Se expresan en relación con las tecnologías de referencia actuales (véase la clave para los códigos de colores), por lo que deben interpretarse en función de ello. Las estimaciones para 2030 se basan en proyecciones de estudios recientes, pero siguen siendo intrínsecamente inciertas. El cuadro 8.3 proporciona información adicional (véanse el anexo III.3 para datos e hipótesis sobre la intensidad de las emisiones y cálculos de costos, y el anexo II.3.1 para cuestiones metodológicas sobre la medición del costo nivelado). [cuadro 8.3]

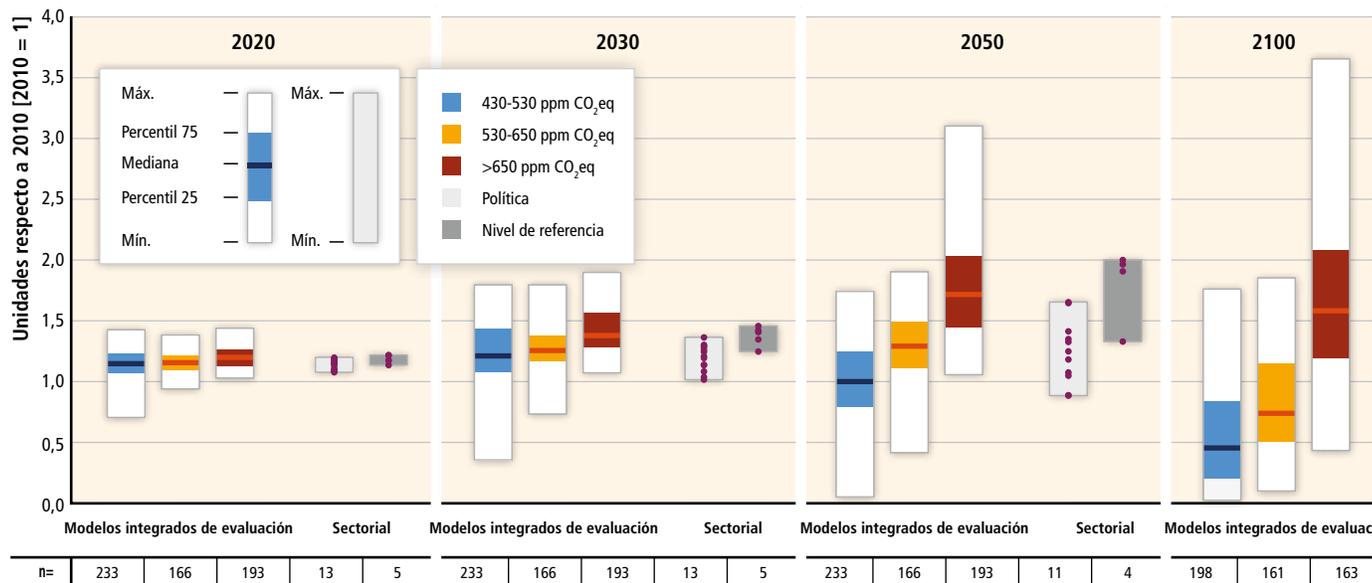


Figura RT.23 | Las emisiones globales directas de CO₂ procedentes de todo el transporte de pasajeros y carga se indizan con respecto a valores de 2010 para cada escenario con estudios de modelos integrados agrupados por niveles de concentración de CO₂eq para 2100, y estudios sectoriales agrupados por nivel de referencia y categorías de políticas. [figura 8.9]

Cuadro RT.5 | Sinopsis de posibles cobeneficios (flechas verdes) y efectos colaterales adversos (flechas naranjas) de las principales medidas de mitigación en el sector del transporte; las flechas en dirección ascendente o descendente denotan un efecto positivo o negativo en el objetivo o cuestión respectiva; un signo de interrogación (?) denota un efecto neto incierto. Los cobeneficios y efectos colaterales adversos dependen de circunstancias locales y de la práctica, el ritmo y la escala de aplicación. Para posibles efectos previos de la electricidad baja en carbono, véase el cuadro RT.4. Para posibles efectos previos del suministro de biomasa, véase el cuadro RT.8. Para una evaluación de los efectos macro-económicos intersectoriales asociados con las políticas de mitigación (p. ej., en los precios de la energía, el consumo, el crecimiento y el comercio), véanse, por ejemplo, las secciones 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 y 14.4.2. Los calificadores de incertidumbre entre paréntesis denotan el nivel de evidencia y acuerdo sobre los efectos respectivos (véase RT.1). Abreviaturas para la evidencia: l=limitada, m=media, s=sólida; y para el nivel de acuerdo: b=bajo, m=medio, a=alto. [cuadro 8.4]

Transporte	Efectos en objetivos o cuestiones adicionales		
	Económicos	Sociales	Ambientales
Reducción de la intensidad de carbono de los combustibles: electricidad, hidrógeno (H₂), gas natural comprimido, biocombustibles y otros combustibles	↑ Seguridad energética (diversificación, menor dependencia del petróleo y exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m) ↑ Efectos de derrame tecnológico (p. ej., tecnología de baterías para productos electrónicos de consumo) (l/b)	? Impacto en la salud por medio de la contaminación del aire urbano por Gas natural comprimido, biocombustibles: el efecto neto no está claro (m/b) ↓ Electricidad, H ₂ : reducción de la mayoría de contaminantes (s/a) ↑ Cambio a diésel: aumento potencial de la contaminación (l/m) ↓ Impacto en la salud por medio de la reducción del ruido (vehículos ligeros eléctricos y con células de combustible) (l/m) ↓ Seguridad vial (vehículos ligeros eléctricos silenciosos a baja velocidad) (l/b)	↓ Impacto de la electricidad y el hidrógeno en el ecosistema por medio de Contaminación del aire urbano (m/m) ↑ Uso de materiales (extracción insostenible de recursos mineros) (l/b) ? Impacto de los biocombustibles en el ecosistema: véase AFOLU
Reducción de la intensidad energética	↑ Seguridad energética (menor dependencia del petróleo y exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m)	↓ Impacto en la salud por medio de una menor contaminación del aire urbano (s/a) ↑ Seguridad vial (por medio de una mayor resistencia contra choques) (m/m)	↓ Impacto en el ecosistema y la biodiversidad por medio de una menor contaminación del aire urbano (m/a)
Forma urbana compacta e infraestructura de transporte mejorada Cambio modal	↑ Seguridad energética (menor dependencia del petróleo y exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m) ↑ Productividad (menor congestión urbana y duración del trayecto, transporte asequible y accesible) (m/a) ? Oportunidades de empleo en el sector del transporte público respecto a la fabricación de coches (l/m)	↓ Impacto en la salud para modalidades no motorizadas por medio de Mayor actividad física (s/a) ↑ Mayor exposición potencial a la contaminación atmosférica (s/a) ↓ Ruido (cambio modal y reducción de viajes) (s/a) ↑ Acceso equitativo a oportunidades de empleo debido a la movilidad, en particular en países en desarrollo (s/a) ↑ Seguridad vial (mediante cambio modal o infraestructura para peatones y ciclistas) (s/a)	↓ Impacto en el ecosistema mediante Contaminación del aire urbano (s/a) ↓ Competencia por el uso del suelo (m/m)
Reducción de la distancia y eliminación de los desplazamientos	↑ Seguridad energética (menor dependencia del petróleo y exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (s/a) ↑ Productividad (menor congestión urbana, duración del trayecto, desplazamientos a pie) (s/a)	↓ Impacto en la salud (para modalidades de transporte no motorizadas) (s/a)	↓ Ecosystem impact via Contaminación del aire urbano (s/a) ↑ Rutas de navegación nuevas o más cortas (s/a) ↓ Competencia por el uso del suelo por parte de la infraestructura de transporte (s/a)



tendencias del precio del petróleo, los instrumentos de fijación del precio de las emisiones de GEI y otras medidas como la fijación de tasas por el uso de las carreteras y las tasas aeroportuarias pueden ofrecer fuertes incentivos económicos a los consumidores para adoptar medidas de mitigación. [8.8]

Existen diferencias regionales en las trayectorias de mitigación del transporte con grandes oportunidades para configurar sistemas de transporte e infraestructura en torno a opciones con bajas emisiones de carbono, en particular en los países en desarrollo y países emergentes, donde tendrá lugar la mayor parte del crecimiento urbano futuro (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las posibles trayectorias de transformación varían entre regiones y países debido a las diferencias en la dinámica de la motorización, la antigüedad y el tipo de vehículos del parque automotor, la infraestructura existente y los procesos de desarrollo urbano. La priorización de infraestructura para peatones, la integración de servicios no motorizados y de transporte, y la gestión de la velocidad excesiva en carreteras para los viajeros urbanos y rurales pueden crear cobeneficios económicos y sociales en todas las regiones. Para todas las economías, especialmente aquellas con altas tasas de crecimiento urbano, las inversiones en sistemas de transporte público e infraestructura con bajas emisiones de carbono pueden evitar el condicionante de modalidades intensivas en carbono. La infraestructura establecida puede limitar las opciones de transformación modal y dar lugar a una mayor dependencia de tecnologías de vehículos avanzados; ya es evidente que se está produciendo una ralentización del crecimiento en la demanda de vehículos ligeros en algunos países de la OCDE (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [8.4, 8.9]

Serán necesarias diversas políticas sólidas y complementarias para que se descarbonice el sector del transporte y para que se aprovechen los cobeneficios (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las estrategias de mitigación del transporte asociadas a políticas más amplias no relacionadas con el clima a todos los niveles de gobierno generalmente pueden abordar varios objetivos simultáneamente para obtener costos de viaje menores, mejorar el acceso y la movilidad, mejorar la salud, aumentar la seguridad, incluida la seguridad energética, y lograr ahorros de tiempo. Las medidas de reducción de actividades ofrecen el mayor potencial para lograr cobeneficios. La obtención de cobeneficios depende del contexto regional en lo que respecta a la viabilidad económica, social y política, así como el acceso a tecnologías avanzadas costo-efectivas y adecuadas (cuadro RT.5) (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Puesto que el efecto rebote puede reducir los beneficios relativos al CO₂ de las mejoras de eficiencia y socavar una política concreta, la formulación de un conjunto equilibrado de políticas, incluidas iniciativas de fijación de precios, podría ayudar a lograr señales estables de precios, evitar resultados imprevistos y mejorar el acceso, la movilidad, la productividad, la seguridad y la salud (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [8.4, 8.7, 8.10]

RT.3.2.4 Edificios

Las emisiones de GEI procedentes del sector de los edificios¹⁵ se han duplicado con creces desde 1970 y constituyeron el 19% de las emisiones globales de GEI en 2010, incluidas las emisiones indirectas procedentes de la generación de electricidad. La proporción se eleva al 25% si se excluyen del total las emisiones procedentes de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). El sector de los edificios también representó el 32% del total del uso final global de la energía, aproximadamente un tercio de las emisiones de carbono negro, y entre una octava y tercera parte de los gases fluorados, con un nivel considerable de incertidumbre (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.3). [9.2]

Según las proyecciones, las emisiones directas e indirectas de CO₂ de los edificios aumentarán de 8,8 GtCO₂/año en 2010 a entre 13 y 17 GtCO₂/año en 2050 (percentiles 25 a 75; rango completo 7,9 a 22 GtCO₂/año) en los escenarios de referencia; la mayoría de los escenarios de referencia evaluados en el GTIII IE5 muestran un aumento considerable (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.15) [6.8]. En el margen inferior del rango completo predominan escenarios centrados en mejoras de la intensidad energética que van más allá de las mejoras observadas en los últimos 40 años. Sin la adopción de políticas adicionales, el uso final de la energía del sector de los edificios tal vez aumente de unos 120 exajulios al año (EJ/año) en 2010 a 270 EJ/año en 2050. [9.9]

Existen considerables riesgos relativos a condicionantes asociados a largos ciclos de vida de los edificios y la infraestructura conexa (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Si solo se aplican las políticas planificadas actualmente, el uso final de la energía en edificios que podría tener un efecto condicionante en 2050, en comparación con un escenario en el que los edificios con las mejores prácticas actuales se convierten en la norma en las estructuras nuevas y las reconversiones, equivaldría a aproximadamente el 80% del uso final de la energía del sector de los edificios en 2005. [9.4]

Las mejoras en la riqueza, cambios en los estilos de vida, el acceso a servicios modernos de energía y viviendas adecuadas y la urbanización impulsarán el aumento de la demanda de energía de los edificios (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El modo en que aquellos sin acceso a viviendas adecuadas (unos 800 millones de personas), vectores energéticos modernos y niveles suficientes de servicios energéticos, incluidas instalaciones limpias de cocina y calefacción (unos 3 000 millones de personas), satisfagan esas necesidades influirá en la evolución de las emisiones relacionadas con los edificios. Además, la migración a las ciudades, la reducción del tamaño de los hogares, el aumento de los niveles de riqueza y los cambios en los estilos de vida, incluidos el aumento del tamaño de las viviendas y el

¹⁵ El sector de los edificios abarca los sectores residencial, comercial, público y de servicios; las emisiones de la construcción se contabilizan en el sector de la industria.

Recuadro RT.12 | Costos privados negativos de la mitigación

Una cuestión constante en el análisis de las opciones y costos de la mitigación es determinar si hay oportunidades de mitigación que son beneficiosas a nivel privado, generando beneficios privados que compensan con creces los costos de implementación, pero que los consumidores y las empresas no adoptan voluntariamente. Hay alguna evidencia de oportunidades de mitigación no aprovechadas que tendrían un costo privado negativo. Posibles ejemplos de ello incluyen inversiones en vehículos [8.1], tecnología de iluminación y calefacción en hogares y edificios comerciales [9.3], y procesos industriales [10.1].

Los ejemplos de costos privados negativos implican que las empresas y los particulares no aprovechan oportunidades para ahorrar dinero. Ello puede explicarse de diversas maneras. Una es que la tendencia a la inercia puede inhibir la adopción de nuevas tecnologías o productos [2.4, 3.10.1]. Otra es que las empresas y particulares tal vez centren su atención en objetivos a corto plazo y desestimen claramente costos y beneficios futuros; se ha comprobado que los consumidores actúan así al elegir medidas

de conservación de energía o invertir en tecnologías de eficiencia energética [2.4.3, 2.6.5.3, 3.10.1]. La aversión al riesgo o la aversión a la ambigüedad tal vez expliquen también este comportamiento cuando los resultados son inciertos [2.4.3, 3.10.1]. Otras posibles explicaciones son: información insuficiente sobre oportunidades para conservar energía; información asimétrica, por ejemplo, los propietarios tal vez sean incapaces de transmitir el valor de las mejoras de la eficiencia energética a los arrendatarios; la división de incentivos, donde una parte sufraga una inversión pero otra parte se beneficia de ello; y los mercados crediticios imperfectos, debido a los cuales resulta difícil o caro obtener financiación para medidas de ahorro energético [3.10.1, 16.4].

Varios estudios de ingeniería muestran un gran potencial para la mitigación de costo negativo. El grado en que esas oportunidades de costo negativo pueden hacerse realidad sigue siendo motivo de disputa en los estudios publicados. La evidencia empírica arroja resultados mixtos. [recuadro 3.10]

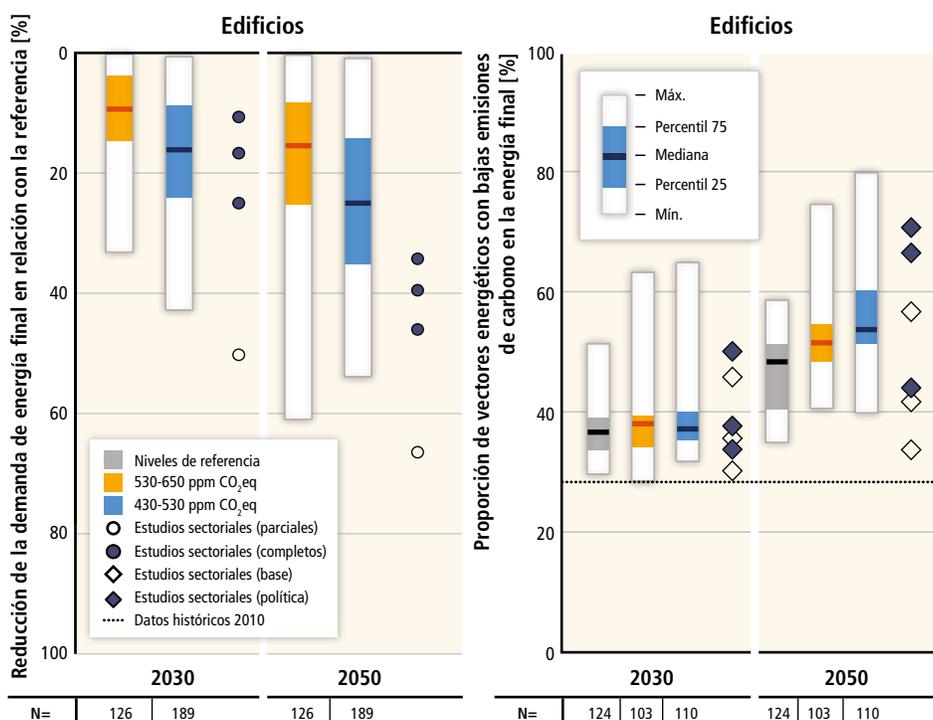


Figura RT.24 | Reducción de la demanda de energía final en relación con el escenario de referencia (gráfico de la izquierda) y desarrollo de la proporción final de los vectores energéticos con bajas emisiones de carbono en la energía final (procedente de la electricidad; gráfico de la derecha) en los edificios para 2030 y 2050 en escenarios de mitigación de tres rangos distintos de concentración de CO₂,eq que figuran en los diagramas de caja (véase la sección 6.3.2) en comparación con los estudios sectoriales que se muestran como formas evaluados en el capítulo 9. Los círculos sólidos corresponden a estudios sectoriales con cobertura sectorial completa, mientras que los círculos vacíos corresponden a estudios con cobertura sectorial parcial solamente (p. ej., calefacción y refrigeración). [figuras 6.37 y 6.38]

número y uso de electrodomésticos, contribuyen a aumentos considerables en la demanda de servicios energéticos de los edificios. El volumen sustancial de nuevas construcciones en los países en desarrollo representa tanto un riesgo como una oportunidad desde la perspectiva de la mitigación. [9.2, 9.4, 9.9]

Sin embargo, los recientes avances tecnológicos, conocimientos técnicos y políticas en el sector de los edificios hacen factible que el uso final global total de la energía por el sector se establezca o incluso disminuya para mediados de siglo (evidencia sólida, nivel de acuerdo medio). Los recientes avances tecnológicos, prácticas de diseño y conocimientos técnicos, junto con cambios en el comportamiento, pueden lograr una reducción de las necesidades energéticas de entre dos y diez veces en edificios nuevos y una reducción de entre dos y cuatro veces en los edificios existentes, principalmente de manera eficaz en función del costo o a veces incluso con un costo negativo neto (véase el recuadro RT.12) (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). [9.6]

Los avances desde el IE4 incluyen la demostración generalizada en todo el mundo de edificios con un consumo energético cero neto o muy bajo, tanto en nuevas construcciones como en los reequipamientos (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). En algunas jurisdicciones, esos edificios ya han logrado una importante cuota de mercado con, por ejemplo, más de 25 millones m² de superficie de suelo de edificios en Europa que cumplían la norma 'Passivehouse' en 2012. No obstante, los edificios con cero consumo energético o emisiones de carbono tal vez no sean siempre la mejor solución en cuanto a costos, o tal vez no sean factibles en determinados tipos de edificios y emplazamientos. [9.3]

Los reequipamientos de alto rendimiento son estrategias de mitigación clave en países con un parque inmobiliario existente, ya que los edificios tienen una vida muy larga y ya existe una gran parte de los edificios de países desarrollados en 2050 (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Se han logrado reducciones del uso de energía para calefacción y refrigeración de entre un 50% y un 90% mediante el uso de mejores prácticas. Hay evidencia sólida que

Cuadro RT.6 | Sinopsis de posibles cobeneficios (flechas verdes) y efectos colaterales adversos (flechas naranjas) de las principales medidas de mitigación en el sector de los edificios; las flechas en dirección ascendente o descendente denotan un efecto positivo o negativo en el objetivo o cuestión respectiva. Los cobeneficios y efectos colaterales adversos dependen de circunstancias locales y de la práctica, el ritmo y la escala de aplicación. Para posibles efectos previos de la sustitución de combustible y la energía renovable, véanse los cuadros RT.4 y RT.8. Para una evaluación de los efectos macroeconómicos intersectoriales asociados con las políticas de mitigación (p. ej., en los precios de la energía, el consumo, el crecimiento y el comercio), véanse, por ejemplo, las secciones 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 y 14.4.2. Los calificadores de incertidumbre entre paréntesis denotan el nivel de evidencia y acuerdo sobre los efectos respectivos (véase RT.1). Abreviaturas para la evidencia: l=limitada, m=media, s=sólida; y para el nivel de acuerdo: b=bajo, m=medio, a=alto. [cuadro 9.7]

Edificios	Efecto en objetivos o cuestiones adicionales			
	Económico	Social	Ambiental	De otro tipo
Sustitución de combustible, incorporación de fuentes de energía renovable, tejados verdes, y otras medidas para reducir la intensidad de las emisiones de GEI	↑ Seguridad energética (m/a) ↑ Impacto en el empleo (m/m) ↑ Menor necesidad de subsidios a la energía (l/b) ↑ Valor de los activos de los edificios (l/m)	↓ Pobreza de combustible (residencial) mediante Demanda energética (m/a) ↑ Costo energético (l/m) ↓ Acceso a la energía (por mayor costo energético) (l/m) ↑ Tiempo productivo para mujeres y niños (respecto a la sustitución de cocinas tradicionales) (m/a)	↓ Impacto en la salud en edificios residenciales mediante Contaminación del aire exterior (s/a) ↓ Contaminación del aire interior (en países en desarrollo) (s/a) ↓ Pobreza de combustible (s/a) ↓ Impacto en el ecosistema (menor contaminación atmosférica al aire libre) (s/a) ↑ Biodiversidad urbana (para tejados verdes) (m/m)	Menor efecto de isla de calor urbana (l/m)
Reequipamiento de edificios existentes (p. ej., tejado refrigerante, tecnología solar pasiva, etc.) Nuevos edificios ejemplares Equipo eficiente	↑ Seguridad energética (m/a) ↑ Impacto en el empleo (m/m) ↑ Productividad (para edificios comerciales) (m/a) ↑ Menor necesidad de subsidios energéticos (l/b) ↑ Valor de los activos de los edificios (l/m) ↑ Resiliencia ante desastres (l/m)	↓ Pobreza de combustible (para reequipamientos y equipo eficiente) (m/a) ↓ Acceso a la energía (mayor costo de la vivienda debido a las inversiones necesarias) (l/m) ↑ Bienestar térmico (para reequipamientos y nuevos edificios ejemplares) (m/a) ↑ Tiempo productivo para mujeres y niños (respecto a la sustitución de cocinas tradicionales) (m/a)	↓ Impacto en la salud mediante contaminación atmosférica al aire libre (s/a) ↓ Contaminación del aire en espacios cerrados (para cocinas eficientes) (s/a) ↓ Mejores condiciones ambientales en espacios cerrados (m/a) ↓ Pobreza de combustible (s/a) ↓ Ventilación insuficiente (m/m) ↓ Impacto en el ecosistema (menor contaminación atmosférica al aire libre) (s/a) ↓ Consumo de agua y producción de aguas residuales (l/b)	Menor efecto de isla de calor urbana (para reequipamientos y nuevos edificios ejemplares) (l/m)
Cambios en la conducta que reduzcan la demanda de energía	↑ Seguridad energética (m/a) ↑ Menor necesidad de subsidios energéticos (l/b)		↓ Impacto en la salud mediante una menor contaminación atmosférica al aire libre (s/a) y mejores condiciones ambientales en espacios cerrados (m/a) ↓ Impacto en el ecosistema (menor contaminación atmosférica al aire libre) (s/a)	



muestra que la construcción y los reequipamientos con un uso muy bajo de energía pueden ser atractivos desde un punto de vista económico. [9.3]

Con políticas ambiciosas es posible mantener constante o reducir considerablemente el uso energético global de los edificios para mediados de siglo frente a los escenarios de referencia, que prevén que este aumente en más del doble (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.24). Los estudios detallados del sector de los edificios indican un mayor potencial de ahorro energético para 2050 que el que indican los estudios integrados. Los primeros indican un potencial de hasta el 70% del nivel de referencia para calefacción y refrigeración solamente, y de entre el 35% y 45% para todo el sector. En general, es posible lograr mayores reducciones en los usos de la energía térmica que en otros servicios energéticos que dependen principalmente de la electricidad. Con respecto a la sustitución de combustible adicional frente al nivel de referencia, los estudios tanto sectoriales como integrados encuentran oportunidades modestas. En general, los estudios sectoriales e integrados indican que la electricidad atenderá una cuota cada vez mayor de la demanda energética de los edificios a largo plazo, especialmente si la demanda de calefacción disminuye debido a una combinación de ganancias en eficiencia, mejores construcciones y el cambio climático. [6.8.4, 9.8.2, figura 9.19]

El historial de programas de eficiencia energética en edificios muestra que se ha dispuesto de entre un 25% y 30% de mejoras de eficiencia a costos sustancialmente menores que los del suministro energético marginal (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El progreso tecnológico permite mantener el potencial de mejoras costo-efectivas de eficiencia energética, a pesar de la mejora continua de normas. Se han logrado avances sustanciales en la adopción de normas voluntarias y obligatorias desde el IE4, incluidos ambiciosos códigos y metas para edificios, normas voluntarias de construcción y normas para electrodomésticos. Al mismo tiempo, tanto en edificios nuevos como reequipados, así como en electrodomésticos y equipo tecnológico relativo a la información, la comunicación y los medios, ha habido notables mejoras en el rendimiento y los costos. Es posible lograr importantes reducciones en el uso de energía térmica en edificios a costos inferiores a los del suministro energético marginal; entre las opciones más eficaces en función del costo figuran edificios comerciales nuevos con un rendimiento muy alto; lo mismo cabe decir para las mejoras de la eficiencia en algunos electrodomésticos y equipo de cocina. [9.5, 9.6, 9.9]

Cambios en el estilo de vida y la cultura y cambios de otro tipo en el comportamiento pueden dar lugar a importantes reducciones adicionales en las necesidades energéticas de edificios y electrodomésticos más allá de las que pueden lograrse mediante la tecnología y la arquitectura. Se ha demostrado una diferencia de entre tres y cinco veces en el uso energético para la prestación de niveles similares de servicios energéticos relacionados con edificios (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Para los países desarrollados, los escenarios indican que los cambios

en el estilo de vida y el comportamiento podrían reducir la demanda energética hasta un 20% a corto plazo y hasta un 50% de los niveles actuales para mediados de siglo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Hay un riesgo elevado de que los países emergentes sigan el mismo camino que las economías desarrolladas en lo que respecta a la arquitectura, el estilo de vida y el comportamiento relacionados con los edificios. No obstante, los estudios publicados sugieren que existen trayectorias de desarrollo alternativas que proporcionan altos niveles de servicios relacionados con los edificios con insumos energéticos muy inferiores, incorporando estrategias como los conocimientos de los estilos de vida, la arquitectura y técnicas de construcción tradicionales. [9.3]

La mayoría de las opciones de mitigación en el sector de los edificios tienen cobeneficios considerables y diversos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Entre ellos figuran la seguridad energética; una menor necesidad de subsidios para la energía; beneficios para la salud y el medio ambiente (debido a una menor contaminación atmosférica en espacios cerrados y al aire libre); ganancias en productividad y empleo neto; el alivio de la pobreza de combustible; menores gastos energéticos; mayor valor de la infraestructura de edificios; y mayor comodidad y servicios (cuadro RT.6). [9.6, 9.7]

Existen obstáculos especialmente fuertes en este sector que dificultan la incorporación por los mercados de tecnologías y prácticas costo-efectivas; como consecuencia de ello, los programas y la regulación son más eficaces que los instrumentos de fijación de precios (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Los obstáculos incluyen la información incompleta y la falta de conciencia, problemas relacionados con el representado y el representante y otros incentivos divididos, los costos de transacción, la falta de acceso a la financiación, la formación insuficiente en todos los oficios relacionados con la construcción, y obstáculos cognitivos y de comportamiento. En los países en desarrollo, el gran sector informal, los subsidios a la energía, la corrupción, las elevadas tasas implícitas de descuento, y los niveles insuficientes de servicio son obstáculos adicionales. Por tanto, no se prevé que las fuerzas de mercado por sí solas logren la transformación necesaria sin estímulos externos. Es fundamental una intervención normativa que aborde todas las etapas del ciclo de vida y uso de los edificios y electrodomésticos, además de nuevos modelos empresariales y financieros. [9.8, 9.10]

En el IE4 ya se señaló un amplio conjunto de políticas de eficiencia energética para edificios, pero se han producido nuevos avances considerables en los instrumentos disponibles y su implementación desde entonces (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). La evidencia muestra que muchas políticas de eficiencia energética para edificios en todo el mundo ya han ahorrado emisiones de GEI a costos negativos importantes. Entre las políticas con mayor eficacia ambiental y más costo-efectivas figuran instrumentos regulatorios como las normas y etiquetas sobre rendimiento energético para edificios y electrodomésticos, así como programas de liderazgo en el ámbito público y políticas de adquisiciones. Los progresos en los códigos

gos de edificación y normas de electrodomésticos en algunos países desarrollados a lo largo del último decenio han contribuido a estabilizar o incluso reducir el uso energético total de los edificios, a pesar del aumento de la población, la riqueza y la correspondiente demanda de servicios energéticos. Los países en desarrollo también han adoptado distintas políticas eficaces, entre las que cabe destacar las normas para electrodomésticos. No obstante, para alcanzar objetivos climáticos ambiciosos, esas normas deben fortalecerse y adoptarse de forma sustancial en otras jurisdicciones, y aplicarse a otros tipos de edificios y electrodomésticos. Debido a las mayores necesidades de capital, los instrumentos financieros son esenciales en los países desarrollados y en desarrollo para lograr importantes reducciones en el uso energético. [9.10]

RT.3.2.5 Industria

En 2010 el sector de la industria constituyó alrededor del 28% del uso final de la energía, y las emisiones directas e indirectas de GEI (estando estas últimas asociadas al consumo de electricidad) fueron mayores que las emisiones procedentes de los sectores de uso final de los edificios o el transporte y representaron poco más del 30% de las emisiones globales de GEI en 2010 (el porcentaje asciende al 40% si se excluyen del total las emisiones procedentes de AFOLU) (*nivel de confianza alto*). A pesar de

la reducción del porcentaje correspondiente a la industria en el PIB global, las emisiones de GEI procedentes de la industria y los desechos y aguas residuales a nivel global crecieron de 10 GtCO₂eq en 1990 a 13 GtCO₂eq en 2005 y a 15 GtCO₂eq en 2010 (de las cuales los desechos y las aguas residuales representaron 1,4 GtCO₂eq). [10.3]

Las proyecciones indican que las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la industria, incluidas las emisiones directas e indirectas así como las emisiones de los procesos, aumentarán de 13 GtCO₂/año en 2010 a entre 20 y 24 GtCO₂/año en 2050 (percentiles 25 a 75; rango completo 9,5 a 34 GtCO₂/año) en los escenarios de referencia; la mayoría de los escenarios de referencia evaluados en el GTIII IE5 muestran un aumento considerable (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.15) [6.8]. En el margen inferior del rango completo predominan escenarios centrados en mejoras de la intensidad energética que van más allá de las mejoras observadas en los últimos 40 años.

La modernización, la incorporación y el despliegue a gran escala de las mejores tecnologías disponibles, en particular en países en que estas no se aplican, y en industrias sin intensidad energética, podrían reducir directamente la intensidad energética del sector de la industria en alrededor del 25 % con respecto al nivel actual (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). A pesar de que en la industria se presta atención desde hace mucho tiempo a

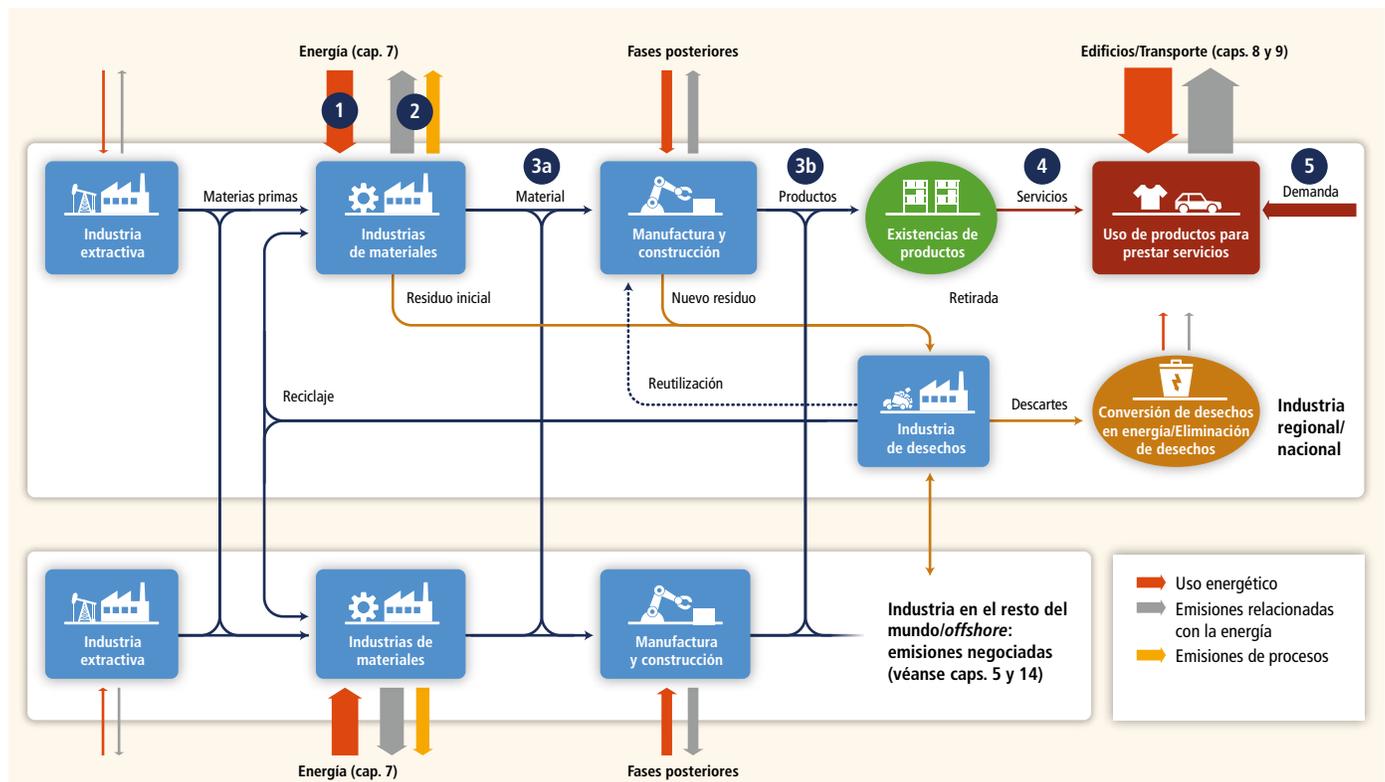


Figura RT.25 | Ilustración esquemática de la actividad industrial a lo largo de la cadena de suministro. Las opciones para la mitigación en el sector de la industria se indican mediante números en círculos: 1) eficiencia energética; 2) eficiencia de las emisiones; 3a) eficiencia del material en la manufactura; 3b) eficiencia del material en el diseño de productos; 4) eficiencia producto-servicio; 5) reducción de la demanda de servicios. [figura 10.2]

la intensidad energética, siguen existiendo muchas opciones para su mejora. Mediante la innovación, tal vez puedan obtenerse reducciones adicionales de alrededor del 20% de la intensidad energética (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Los obstáculos para implementar la eficiencia energética están relacionados principalmente con los costos iniciales de inversión y la falta de información. Los programas de información son un enfoque extendido para promover la eficiencia energética, seguidos de instrumentos económicos, enfoques regulatorios y medidas voluntarias. [10.4, 10.7, 10.9, 10.11]

Una reducción absoluta de las emisiones del sector de la industria requerirá el despliegue de un conjunto amplio de opciones de mitigación que vayan más allá de las medidas de eficiencia energética (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) [10.4, 10.7]. En el contexto del crecimiento general continuo de la demanda industrial, la reducción sustancial por parte del sector requerirá esfuerzos paralelos para aumentar la eficiencia de las emisiones (p. ej., mediante la sustitución de combustible o materias primas, o la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)); la eficiencia del uso de materiales (p. ej., menos residuos o diseño de nuevos productos); el reciclaje y la reutilización de materiales y productos; la eficiencia producto-servicio (p. ej., un uso más intensivo de productos mediante el uso compartido de coches o una vida útil más larga de los productos); profundas innovaciones de productos (p. ej., alternativas al cemento); así como la reducción de la demanda de servicios. La falta de políticas y expe-

riencias en cuanto a la eficiencia de materiales y producto-servicio son obstáculos importantes (cuadro RT.3, figura RT.25). [10.4, 10.7, 10.11]

Mientras que los estudios detallados del sector de la industria tienden a ser más conservadores que los estudios integrados, ambos identifican posibles ahorros en la demanda de energía final industrial de alrededor del 30% para 2050 en escenarios de mitigación en los que no se superen 650ppm CO₂eq en 2100 respecto a los escenarios de referencia (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.26). Por lo general, los modelos integrados tratan el sector de la industria de modo más agregado y no suelen presentar explícitamente flujos de materiales subsectoriales detallados, opciones para reducir la demanda de materiales, y posibilidades de sustitución entre insumos inducidas por los precios. Debido al carácter heterogéneo del sector de la industria, sigue siendo difícil realizar una comparación coherente entre estudios sectoriales e integrados. [6.8.4, 10.4, 10.7, 10.10.1, figura 10.14]

La mitigación en el sector de la industria también puede lograrse reduciendo la demanda de material y combustibles fósiles mediante la mejora del uso de los desechos, lo que reduce simultáneamente las emisiones directas de GEI procedentes de la eliminación de desechos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). La jerarquía de la gestión de desechos sitúa la reducción de desechos en primer lugar, seguida de la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía. Puesto que la proporción de mate-

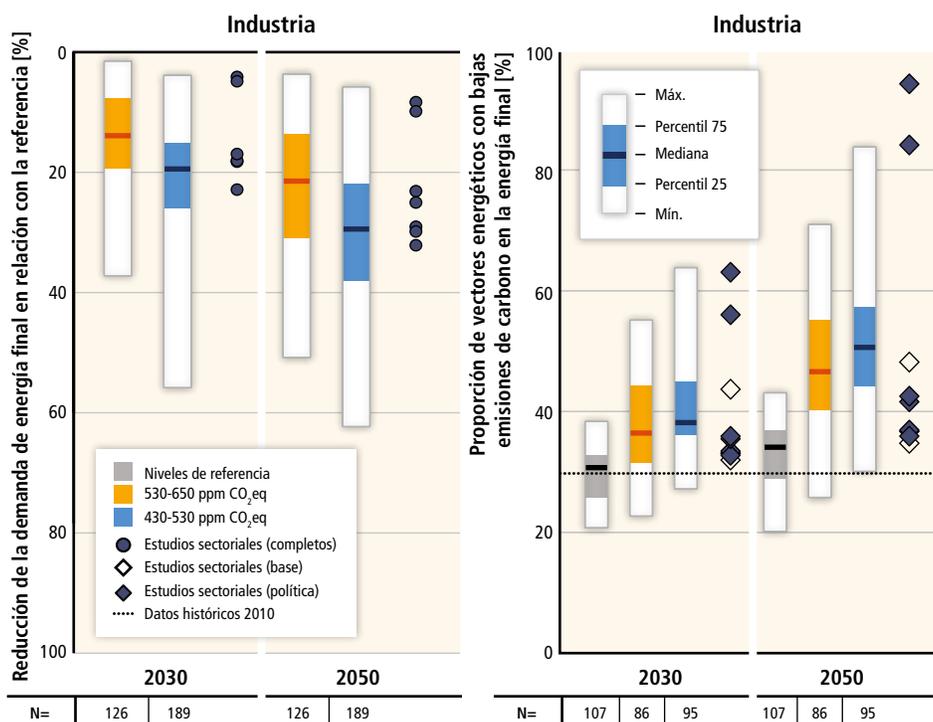


Figura RT.26 | Reducción de la demanda de energía final en relación con el escenario de referencia (gráfico de la izquierda) y desarrollo de la proporción final de vectores energéticos con bajas emisiones de carbono en la energía final (incluidos la electricidad, el calor, el hidrógeno y la bioenergía; gráfico de la derecha) en la industria para 2030 y 2050 en escenarios de mitigación de tres rangos distintos de concentración de CO₂eq que figuran en los diagramas de caja (véase la sección 6.3.2) en comparación con los estudios sectoriales que se muestran como formas evaluados en el capítulo 10. Los círculos sólidos corresponden a estudios sectoriales con cobertura sectorial completa. [figuras 6.37 y 6.38]

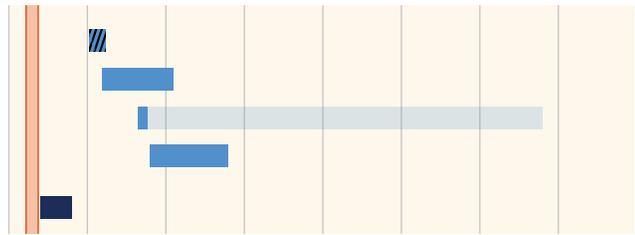
RT

Escenarios que alcanzan 450 ppm CO₂eq en modelos integrados para 2100



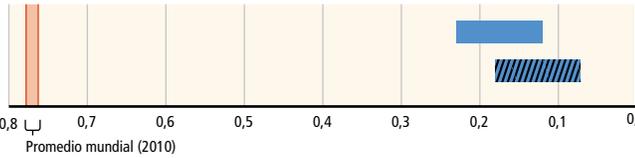
Promedio mundial, 2030
Promedio mundial, 2050

Tecnologías comerciales disponibles actualmente

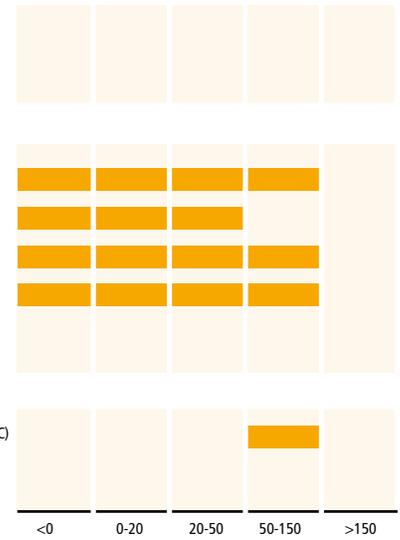


Mejores prácticas de intensidad energética
Mejores prácticas de sustitución de clínker
Mejoras en mezcla de combustible no eléctrico
Mejores prácticas de intensidad energética y sustitución de clínker combinadas
Descarbonización del suministro eléctrico

Tecnologías en etapa precomercial

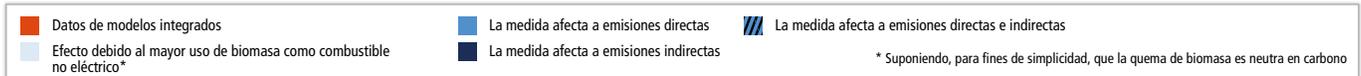


Captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)
CAC y suministro eléctrico plenamente descarbonizado combinados



Intensidad de las emisiones [tCO₂/t cemento]

Costo indicativo del carbono conservado [dólares EE. UU.₂₀₁₀/tCO₂]

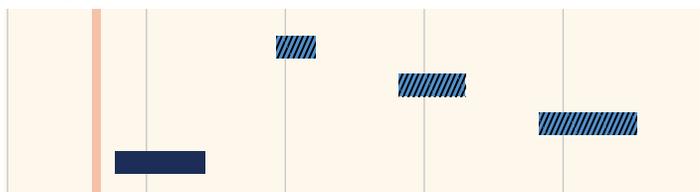


Escenarios que alcanzan 450 ppm CO₂eq en modelos integrados para 2100



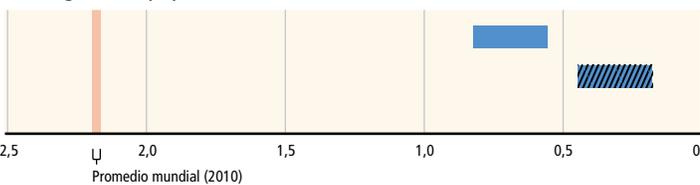
Promedio mundial, 2030
Promedio mundial, 2050

Tecnologías comerciales disponibles actualmente

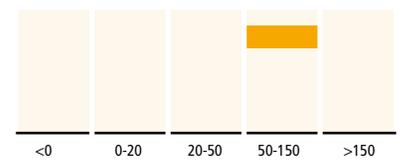


Ruta avanzada de altos hornos
Ruta de gas natural para hierro obtenido por reducción directa
Horno de arco basado en desechos
Descarbonización del suministro eléctrico

Tecnologías en etapa precomercial



CAC
CAC y suministro eléctrico plenamente descarbonizado combinados



Intensidad de las emisiones [tCO₂/t acero bruto]

Costo indicativo del carbono conservado [dólares EE. UU.₂₀₁₀/tCO₂]

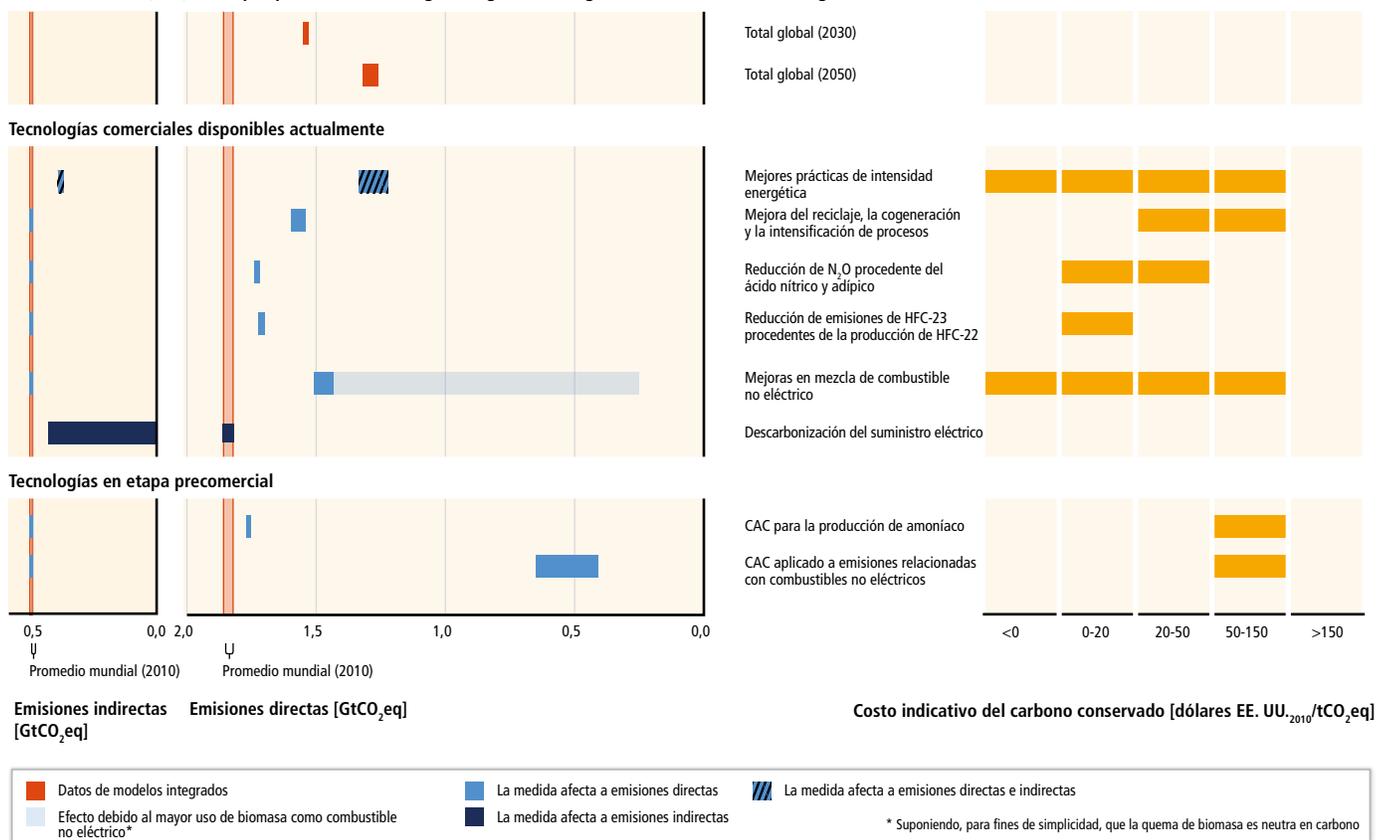


Figura RT.27 | Intensidades indicativas de emisiones de CO₂ para la producción de cemento (gráfico superior) y acero (gráfico inferior), así como costo nivelado indicativo del carbono conservado para diversas prácticas y tecnologías de producción y para escenarios que alcanzan 450 ppm CO₂eq con respecto a una selección limitada de modelos integrados (para datos y metodología, véase el anexo III). [figuras 10.7, 10.8]

rial reciclado o reutilizado es aún baja, la aplicación de tecnologías de tratamiento de desechos y la recuperación de energía para reducir la demanda de combustibles fósiles pueden dar lugar a reducciones de emisiones directas procedentes de la eliminación de desechos. A nivel global, solo alrededor del 20% de desechos sólidos urbanos se reciclan y alrededor del 14% se tratan con métodos de recuperación

de energía, mientras que el resto se deposita en vertederos abiertos o cubiertos. Alrededor del 47% de las aguas residuales procedentes de los sectores nacionales y de manufactura sigue sin tratarse. La mayor variación de costos corresponde a la reducción de las emisiones de GEI procedentes de la descarga en vertederos mediante el tratamiento de los desechos por digestión anaerobia. Los costos se sitúan entre

Escenario de 2 °C (E2G) de las perspectivas de tecnología energética del Organismo Internacional de Energía



Escenario de 2 °C (E2G) de las perspectivas de tecnología energética del Organismo Internacional de Energía

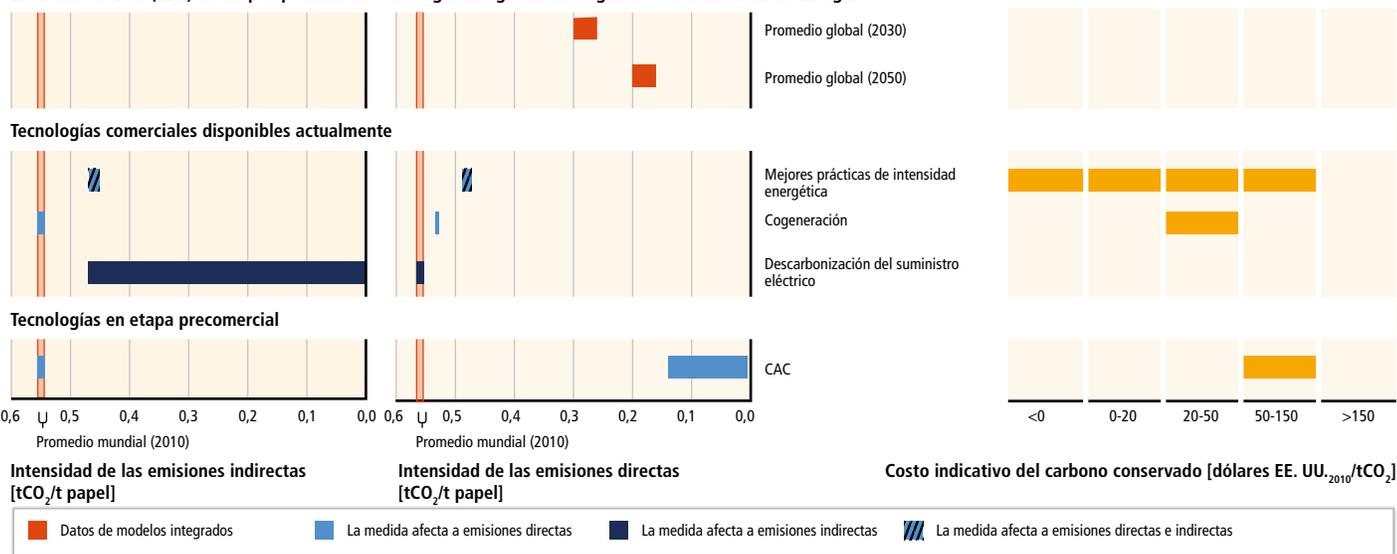


Figura RT.28 | Emisiones globales indicativas de CO₂eq para la producción de sustancias químicas (gráfico superior) e intensidad de las emisiones globales indicativas de CO₂ para la producción de papel (gráfico inferior), así como costo nivelado indicativo del carbono conservado para diversas prácticas y tecnologías de producción y para escenarios de 450 ppm CO₂eq respecto a una selección limitada de modelos integrados (para datos y metodología, véase el anexo III). [figuras 10.9, 10.10]

RT

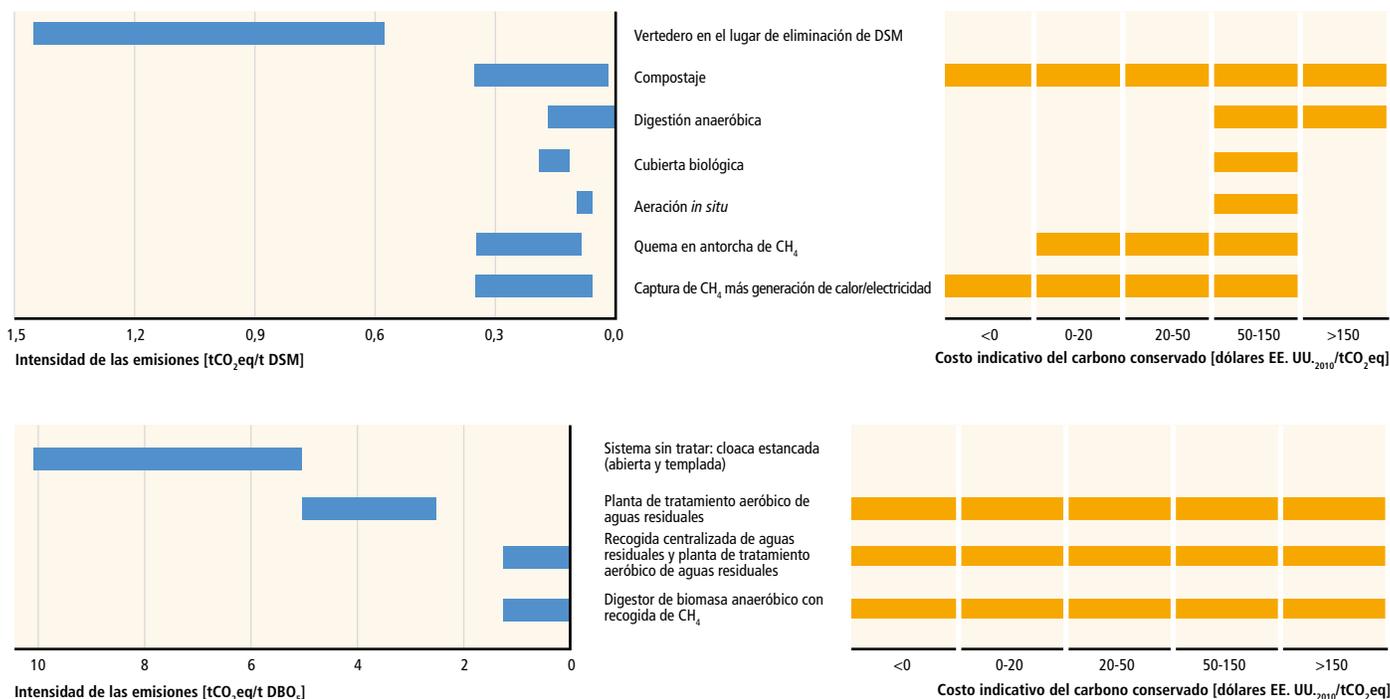


Figura RT.29 | Intensidad de las emisiones de CO₂eq indicativas para desechos (gráfico superior) y aguas residuales (gráfico inferior) de diversas prácticas, así como costo nivelado indicativo del carbono conservado (para datos y metodología, véase el anexo III). DBO: demanda bioquímica de oxígeno; DSM: desechos sólidos urbanos. [figuras 10.19 y 10.20]

valores negativos y muy altos (véase el cuadro RT.12). Las tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales tal vez contribuyan a reducir las emisiones de GEI en el tratamiento de aguas residuales, pero se agrupan entre las opciones con un costo más elevado (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (figura RT.29). [10.4, 10.14]

Las políticas y los reglamentos relativos a los desechos han tenido una gran influencia en el consumo de materiales, pero pocas políticas se han centrado específicamente en la eficiencia de los materiales o la eficiencia producto-servicio (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) [10.11]. Los obstáculos que impiden mejorar la eficiencia de los materiales incluyen una falta de capacidad humana e institucional que aliente decisiones ejecutivas y la participación pública. Además, falta experiencia y a menudo no hay incentivos claros para los suministradores o los consumidores para tratar de mejorar la eficiencia producto-servicio o de materiales, o para reducir la demanda de productos. [10.9]

Las emisiones de CO₂ predominan entre las emisiones de GEI procedentes de la industria, pero también existen oportunidades sustanciales de mitigación para gases distintos del CO₂ (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y los gases fluorados procedentes de la industria representaron un nivel de emisiones de 0,9 GtCO₂eq en 2010. Entre las oportunidades de mitigación clave figuran, por ejemplo, la reducción de las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) mediante la reparación de fugas, la recuperación de refrigerantes y el reciclaje, y la adecuada eliminación y sustitución por otros refrigerantes (amoníaco, hidrocarburos, CO₂). Las emi-

siones de N₂O procedentes de la producción de ácido adípico y nítrico pueden reducirse mediante la aplicación de métodos de destrucción térmica y catalizadores secundarios. La reducción de GEI distintos del CO₂ también se enfrenta a numerosos obstáculos. La falta de conciencia, la falta de incentivos económicos y la falta de tecnologías comerciales disponibles (p. ej., para el reciclaje e incineración de HFC) son ejemplos típicos. [cuadro 10.2, 10.7]

Los enfoques sistémicos y las actividades colaborativas entre empresas (grandes industrias de alto consumo energético y pequeñas y medianas empresas) y sectores pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las tecnologías intersectoriales como los motores eficientes, y medidas intersectoriales como la reducción de fugas de aire o vapor, contribuyen a optimizar el rendimiento de los procesos industriales y mejoran la eficiencia de las plantas muy a menudo de manera costo-efectiva, con ahorros de energía y beneficios relativos a las emisiones. Las agrupaciones industriales también contribuyen a la mitigación, en particular de las pequeñas y medianas empresas. [10.4] La cooperación y la colaboración intersectorial a diferentes niveles, por ejemplo, el uso compartido de infraestructura, información, calor residual, refrigeración, etc., tal vez ofrezca una posible mitigación adicional en algunas regiones y tipos de industria [10.5].

Existen varias opciones de reducción de emisiones en el sector industrial que son rentables y costo-efectivas (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Si bien existen opciones en rangos de costos de 0 a 20 y de 20 a 50 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq e incluso por

Cuadro RT.7 | Sinopsis de posibles cobeneficios (flechas verdes) y efectos colaterales adversos (flechas naranjas) de las principales medidas de mitigación en el sector de la industria; las flechas en dirección ascendente o descendente denotan un efecto positivo o negativo en el objetivo o cuestión respectiva. Los cobeneficios y efectos colaterales adversos dependen de circunstancias locales y de la práctica, el ritmo y la escala de aplicación. Para posibles efectos previos del suministro de energía con bajas emisiones de carbono (incluye CAC), véase el cuadro RT.4. Para posibles efectos previos del suministro de biomasa, véase el cuadro RT.8. Para una evaluación de los efectos macroeconómicos intersectoriales asociados con las políticas de mitigación (p. ej., en los precios de la energía, el consumo, el crecimiento y el comercio), véanse, por ejemplo, las secciones 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 y 14.4.2. Los calificadores de incertidumbre entre paréntesis denotan el nivel de evidencia y acuerdo sobre los efectos respectivos (véase RT.1). Abreviaturas para la evidencia: l=limitada, m=media, s=sólida; y para el nivel de acuerdo: b=bajo, m=medio, a=alto. [cuadro 10.5]

Industria	Efecto en objetivos o cuestiones adicionales		
	Económico	Social	Ambiental
Reducción de la intensidad de las emisiones de GEI, CO₂ y distintos del CO₂	↑ Competitividad y productividad (m/a)	↓ Impacto en la salud mediante la reducción de la contaminación atmosférica local y mejores condiciones de trabajo (para perfluorocarbonos procedentes del aluminio) (m/m)	↓ Impacto en el ecosistema mediante la reducción de la contaminación atmosférica local y la reducción de la contaminación del agua (m/m) ↑ Conservación de recursos hídricos (l/m)
Mejoras técnicas de eficiencia energética mediante nuevos procesos y tecnologías	↑ Seguridad energética (mediante menor intensidad energética) (m/m) ↑ Impacto en el empleo (l/b) ↑ Competitividad y productividad (m/a) ↑ Efectos de derrame tecnológico en países en desarrollo (debido a vínculos en la cadena de suministro) (l/b)	↓ Impacto en la salud mediante la reducción de la contaminación local (l/m) ↑ Nuevas oportunidades comerciales (m/m) ↑ Disponibilidad y calidad del agua (l/b) ↑ Seguridad, condiciones de trabajo y satisfacción laboral (m/m)	Impacto en el ecosistema mediante: ↓ Extracción de combustibles fósiles (l/b) ↓ Contaminación y desechos locales (m/m)
Eficiencia material de bienes, reciclaje	↓ Ingresos nacionales por impuestos en las ventas a medio plazo (l/b) ↑ Impacto en el empleo en el mercado de reciclaje de desechos (l/b) ↑ Competitividad en la manufactura (l/b) ↑ Nueva infraestructura para agrupaciones industriales (l/b)	↓ Impactos en la salud y cuestiones de seguridad (l/m) ↑ Nuevas oportunidades comerciales (m/m) ↓ Conflictos locales (menor extracción de recursos) (l/m)	↓ Impacto en el ecosistema mediante la reducción de la contaminación del aire y agua local y la eliminación de materiales de desecho (m/m) ↓ Uso de materias primas y recursos naturales vírgenes que implica la reducción de la minería insostenible de recursos (l/b)
Reducción de la demanda de productos	↓ Ingresos nacionales por impuestos en las ventas a medio plazo (l/b)	↑ Bienestar mediante diversas opciones de estilos de vida (l/b)	↓ Desechos posteriores al consumo (l/b)

debajo de 0 dólares/tCO₂eq, la consecución de niveles de intensidad de las emisiones próximos a cero en el sector de la industria requeriría la implementación adicional de opciones que implican un cambio considerable a largo plazo (p. ej., CAC), que se asocian a mayores costos nivelados del carbono conservado del orden de 50 a 150 dólares/tCO₂eq. No se dispone de estimaciones de costos similares para la implementación de estrategias de eficiencia de materiales, eficiencia producto-servicio y de reducción de la demanda de servicios. En cuanto a las opciones a largo plazo, algunas medidas en sectores concretos permiten reducciones considerables en emisiones concretas de GEI, pero tal vez no sean aplicables a escala, por ejemplo, la producción de hierro y acero a base de chatarra. La electricidad descarbonizada puede desempeñar una función importante en algunos subsectores (p. ej., productos químicos, pulpa y papel, y aluminio), pero tendrá un impacto limitado en otros (p. ej., cemento, hierro y acero, y desechos). En general, los costos de mitigación varían a nivel regional y dependen de las condiciones de cada lugar (figuras RT.27, RT.28, RT.29). [10.7]

Las medidas de mitigación suelen asociarse a cobeneficios (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Los cobeneficios incluyen una mayor competitividad mediante la reducción de costos, nuevas oportunidades comerciales, un mejor cumplimiento de las normas medioambientales, beneficios para la salud gracias a una mejor calidad del aire y el agua locales y mejores condiciones laborales, y la reducción de residuos,

lo cual brinda múltiples beneficios privados y sociales indirectos (cuadro RT.7). [10.8]

No existe una política que pueda abordar todo el conjunto de medidas de mitigación a disposición de la industria y superar los obstáculos conexos. A menos que se resuelvan los obstáculos a la mitigación en la industria, el ritmo y el alcance de la mitigación en la industria se verán limitados, e incluso seguirán sin aprovecharse medidas rentables (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). [10.9, 10.11]

RT.3.2.6 Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo

Desde el IE4, las emisiones de GEI procedentes del sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) se han estabilizado, pero la proporción de emisiones antropógenas totales de GEI ha disminuido (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). El flujo total anual medio de GEI del sector AFOLU fue de entre 10 y 12 GtCO₂eq en 2000-2010, con emisiones globales de 5,0 a 5,8 GtCO₂eq/año procedentes de la agricultura de promedio y alrededor de 4,3 a 5,5 GtCO₂eq/año procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo. Las emisiones de gases distintos del CO₂ provienen principalmente de la agricultura, donde predominan las emisiones de N₂O procedentes de los suelos agrícolas y las emisiones de CH₄ proce-

dentes de la fermentación entérica del ganado, la gestión del estiércol y las emisiones de los arrozales, y ascendieron a un total de 5,0 a 5,8 GtCO₂e/año en 2010 (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). En los últimos años, la mayoría de las estimaciones de flujos de CO₂ procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) indican una disminución de las emisiones, debido principalmente a las menores tasas de deforestación y a la mayor forestación (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio). Los niveles absolutos de emisiones procedentes de la deforestación y la degradación han disminuido de 1990 a 2010 (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Durante ese mismo período de tiempo, las emisiones totales de los países de ingresos altos disminuyeron, mientras que las de los países de bajos ingresos aumentaron. En general, en las emisiones de AFOLU de países de ingresos altos predominan las actividades agrícolas, mientras que en las de los países de bajos ingresos predominan la deforestación y la degradación. [figura 1.3, 11.2]

Según las proyecciones, las emisiones de referencia anuales de CO₂ de AFOLU disminuirán con el tiempo, con la posibilidad de que las emisiones netas se reduzcan a menos de la mitad del nivel de 2010 para 2050, y la posibilidad de que el sector AFOLU pase a ser un sumidero neto antes de fin de siglo. No obstante, la incertidumbre en las emisiones netas históricas de AFOLU es mayor que para otros sectores, y existen incertidumbres adicionales en las emisiones netas de referencia proyectadas de AFOLU (evidencia media, nivel de acuerdo alto) (figura RT.15) [6.3.1.4, 6.8, figura 6.5]. Al igual que en el IE4, la mayoría de las proyecciones sugieren la disminución de emisiones netas anuales de CO₂ a largo plazo. En parte, ello se debe a cambios tecnológicos, así como a la disminución de las tasas proyectadas de expansión de las zonas agrícolas relacionada con la ralentización prevista del crecimiento demográfico. No obstante, a diferencia del IE4, ninguno de los escenarios más recientes proyecta un crecimiento a corto plazo. También hay un rango de variación un tanto más amplio posteriormente durante el siglo, y algunos modelos proyectan un sumidero neto más sólido a partir de 2050 (evidencia limitada, nivel de acuerdo

medio). Se han documentado pocas proyecciones de emisiones globales de referencia de N₂O y CH₄ relacionadas con los suelos, que indican un aumento a lo largo del tiempo. De forma acumulativa, las proyecciones indican que las emisiones de CH₄ de los suelos representarán del 44% al 53% del total de emisiones de CH₄ hasta 2030, y del 41% al 59% hasta 2100, y las emisiones de N₂O de los suelos representarán del 85% al 89% y del 85% al 90%, respectivamente (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio). [11.9]

Entre las oportunidades de mitigación en el sector AFOLU figuran opciones de mitigación en el lado de la oferta y la demanda (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Las medidas en el lado de la oferta incluyen la reducción de emisiones procedentes del cambio del uso del suelo, en particular la reducción de la deforestación, y la gestión de las tierras y el ganado, el aumento de las reservas de carbono mediante el secuestro en suelos y la biomasa, o la sustitución de combustibles fósiles por biomasa para la producción de energía (cuadro RT.3). Las nuevas tecnologías del lado de la oferta no evaluadas en el IE4, como el biocarbón o productos de la madera para materiales de construcción de alto consumo energético, podrían contribuir al potencial de mitigación del sector AFOLU, pero existen escasos estudios que permitan realizar estimaciones sólidas. Las medidas del lado de la demanda incluyen cambios en la dieta y la reducción de desechos en la cadena de suministro de alimentos. El aumento de la producción forestal y agrícola sin un aumento proporcional de las emisiones (a saber, un componente de la intensificación sostenible; figura RT.30) también reduce la intensidad de las emisiones (a saber, las emisiones de GEI por unidad de producto), un mecanismo de mitigación escasamente documentado para AFOLU en el IE4, que podría reducir las emisiones absolutas siempre que los volúmenes de producción no aumenten. [11.3, 11.4]

Entre las medidas del lado de la oferta, las opciones de silvicultura más costo-efectivas son la forestación, la ordenación forestal sostenible y la reducción de la deforestación, con gran

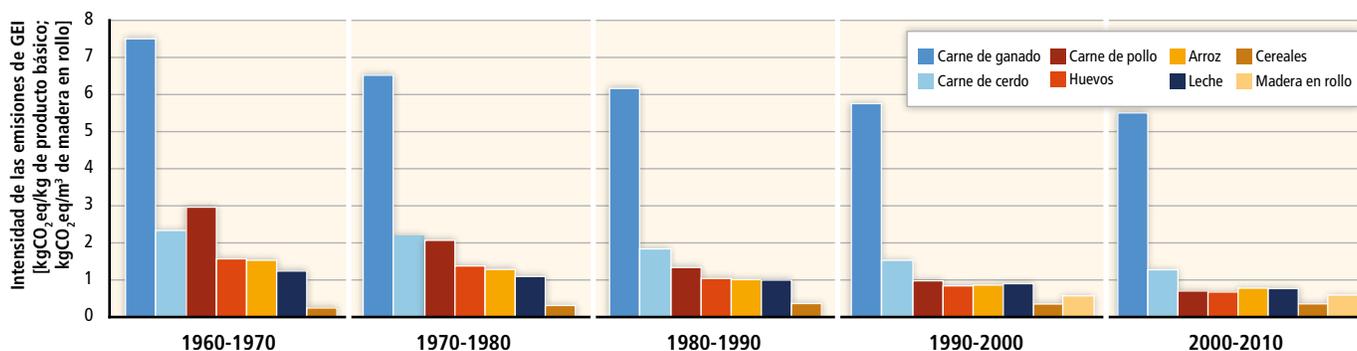


Figura RT.30 | Intensidad de las emisiones de GEI de diversos productos básicos importantes de AFOLU para las décadas de 1960 a 2000. 1) Carne de ganado, definida como GEI (fermentación entérica + gestión del estiércol del ganado, lechero y no lechero)/carne producida; 2) carne de cerdo, definida como GEI (fermentación entérica + gestión del estiércol de cerdo, mercado y cría)/carne producida; 3) carne de pollo, definida como GEI (gestión del estiércol de los pollos)/carne producida; 4) leche, definida como GEI (fermentación entérica + gestión del estiércol del ganado, lechero)/leche producida; 5) huevos, definidos como GEI (gestión del estiércol de los pollos, gallinas ponedoras)/huevos producidos; 6) arroz, definido como GEI (cultivo de arroz)/arroz producido; 7) cereales, definidos como GEI (fertilizantes sintéticos)/cereales producidos; 8) madera, definida como GEI (pérdida de carbono de la cosecha)/madera en rollo producida. [figura 11.15]

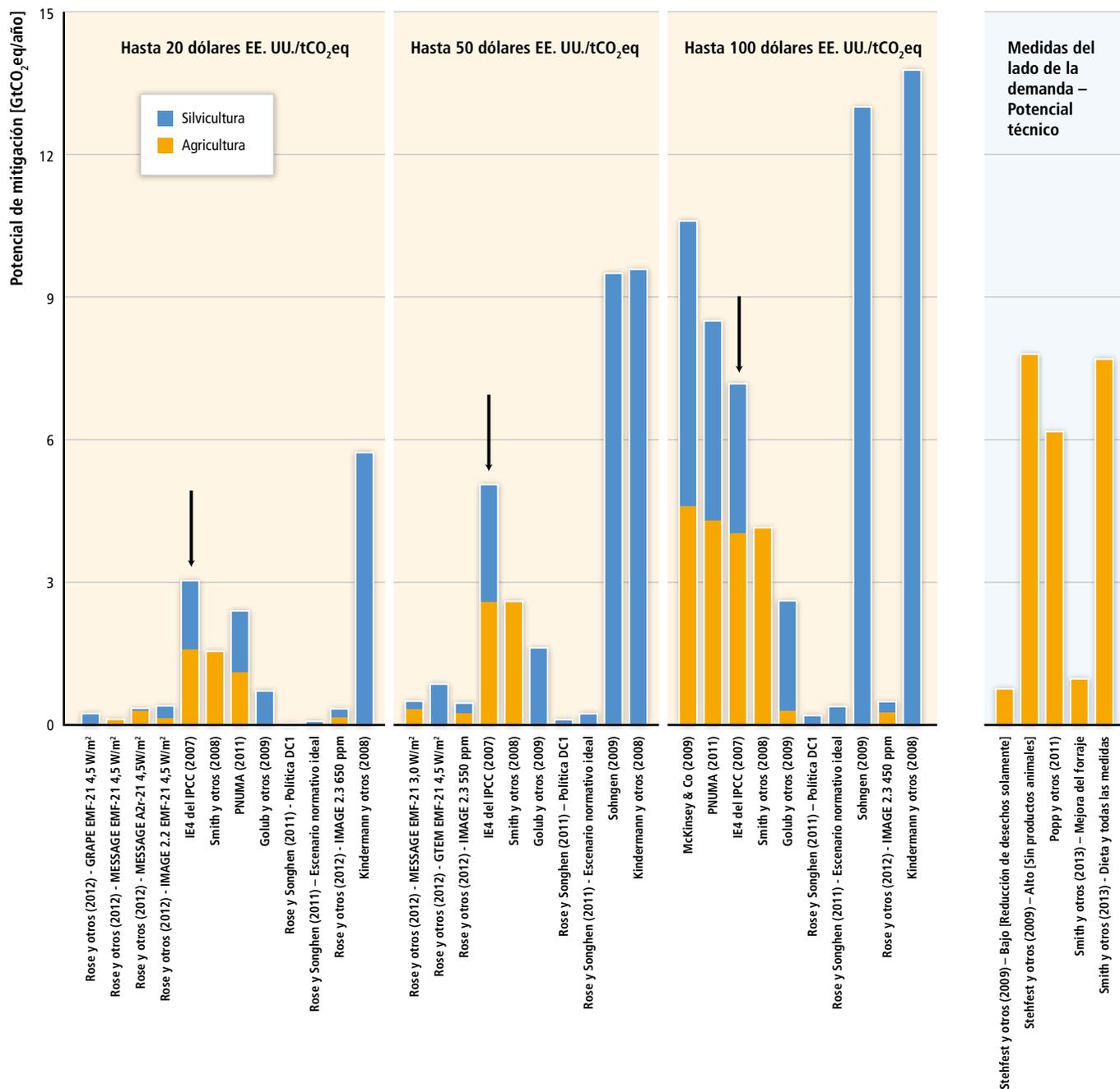


Figura RT.31 | Estimaciones de potenciales de mitigación económicos en el sector AFOLU publicadas desde el IE4 (se muestran estimaciones del IE4 a modo de comparación, en forma de flechas negras), incluidos estudios sectoriales ascendentes y estudios multisectoriales descendentes. Los potenciales de mitigación del lado de la oferta se estiman para alrededor de 2030, con un rango de 2025 a 2035, y corresponden a la agricultura, la silvicultura o a ambos sectores combinados. Los estudios se agregan para potenciales hasta ~20 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq (rango efectivo de 1,64 a 21,45), hasta ~50 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq (rango efectivo de 31,39 a 50,00), y hasta ~100 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq (rango efectivo de 70,0 a 120,91). Las medidas del lado de la demanda (que se muestran en el lado derecho de la figura) corresponden a ~2050 y no se evalúan a un precio concreto del carbono, y deberían considerarse potenciales técnicos. Los valores de Smith y otros (2013) son la media del rango. No todos los estudios examinan las mismas medidas o los mismos GEI. [11.6.2, figura 11.14]

des diferencias en su importancia relativa entre regiones; en la agricultura, los bajos precios del carbono¹⁶ (20 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq) favorecen la ordenación de las tierras de cultivo y de pastoreo y los altos precios del carbono

(100 dólares de Estados Unidos/tCO₂eq) favorecen la restauración de suelos orgánicos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Si se consideran solamente estudios que abarcan la silvicultura y la agricultura e incluyen el secuestro de carbono en suelo agrícola, el potencial de mitigación económico en el sector AFOLU se estima en 7,18 a 10,6 (rango completo de todos los estudios: 0,49 a 10,6) GtCO₂eq/año en 2030 para esfuerzos de mitigación que se ajustan a precios del carbono de hasta 100 dólares/tCO₂eq, alrededor de un ter-

¹⁶ En muchos modelos que se utilizan para evaluar los costos económicos de la mitigación, el precio del carbono se utiliza como indicador para representar el nivel de esfuerzo en las políticas de mitigación (véase el glosario).

Cuadro RT.8 | Sinopsis de posibles cobeneficios (flechas verdes) y efectos colaterales adversos (flechas naranjas) de las principales medidas de mitigación en el sector AFOLU; las flechas en dirección ascendente o descendente denotan un efecto positivo o negativo en el objetivo o cuestión respectiva. Esos efectos dependen del contexto específico (incluidos aspectos biofísicos, institucionales y socioeconómicos), así como de la escala de aplicación. Para una evaluación de los efectos macroeconómicos intersectoriales asociados con las políticas de mitigación (p. ej., en los precios de la energía, el consumo, el crecimiento y el comercio), véanse, por ejemplo, las secciones 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 y 14.4.2. Los calificadores de incertidumbre entre paréntesis denotan el nivel de evidencia y acuerdo sobre los efectos respectivos (véase RT.1). Abreviaturas para la evidencia: l=limitada, m=media, s=sólida; y para el nivel de acuerdo: b=bajo, m=medio, a=alto. [cuadros 11.9 y 11.12]

AFOLU	Efecto en objetivos o cuestiones adicionales							
	Económico	Social	Ambiental	Institucional				
<p>En la oferta: silvicultura, agricultura basada en la tierra, ganado, sistemas integrados y bioenergía (marcado con *)</p> <p>En la demanda: Menores pérdidas en la cadena de suministro de alimentos, cambios en la dieta humana, cambios en la demanda de productos de la madera y la silvicultura</p>	* ↑ ↓ ↑*	Impacto en el empleo mediante Desarrollo del espíritu empresarial (m/a) Uso de tecnologías con menor intensidad de mano de obra en la agricultura (m/m) Diversificación de fuentes de ingresos y acceso a los mercados (s/a)	↑* ↓* ↑ ↑*	Producción de cultivos alimentarios mediante sistemas integrados y la intensificación de la agricultura sostenible (s/m) Producción alimentaria (a nivel local) debido a monocultivos no alimentarios de gran escala (s/b) Hábitats culturales y zonas recreativas mediante la gestión y conservación forestal (sostenible) (m/m) Salud humana y bienestar animal, p. ej., mediante menos pesticidas, menos prácticas de quema, y prácticas como la agrosilvicultura y los sistemas silvopastorales (m/a) Salud humana al utilizar prácticas de quema (en la agricultura o bioenergía) (m/m) Equidad de género, y equidad intra- e intergeneracional mediante Participación y distribución justa de los beneficios (s/a) Concentración de beneficios (m/m)	↑ ↓* ↑* ↑ ↓ ↑ ↑	Prestación de servicios ecosistémicos mediante Conservación y gestión sostenible del ecosistema, así como agricultura sostenible (s/a) Monocultivos de gran escala (s/a) Competencia por el uso del suelo (s/m) Calidad de los suelos (s/a) Erosión (s/a) Resiliencia de los ecosistemas (m/a) Albedo y evaporación (s/a)	↑↓* ↑↓ ↑	Derechos de tenencia y uso a nivel local (para pueblos indígenas y comunidades locales), especialmente cuando se realicen actividades en bosques naturales (s/a) Acceso a mecanismos participativos para la toma de decisiones sobre la gestión del suelo (s/a) Cumplimiento de políticas vigentes para la gestión sostenible de recursos (s/a)

cio de los cuales pueden lograrse a < 20 dólares/tCO₂eq (evidencia media, nivel de acuerdo medio). El rango de estimaciones globales a un precio dado del carbono refleja en parte la incertidumbre que rodea los potenciales de mitigación de AFOLU en los estudios publicados y las hipótesis de uso de las tierras de los escenarios examinados. Las gamas de estimaciones también reflejan diferencias en los GEI y opciones examinadas en los estudios. En la figura RT.31 se muestra una comparación de estimaciones del potencial de mitigación económico en el sector AFOLU publicadas desde el IE4. [11.6]

Si bien las medidas del lado de la demanda se han investigado poco, los cambios en la dieta, la reducción de pérdidas en la cadena de suministro de alimentos y otras medidas tienen un potencial considerable, aunque incierto, para reducir las emisiones de GEI procedentes de la producción de alimentos (0,76 a 8,55 GtCO₂eq/año para 2050) (figura RT.31) (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio). Los obstáculos a la implementación son sustanciales e incluyen cuestiones relativas a los riesgos para la salud y el bienestar, y la resistencia cultural y social al cambio de comportamiento. No obstante, en países con un alto consumo de proteína animal, los cobeneficios se ven reflejados en impactos positivos para la salud derivados de cambios en la dieta (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). [11.4.3, 11.6, 11.7, 11.9]

El potencial de mitigación de AFOLU depende en gran medida de factores más amplios relacionados con políticas y pautas de uso del suelo (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Los múltiples usos posibles del suelo pueden competir entre sí o generar sinergias. Los principales obstáculos a la mitigación son institucionales (falta de tenencia y gobernanza deficiente), la accesibilidad a mecanismos de financiación, la disponibilidad de tierras y agua, y la pobreza. Por otro lado, las opciones de mitigación de AFOLU pueden promover la innovación, y muchas opciones de mitigación tecnológicas del lado de la oferta también aumentan la eficiencia de la agricultura y la silvicultura, y pueden reducir la vulnerabilidad climática mejorando la resiliencia. Los sistemas multifuncionales que permiten la prestación de múltiples servicios de las tierras tienen la capacidad de contribuir a muchos objetivos normativos además de la mitigación, como la mejora de la tenencia de la tierra, la gobernanza de los recursos naturales y la equidad [11.8] (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto). Los marcos recientes, como los destinados a evaluar los servicios ambientales o de los ecosistemas, podrían proporcionar instrumentos para valorar las múltiples sinergias y compensaciones que puedan surgir a raíz de las medidas de mitigación (cuadro RT.8) (evidencia media, nivel de acuerdo medio). [11.7, 11.8]

Las políticas que rigen las prácticas de la agricultura y la conservación y ordenación de los bosques deben tener en cuenta las necesidades de mitigación y adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Algunas opciones de mitigación en el sector AFOLU (como las reservas de carbono del suelo y forestales) tal vez sean vulnerables al cambio climático. Los incentivos económicos (p. ej., líneas de crédito especiales para la agricultura baja en carbono, prácticas de agricultura y silvicultura sostenibles, créditos negociables o el pago por los servicios ecosistémicos) y los enfoques reguladores (p. ej., el cumplimiento de la legislación medioambiental para proteger las reservas de carbono forestal reduciendo la deforestación, políticas de retirada de tierras, o el control de la contaminación del aire y el agua para reducir la carga de nitrato y las emisiones de N₂O) han sido eficaces en distintos casos. Las inversiones en investigación, desarrollo y difusión (p. ej., mayor eficiencia en el uso de los recursos (fertilizantes), mejora del ganado, o mejores prácticas de ordenación de la silvicultura) podrían generar sinergias entre la adaptación y la mitigación. Según los resultados, los casos en que se ha logrado reducir la deforestación en distintas regiones parecen combinar diferentes políticas como la planificación de tierras, enfoques regulatorios e incentivos económicos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). [11.3.2, 11.10, 11.11]

La Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD+)¹⁷ puede ser una opción normativa muy costo-efectiva para mitigar el cambio climático, si se implementa de manera sostenible (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). REDD+ incluye: la reducción de emisiones procedentes de la deforestación y la degradación forestal; la conservación de reservas de carbono forestales; la gestión sostenible de los bosques; y la mejora de las reservas de carbono forestales. Podría contribuir de manera importante a la reducción global de emisiones del sector AFOLU, especialmente reduciendo la deforestación en las regiones tropicales, con posibles cobeneficios económicos, sociales y ambientales de otro tipo. Para asegurar esos cobeneficios, la aplicación de estrategias nacionales de REDD+ debería tener en cuenta mecanismos de financiación para los interesados locales, salvaguardias (como derechos del suelo, o conservación de la biodiversidad y otros recursos naturales), y la escala y capacidad institucional adecuadas para su seguimiento y verificación. [11.10]

La bioenergía puede desempeñar una función crítica para la mitigación, pero hay que tener en cuenta cuestiones como la sostenibilidad de las prácticas y la eficiencia de los sistemas de bioenergía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo*) [11.4.4, recuadro 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. Entre los obstáculos al despliegue a gran escala de la bioenergía se incluyen cuestiones relativas a las emisiones de GEI procedentes del suelo, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, la conservación de la biodiversidad y los medios de vida.

Todavía no se ha resuelto el debate científico sobre el impacto climático general relativo a los efectos en la competencia por el uso del suelo de trayectorias específicas de bioenergía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) [11.4.4, 11.13]. Las tecnologías bioenergéticas son diversas y abarcan una amplia gama de opciones y trayectorias tecnológicas. La evidencia sugiere que las opciones que generan bajas emisiones en su ciclo de vida (p. ej., caña de azúcar, *Miscanthus*, especies arbóreas de rápido crecimiento, y uso sostenible de los residuos de la biomasa), algunas de ellas ya disponibles, pueden redundar en menores emisiones de GEI; los resultados varían en función del sitio y dependen de que los sistemas de conversión de biomasa en bioenergía estén integrados de forma eficiente y de que el uso del suelo se gestione y gobierne de forma sostenible. En algunas regiones, las opciones bioenergéticas específicas, como mejores hornos rústicos y producción de biogás y bioenergía a pequeña escala, podrían hacer que disminuyeran las emisiones de GEI y mejoraran los medios de subsistencia y la salud en el contexto del desarrollo sostenible (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [11.13]

RT.3.2.7 Asentamientos humanos, infraestructura y planificación territorial

La urbanización es una tendencia global que transforma los asentamientos humanos, las sociedades y el uso de la energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En 1900, cuando la población mundial era de 1 600 millones, solo el 13% de la población, unos 200 millones, vivía en zonas urbanas. En 2011 más del 52% de la población mundial, aproximadamente 3 600 millones, vivía en zonas urbanas. Para 2050, se prevé que la población urbana ascienda a entre 5 600 y 7 100 millones, es decir entre el 64% y el 69% de la población mundial. [12.2]

Las zonas urbanas representan más de la mitad de la utilización de la energía primaria global y de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La proporción exacta de energía urbana y emisiones de GEI varía según las definiciones y los marcos utilizados para el cálculo de emisiones. Teniendo en cuenta las emisiones directas e indirectas, las zonas urbanas son responsables de entre el 67% y 76% del uso energético global (estimación central) y entre el 71% y 76% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía. Teniendo en cuenta solamente las emisiones directas, la proporción urbana de emisiones es del 44% (figura RT.32). [12.2, 12.3]

No hay un único factor que explique las variaciones de las emisiones per cápita entre ciudades, y existen diferencias considerables en las emisiones de GEI per cápita entre ciudades de un mismo país (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las emisiones urbanas de GEI se ven influidas por diversos factores físicos, económicos y sociales, niveles de desarrollo y procesos de urbanización específicos de cada ciudad. Entre las influencias clave en las emisiones urbanas de GEI figuran los ingresos, las dinámicas demográficas,

¹⁷ Programa de las Naciones Unidas para Reducir las Emisiones Debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo, que incluye la conservación, la gestión sostenible de los bosques y la mejora de las reservas de carbono forestales.

la forma urbana, los factores de localización, la estructura económica y los fallos de mercado. El uso de energía final per cápita y las emisiones de CO₂ en ciudades de países incluidos en el anexo I tienden a ser inferiores a los de los promedios nacionales; en ciudades de países no incluidos en el anexo I, estos tienden a ser superiores. [12.3]

Aún debe construirse la mayoría de la infraestructura y las zonas urbanas (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Teniendo en cuenta tendencias en la disminución de la densidad demográfica, y el continuo crecimiento económico y demográfico, las proyecciones indican que la cubierta terrestre urbana aumentará entre el 56% y el 310% entre 2000 y 2030. Si la población mundial asciende a 9 300 millones en 2050 y los países en desarrollo amplían sus zonas edificadas e infraestructura a los niveles medios globales actuales utilizando la tecnología disponible hoy día, la producción de material de infraestructura generaría por sí sola la emisión de unas 470 GtCO₂. Actualmente, las emisiones per cápita medias de CO₂ incorporadas en la infraestructura de los países industrializados son cinco veces superiores a las de los países en desarrollo. [12.2, 12.3]

La infraestructura y la morfología urbana están estrechamente vinculadas y condicionan los patrones de uso del suelo, la elección de transporte, la vivienda y el comportamiento (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La morfología urbana y la infraestructura dan forma a la gestión del uso del suelo a largo plazo, influyen en las opciones de transporte, la vivienda y el comportamiento, y repercuten en la eficiencia de una ciudad a nivel de todo el sistema. Una vez establecidas, la morfología urbana y la infraestructura son difíciles de cambiar (figura RT.33). [12.2, 12.3, 12.4]

Las opciones de mitigación en las zonas urbanas varían según la trayectoria de urbanización y se prevé que su eficacia sea mayor cuando se agrupan los instrumentos normativos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Para ciudades en rápido desarrollo, las opciones incluyen configurar su urbanización y desarrollo de infraestructura hacia trayectorias más sostenibles y bajas en carbono. En ciudades maduras o establecidas, las opciones se ven limitadas por la morfología e infraestructura urbanas existentes y el reducido potencial para renovar sistemas e infraestructura existentes. Entre las estrategias clave de mitigación figuran la ubicación conjunta de altas densidades residenciales y altas densidades de empleo, lograr una gran diversidad e integración del uso del suelo, aumentar la accesibilidad e invertir en transporte público y otras medidas de apoyo a la gestión de la demanda (figura RT.33). La agrupación de esas estrategias puede reducir las emisiones a corto plazo y generar ahorros aún mayores en las emisiones a largo plazo. [12.4, 12.5]

Las mayores oportunidades de reducción de las emisiones urbanas futuras de GEI podrían estar en países de rápida urbanización donde la morfología e infraestructura urbanas no tengan un efecto condicionante, pero en los que las capa-

idades técnicas, financieras, institucionales y de gobernanza son limitadas (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El grueso del crecimiento urbano y de infraestructura en el futuro está previsto que ocurra en ciudades de tamaño entre pequeño y mediano en países en desarrollo, donde esas capacidades pueden ser limitadas o débiles. [12.4, 12.5, 12.6, 12.7]

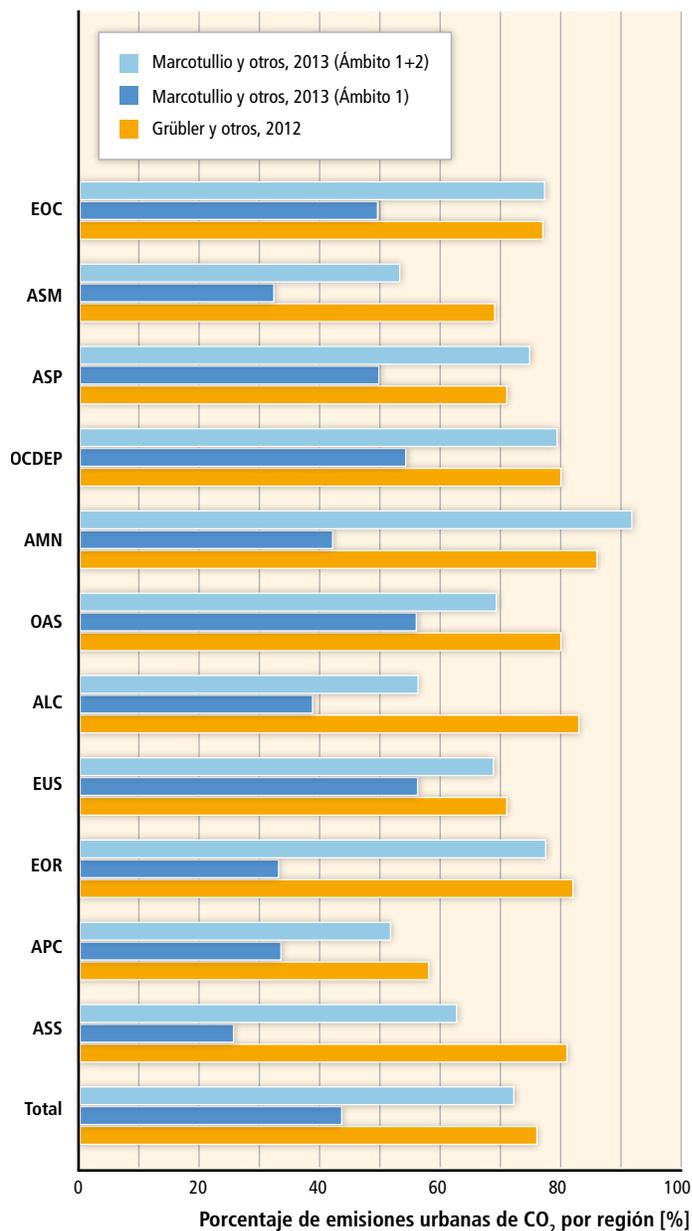


Figura RT.32 | Porcentajes estimados de emisiones urbanas de CO₂ directas (Ámbito 1) e indirectas en las emisiones totales de las distintas regiones del mundo (GtCO₂). Las emisiones indirectas (Ámbito 2) asignan emisiones procedentes de centrales térmicas a zonas urbanas. EOC: Europa Occidental; ASM: Asia Meridional; ASP: Asia Sudoriental y Pacífico; OCDEP: OCDE del Pacífico; AMN: América del Norte; OAS: Oriente Medio y África septentrional; ALC: América Latina y el Caribe; EUS: ex Unión Soviética; EOR: Europa Central y Oriental; APC: países de Asia con planificación centralizada y China; ASS: África Subsahariana. [12.2.2, figura 12.4]

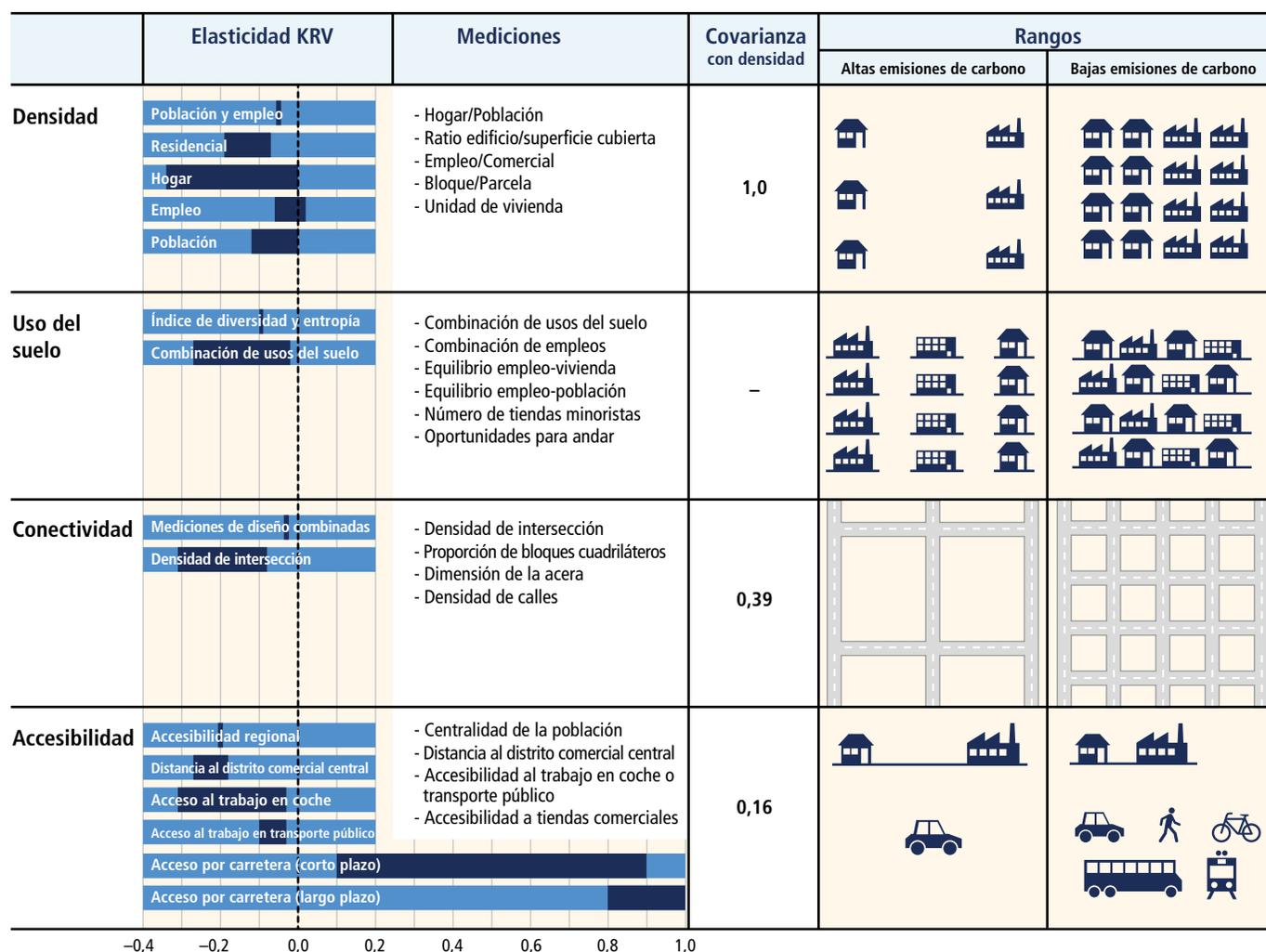


Figura RT.33 | Cuatro aspectos clave de la morfología y estructura urbanas (densidad, combinación de usos del suelo, conectividad y accesibilidad), la elasticidad relativa a los kilómetros recorridos por vehículo (KRV), medidas de uso común y gráficos esquemáticos. Los segmentos en las filas azul oscuro en la columna relativa a la elasticidad KRV proporcionan la gama de elasticidades para los estudios incluidos. [figura 12.14]

Miles de ciudades están emprendiendo planes de acción climáticos, pero su impacto agregado sobre las emisiones urbanas es incierto (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Los gobiernos e instituciones locales poseen oportunidades únicas para realizar actividades de mitigación urbanas, y los esfuerzos de mitigación locales se han propagado rápidamente. No obstante, existen escasas evaluaciones sistemáticas respecto al grado en que las ciudades aplican políticas de mitigación y los objetivos de reducción de emisiones se logran, o las emisiones se reducen. Los planes de acción climáticos incluyen diversas medidas entre sectores, que se centran principalmente en la eficiencia energética en vez de en estrategias más amplias de planificación del uso del suelo y medidas intersectoriales para reducir la expansión y promover un desarrollo orientado al tránsito (figura RT.34). [12.6, 12.7, 12.9]

La viabilidad de los instrumentos de planificación espacial para la mitigación del cambio climático depende en gran medida de la capacidad financiera y de gobernanza de cada ciudad (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Los motores de las emisiones

urbanas de GEI están interrelacionados y pueden abordarse mediante diversos instrumentos regulatorios, de gestión y de mercado. Muchos de esos instrumentos pueden aplicarse a ciudades de países desarrollados y países en desarrollo, pero el grado en que se pueden aplicar varía. Además, cada instrumento difiere en su potencial para generar ingresos públicos o necesitar gastos gubernamentales, y la escala administrativa a la que se puede aplicar (figura RT.35). La agregación de instrumentos y un alto nivel de coordinación entre instituciones pueden aumentar la probabilidad de lograr la reducción de emisiones y evitar resultados imprevistos. [12.6, 12.7]

Para el diseño y aplicación eficaces de políticas climáticas, las disposiciones institucionales, los mecanismos de gobernanza y los recursos financieros deben alinearse con los objetivos de reducción de las emisiones urbanas de GEI (*nivel de confianza alto*). Esos objetivos reflejarán los desafíos concretos a que se enfrentan las distintas ciudades y gobiernos locales. Se han identificado los siguientes factores clave: 1) disposiciones institucionales que faciliten la integración de la mitigación con otras cuestiones urbanas de

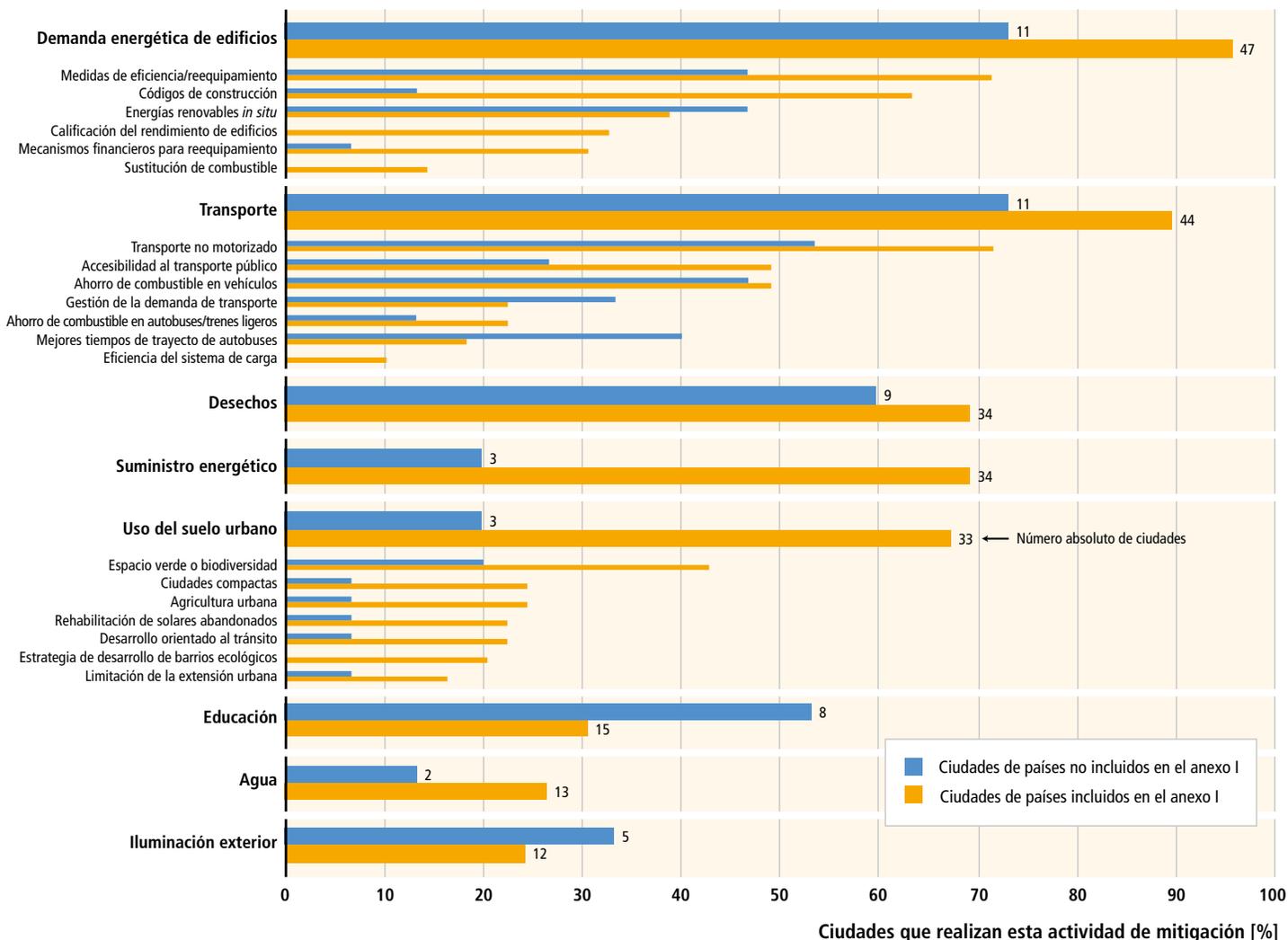


Figura RT.34 | Medidas de mitigación comunes en planes de acción climáticos. [figura 12.22]

alta prioridad; 2) un contexto de gobernanza de múltiples niveles que empodere a las ciudades para promover transformaciones urbanas; 3) competencias de planificación del espacio y voluntad política para apoyar la planificación integrada del uso del suelo y el transporte; y 4) suficientes flujos e incentivos financieros para apoyar debidamente las estrategias de mitigación. [12.6, 12.7]

La aplicación satisfactoria de estrategias urbanas de mitigación del cambio climático puede proporcionar cobeneficios (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las zonas urbanas de todo el mundo siguen enfrentándose a desafíos, entre ellos, asegurar el acceso a la energía, limitar la contaminación del aire y el agua, y mantener oportunidades de empleo y la competitividad. La adopción de medidas de mitigación a escala urbana suele depender de la capacidad para vincular los esfuerzos de mitigación del cambio climático con cobeneficios

locales. Los cobeneficios de la mitigación del cambio climático a nivel local pueden incluir el ahorro público, la calidad del aire y beneficios conexos para la salud, y una mayor productividad en centros urbanos, lo que supone una motivación adicional para emprender actividades de mitigación. [12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

RT.4 Políticas de mitigación e instituciones

La anterior sección muestra que desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) los estudios sobre trayectorias de mitigación han empezado a considerar con mucho mayor detalle el modo en que diversas con-

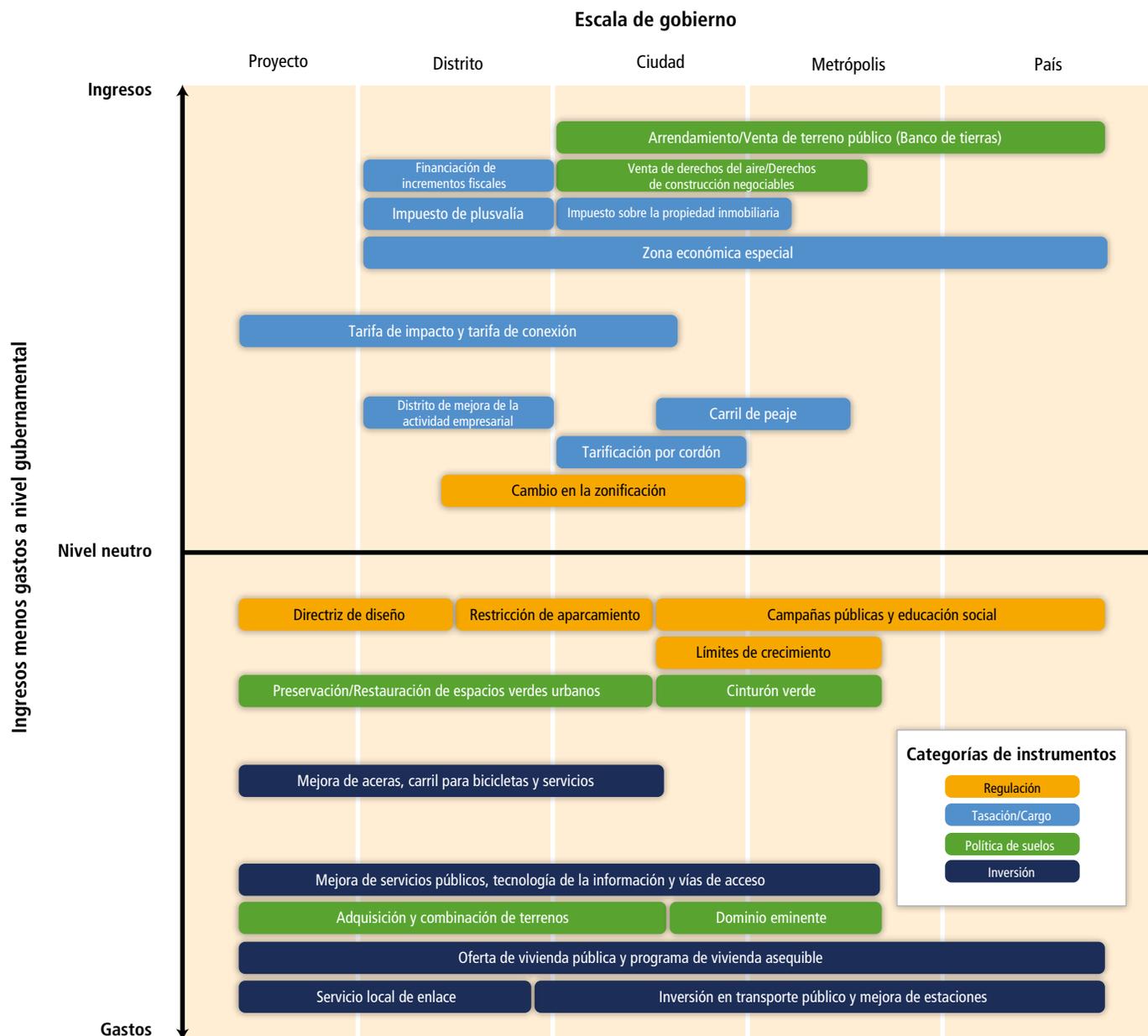


Figura RT.35 | Instrumentos clave de planificación del espacio y efectos en los ingresos y gastos gubernamentales en las distintas escalas administrativas. La figura muestra cuatro instrumentos clave de planificación del espacio (codificados por color) y la escala de gobernanza a la que se administran (eje de abscisas), así como el volumen de ingresos o gastos públicos generados por el gobierno al implementar cada instrumento (eje de ordenadas). [figura 12.20]

sideraciones del mundo real, como las limitaciones institucionales y políticas, la incertidumbre asociada a los riesgos del cambio climático, la disponibilidad de tecnologías y otros factores, afectan a los tipos de políticas y medidas que se adoptan. Esos factores tienen consecuencias importantes para el diseño, el costo y la eficacia de las medidas de mitigación. La presente sección se centra en cómo los gobiernos y otros actores de los sectores privado y público diseñan, implementan y evalúan las políticas de mitigación; y examina la investigación científica "normativa" sobre el modo en que las políticas deben diseñarse para cumplir criterios particulares. También examina la investigación sobre

el modo en que las políticas se diseñan e implementan en realidad, ámbito conocido como análisis "positivo". El examen describe en primer lugar cuestiones conceptuales fundamentales y después presenta un resumen de las principales conclusiones del Grupo de Trabajo III (GTIII) del Quinto Informe de Evaluación (IE5) sobre políticas locales, nacionales y sectoriales. Gran parte de los esfuerzos normativos prácticos desde el IE4 han tenido lugar en esos contextos. Posteriormente, el resumen analiza niveles cada vez mayores de agregación, finalizando a nivel global, y cuestiones intersectoriales de inversión y financiación.

RT.4.1 Diseño normativo, comportamiento y economía política

Existen múltiples criterios para evaluar políticas. Estas suelen evaluarse siguiendo cuatro criterios [3.7.1, 13.2.2, 15.4.1]:

- Efectividad ambiental: determina si las políticas logran los objetivos previstos para reducir emisiones u otras presiones sobre el medio ambiente o para mejorar los niveles de calidad ambiental.
- Efectividad económica: impacto de las políticas sobre la economía en general. Este criterio incluye el concepto de eficiencia económica, principio de maximización de los beneficios económicos netos. El bienestar económico también incluye el concepto de costo-efectividad, principio de consecución de un nivel determinado de desempeño medioambiental con el menor costo agregado.
- Impactos sociales y en la distribución: también denominado “equidad en la distribución”, este criterio se refiere a la asignación de costos y beneficios de las políticas a diferentes grupos y sectores económicos y entre distintas economías a lo largo del tiempo. A menudo presta especial atención a los impactos en los miembros con menos recursos de las sociedades en un país y en el mundo.
- Viabilidad institucional y política: determina si las políticas pueden implementarse a la luz de la capacidad institucional disponible, las limitaciones políticas a que se enfrentan los gobiernos y otros factores que son fundamentales para que una política sea viable.

Todos los criterios pueden aplicarse con respecto a los impactos “estáticos” inmediatos de las políticas y desde una perspectiva “dinámica” a largo plazo que tiene en cuenta los numerosos ajustes en los sistemas económicos, sociales y políticos. Los criterios pueden reforzarse mutuamente, pero también pueden existir conflictos o compensaciones entre ellos. Las políticas diseñadas para lograr un nivel máximo de efectividad ambiental o rendimiento económico tal vez resulten menos adecuadas con respecto a otros criterios, por ejemplo. Esas compensaciones surgen a múltiples niveles de los sistemas de gobierno. Por ejemplo, tal vez sea necesario diseñar acuerdos internacionales con flexibilidad de modo que un gran número de países diversos puedan aceptarlos, pero una flexibilidad excesiva podría debilitar los incentivos para invertir en soluciones rentables a largo plazo.

Los responsables de políticas utilizan muchos instrumentos normativos distintos al mismo tiempo. La teoría puede ofrecer orientación sobre las ventajas y desventajas normativas de instrumentos normativos alternativos a la luz de los criterios examinados anteriormente. La gama de instrumentos normativos incluye [3.8, 15.3]:

- Incentivos económicos, como impuestos, permisos negociables, multas y subsidios
- Enfoques regulatorios directos, como normas tecnológicas o de rendimiento
- Programas de información, como el etiquetado y las auditorías de energía

- Aportación gubernamental, por ejemplo de nuevas tecnologías o en empresas estatales
- Medidas voluntarias, iniciadas por los gobiernos, las empresas y las organizaciones no gubernamentales

Desde el IE4, el repertorio de investigaciones sobre esos distintos instrumentos ha crecido, principalmente en lo que respecta a la experiencia con políticas adoptadas en sectores y países particulares, así como las muchas interacciones entre políticas. Una consecuencia de esas investigaciones ha sido que los acuerdos internacionales que tienen por objeto la coordinación entre países reflejan las consideraciones prácticas respecto a las opciones normativas particulares de los gobiernos nacionales y otras jurisdicciones.

La diversidad de objetivos e instrumentos normativos pone de relieve diferencias en el modo en que los sectores y países se organizan económica y políticamente, así como los múltiples niveles que abarca la mitigación. Desde el IE4, un tema de investigación en este ámbito ha sido que el éxito de las medidas de mitigación depende en parte de la presencia de instituciones capaces de diseñar e implementar políticas regulatorias y la voluntad del público respectivo de aceptar esas políticas. Muchas políticas tienen efectos, a veces imprevistos, en múltiples jurisdicciones, a saber, en distintas ciudades, regiones y países, porque los efectos económicos de las políticas y las opciones tecnológicas no se circunscriben a una sola jurisdicción. [13.2.2.3, 14.1.3, 15.2, 15.9]

La interacción entre instrumentos normativos puede mejorar o menoscabar el bienestar. Las probabilidades de que las intervenciones mejoren el bienestar son particularmente altas cuando los instrumentos normativos abordan distintos fallos de mercado, por ejemplo, un subsidio u otro instrumento normativo destinado a fomentar la inversión en I+D en tecnologías con menor intensidad de emisiones puede complementar políticas encaminadas a controlar las emisiones, al igual que pueden hacerlo las intervenciones regulatorias en apoyo de la mejora de la eficiencia del uso de energía final. Por el contrario, es particularmente probable que las interacciones menoscaben el bienestar cuando se conciben políticas para lograr objetivos idénticos. Las políticas con objetivos muy acotados, como el apoyo al despliegue (en vez de I+D) de tecnologías energéticas concretas que existen en tandem con políticas económicas más amplias encaminadas a reducir las emisiones (p. ej., un sistema de emisiones de límite y comercio) pueden tener el efecto de trasladar el esfuerzo de mitigación a sectores particulares de la economía de un modo que suele dar lugar a mayores costos generales. [3.8.6, 15.7, 15.8]

Hay un número creciente de países que diseñan políticas de adaptación, así como de mitigación, y tal vez sea ventajoso considerar ambas en un marco normativo común (evidencia media, nivel de acuerdo bajo). No obstante, las opiniones difieren en cuanto a si la inclusión de la adaptación en las medidas de mitigación en el conjunto de políticas alienta o desalienta la participación en la coope-

ración internacional [1.4.5, 13.3.3]. Se reconoce que un enfoque integrado puede ser valioso, al existir sinergias y contrapartidas [16.6].

Tradicionalmente, el diseño, la implementación y la evaluación de políticas se ha centrado en los gobiernos como actores centrales de las políticas, pero han aparecido nuevos estudios en que los gobiernos desempeñan un papel coordinador (*nivel de confianza medio*). En esos casos, los propios gobiernos tratan de promover enfoques voluntarios, especialmente cuando se considera que las formas tradicionales de regulación son inadecuadas o las mejores opciones de instrumentos normativos y objetivos aún no son evidentes. Los ejemplos incluyen sistemas voluntarios mediante los cuales particulares y empresas pueden comprar créditos de emisión que compensan las emisiones asociadas a sus propias actividades, como volar o conducir. Desde el IE4, han aparecido estudios sustanciales que examinan esos sistemas desde perspectivas positivas y normativas. [13.12, 15.5.7]

La aplicación satisfactoria de políticas depende de muchos factores asociados al comportamiento humano e institucional (*nivel de confianza muy alto*). Una de las dificultades en el diseño de instrumentos eficaces es que las actividades que una política pretende afectar, como la elección de tecnologías y vectores energéticos y una amplia gama de prácticas agrícolas y de silvicultura, se ven también influidas por las normas sociales, las reglas en la adopción de decisiones, los prejuicios en el comportamiento y los procesos institucionales [2.4, 3.10]. Existen ejemplos de instrumentos normativos que han resultado más eficaces al tener en cuenta esos factores, como es el caso de mecanismos de financiación para inversiones de hogares en eficiencia energética y energía renovable que eliminan la necesidad de una inversión inicial [2.4, 2.6.5.3]. Además, las normas que guían prácticas aceptables podrían tener efectos profundos en las referencias utilizadas para evaluar las intervenciones normativas, ya sea ampliando o reduciendo el nivel necesario de intervención normativa [1.2.4, 4.3, 6.5.2].

Las políticas climáticas pueden alentar inversiones que de otro modo son inadecuadas debido a las imperfecciones de mercado (*nivel de confianza muy alto*). Muchas de las opciones de eficiencia energética y suministro de energía baja en carbono requieren una elevada inversión inicial que suele verse incrementada por primas de alto riesgo asociadas a la inversión en nuevas tecnologías. Los riesgos asociados incluyen los relacionados con las futuras condiciones de mercado, las medidas regulatorias, la aceptación pública, y el costo y rendimiento tecnológicos. Existen instrumentos financieros específicos que reducen esos riesgos para entidades del sector privado, por ejemplo, seguros de crédito, primas, financiación en condiciones favorables o descuentos [16.4]. El diseño de otras políticas de mitigación también puede incorporar elementos que ayuden a reducir riesgos, como un régimen de límites y comercio que incluya precios mínimos y máximos [2.6.5, 15.5, 15.6].

RT.4.2 Políticas sectoriales y nacionales

Ha habido un aumento considerable en los planes y estrategias nacionales y subnacionales de mitigación desde el IE4 (figura RT.36). Esos planes y estrategias se encuentran en etapas iniciales de desarrollo y aplicación en muchos países, lo que hace difícil determinar si (y el modo en que) darán lugar a cambios institucionales y normativos adecuados y, por tanto, su impacto en futuras emisiones de GEI. No obstante, hasta la fecha esas políticas, en conjunto, aún no han logrado una desviación sustancial de las emisiones de GEI respecto a la tendencia anterior. Las teorías de cambio institucional sugieren que esas políticas podrían contribuir a dar forma a incentivos, contextos políticos y paradigmas normativos de un modo que aliente la reducción de emisiones de GEI en el futuro [15.1, 15.2]. No obstante, muchos escenarios de referencia (a saber, los que no tienen políticas de mitigación adicionales) muestran concentraciones que superan 1 000 ppm CO₂eq en 2100, lo cual está lejos de una concentración para la que sea probable que se pueda mantener un aumento de temperatura por debajo de 2 °C durante este siglo. Los escenarios de mitigación sugieren que podría aplicarse una amplia gama de políticas de efectividad ambiental acordes con esos objetivos [6.3]. En la práctica, las estrategias climáticas y las consiguientes políticas se ven influidas por factores políticos y económicos, consideraciones sectoriales y la posibilidad de lograr cobeneficios. En muchos países, las políticas de mitigación también se han promovido activamente a nivel estatal y local. [15.2, 15.5, 15.8]

Desde el IE4, las políticas y los análisis se centran cada vez más en los cobeneficios y efectos colaterales adversos de las políticas climáticas respecto a otros objetivos y viceversa, lo que ha dado lugar a un mayor interés en políticas que integran múltiples objetivos (*nivel de confianza alto*). Los cobeneficios suelen mencionarse de manera explícita en los planes y estrategias climáticos y sectoriales y a menudo facilitan un mayor apoyo político [15.2]. No obstante, los fundamentos analíticos y empíricos para muchos de esos efectos interactivos, y particularmente para los efectos conexos relativos al bienestar, están insuficientemente desarrollados [1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 6.6]. El alcance de los cobeneficios es mayor en los países de bajos ingresos, donde las políticas complementarias para otros objetivos, como la calidad del aire, suelen ser débiles [5.7, 6.6, 15.2].

El diseño de las instituciones afecta a la elección y viabilidad de opciones normativas y a la financiación sostenible de medidas de mitigación. Las instituciones diseñadas para alentar la participación de representantes de nuevas industrias y tecnologías pueden facilitar la transición a trayectorias de bajas emisiones de GEI [15.2, 15.6]. Las políticas varían en el grado en que requieren la implementación de nuevas capacidades institucionales. La tributación del carbono, en la mayoría de los casos, puede depender principalmente de la infraestructura tributaria existente y es más fácil de implementar desde un punto de vista administrativo que otras muchas alternativas como los sistemas de límite y comercio [15.5]. El grado de innovación institucio-

nal necesario para las políticas puede ser un factor en la selección de instrumentos, especialmente en los países en desarrollo.

Las políticas sectoriales se han utilizado más ampliamente que las políticas de mercado a nivel de toda la economía (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Si bien la teoría económica sugiere que las políticas de mercado a nivel de toda la economía orientadas únicamente a la mitigación serían en general más rentables que las políticas sectoriales, las consideraciones de economía política suelen hacer que las políticas a nivel de toda la economía sean más difíciles de diseñar e implementar que las políticas sectoriales [15.2.3, 15.2.6, 15.5.1]. En algunos países, se han implantado el comercio de derechos de emisión y las tasas sobre las emisiones para atender las externalidades de mercado asociadas con las emisiones de GEI, que han contribuido a la consecución de objetivos sectoriales de reducción de GEI (evidencia media, nivel de acuerdo medio) [7.12]. A más largo plazo, la fijación de precios en relación con los GEI puede apoyar la adopción de tecnologías energéticas con bajas emisiones de GEI. Incluso si se aplicaran políticas a nivel de toda la economía, se podrían necesitar políticas a nivel de sector para superar fallos de mercado sectoriales. Por ejemplo, los códigos de construcción pueden requerir inversiones de eficiencia energética en situaciones en que, de otro modo, no habría inversiones privadas [9.10]. En el transporte, las políticas de fijación de precios que aumentan el

costo de las modalidades de transporte privado con alto contenido de carbono son más eficaces cuando están respaldadas por la inversión pública en alternativas viables [8.10]. El cuadro RT.9 presenta diversas políticas sectoriales que se han llevado a la práctica. [15.1, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

Los impuestos sobre el carbono se han aplicado en algunos países y, junto con las políticas tecnológicas y de otro tipo, han contribuido a la disociación de las emisiones del PIB (nivel de confianza alto). La diferenciación por sector, que es bastante común, reduce la rentabilidad que se obtiene a raíz de los cambios en los métodos de producción, las pautas de consumo, los cambios en el estilo de vida y el desarrollo tecnológico, pero puede aumentar la viabilidad política, o preferirse por motivos de competitividad o equidad en la distribución. En algunos países, los impuestos por alto contenido de carbono y sobre carburantes se han hecho políticamente viables mediante el reembolso de ingresos o reduciendo otros impuestos en una reforma fiscal en el ámbito del medio ambiente. Las políticas de mitigación que aumentan los ingresos gubernamentales (a saber, la subasta de derechos de emisión mediante un sistema de límite y comercio o los impuestos sobre las emisiones) tienen en general costos sociales menores que los enfoques que no lo hacen, pero ello depende del modo en que se utilicen los ingresos [3.6.3]. [15.2, 15.5.2, 15.5.3]

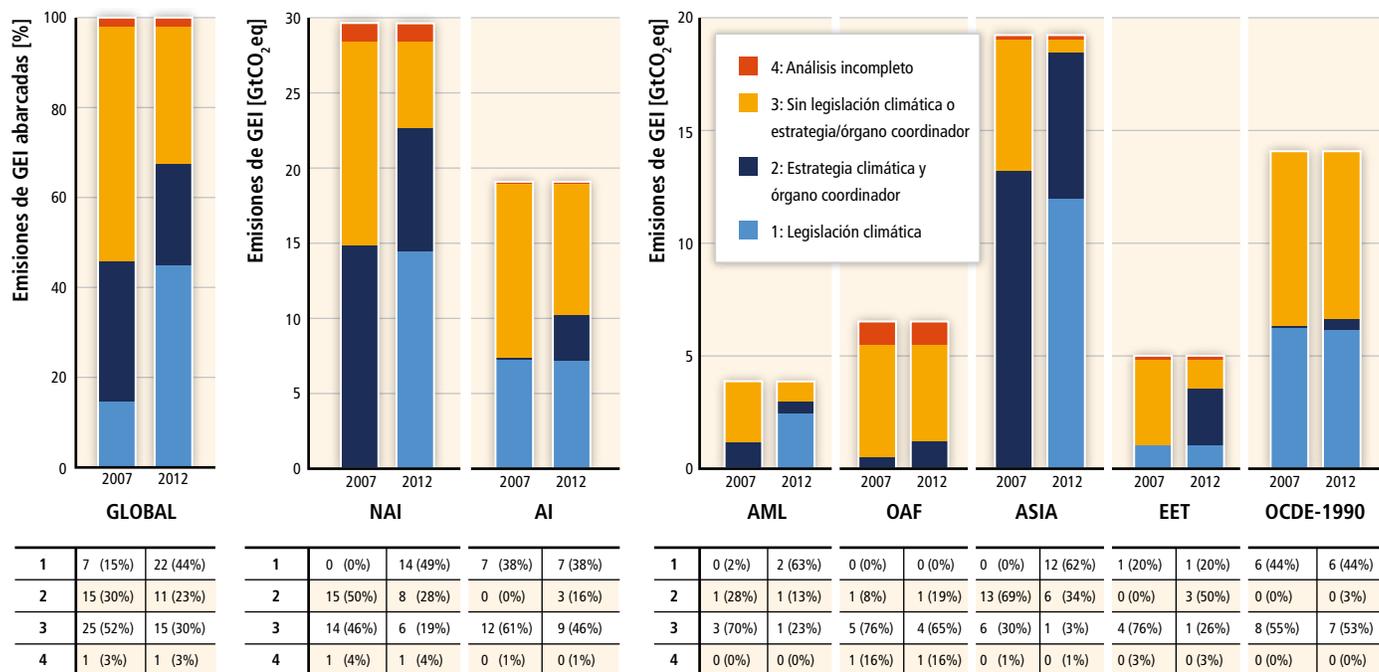


Figura RT.36 | Legislación y estrategias climáticas nacionales en 2007 y 2012. Las regiones incluyen NAI (países no incluidos en el anexo I, es decir, países en desarrollo), AI (países incluidos en el anexo I, es decir, países desarrollados), AML (América Latina), OAF (Oriente Medio y África), ASIA (Asia), EET (economías en transición), OCDE-1990 (miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en 1990); véase el anexo II.2 para más información. En esta figura, la legislación climática se define como legislación centrada en la mitigación que va más allá de las medidas sectoriales. La estrategia climática se define como un plan o marco no legislativo orientado a la mitigación que abarca a más de un pequeño número de sectores, y que incluye un órgano coordinador encargado de la aplicación. No se incluyen compromisos internacionales, ni planes o estrategias a nivel subnacional. El panel muestra el porcentaje de emisiones de GEI abarcadas. [figura 15.1]

Los impuestos sobre carburantes son un ejemplo de política sectorial y suelen implantarse en un principio para fines como la obtención de ingresos; no se diseñan necesariamente con fines de mitigación (*nivel de confianza alto*). En Europa, donde los impuestos sobre carburantes son los más elevados, estos han contribuido a reducciones en las emisiones de carbono procedentes del sector del transporte de alrededor del 50% para este grupo de países. La respuesta a corto plazo al aumento del precio de los carburantes suele ser pequeña, pero la elasticidad con respecto al precio a largo plazo es bastante elevada, de alrededor de entre $-0,6$ a $-0,8$. Ello significa que a largo plazo, un aumento del 10% en el precio de los carburantes está correlacionado con una reducción del 7% en el uso y las emisiones de combustible. En el sector del transporte, los impuestos tienen la ventaja de ser progresivos o neutrales en la mayoría de los países y muy progresivos en países de ingresos bajos. [15.5.2]

Se están estableciendo sistemas de límite y comercio para las emisiones de GEI en un número cada vez mayor de países y regiones. Hasta la fecha, su efecto medioambiental ha sido limitado porque los límites máximos han sido imprecisos o aún no son vinculantes (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Parece que ha habido una compensación de la viabilidad política y la efectividad ambiental de esos programas, así como de la viabilidad política y la equidad en la distribución en la asignación de permisos. La consecución de una mayor efectividad ambiental mediante un límite más estricto tal vez pueda combinarse con un precio máximo que mejore la viabilidad política. [14.4.2, 15.5.3]

Diferentes factores redujeron el precio de las cuotas del régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (RCDE UE) por debajo de los niveles previstos, lo que ralentizó la inversión en mitigación (*nivel de confianza alto*). Si bien la Unión Europea demostró que un sistema transfronterizo de límite y comercio puede funcionar, el bajo precio de los derechos del régimen en los últimos años ha ofrecido incentivos insuficientes para inversiones adicionales significativas en mitigación. El bajo precio está relacionado con la gravedad y duración imprevistas de la recesión económica, la incertidumbre en torno a los objetivos de reducción a largo plazo para las emisiones de GEI, la importación de créditos del Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), y la interacción con otros instrumentos normativos, en particular los relacionados con la expansión de la energía renovable y la regulación relativa a la eficiencia energética. Ha resultado políticamente difícil abordar este problema eliminando temporalmente los permisos de emisión de GEI, restringiendo los límites, o proporcionando un objetivo de mitigación a largo plazo. [14.4.2]

Añadir una política de mitigación a otra tal vez no contribuya necesariamente a la mitigación. Por ejemplo, si un sistema de límite y comercio tiene un límite lo suficientemente estricto, otras políticas como los subsidios a la energía renovable no tienen un efecto ulterior en las emisiones totales de GEI (aunque pueden afectar a los costos y posiblemente a la viabilidad de objetivos futuros más estrictos). Si el límite es laxo con respecto a otras políticas, resulta ineficaz. Este

es un ejemplo de interacción negativa entre instrumentos normativos. Puesto que no se pueden “añadir” otras políticas a un sistema de límite y comercio, para poder lograr objetivos concretos, es necesario un límite máximo lo suficientemente bajo. Por otra parte, un impuesto sobre el carbono puede tener un efecto ambiental acumulativo en políticas como los subsidios a las energías renovables. [15.7]

La reducción de subsidios a la energía fósil puede lograr reducciones considerables de las emisiones con un costo social negativo (*nivel de confianza muy alto*). Si bien los obstáculos de economía política son sustanciales, muchos países han reformado sus sistemas fiscales y presupuestarios para reducir subsidios a los combustibles que de hecho benefician a los relativamente ricos, y han utilizado transferencias de efectivo de suma fija u otros mecanismos que están más orientados a los pobres. [15.5.3]

Las medidas de información y los enfoques regulatorios directos se utilizan ampliamente y suelen ser ambientalmente eficaces, aunque persiste el debate sobre el alcance de sus impactos ambientales y eficacia en función del costo (*nivel de confianza medio*). Entre los ejemplos de enfoques reguladores figuran las normas de eficiencia energética; los ejemplos de programas de información incluyen programas de etiquetado que pueden ayudar a los consumidores a tomar decisiones mejor fundamentadas. Si bien esos enfoques suelen funcionar con un beneficio social neto, los estudios científicos mantienen opiniones divididas sobre si las políticas de ese tipo se implementan con costos privados negativos (véase el recuadro RT.12) para empresas y particulares [3.9.3, 15.5.5, 15.5.6]. Desde el IE4, han seguido investigándose los efectos “rebote” (véase el recuadro RT.13) que surgen cuando una mayor eficiencia da lugar a menores costos energéticos y a un mayor consumo. Existe acuerdo en general respecto a la existencia de efectos rebote de ese tipo, pero hay un nivel de acuerdo bajo en los estudios sobre su magnitud [3.9.5, 5.7.2, 15.5.4].

Existe una función clara para las políticas tecnológicas como complemento a otras políticas de mitigación (*nivel de confianza alto*). La aplicación adecuada de las políticas tecnológicas reduce el costo de lograr un objetivo ambiental determinado. Las políticas tecnológicas serán más eficaces si las políticas de impulso tecnológico (p. ej., I+D de financiación pública) y las políticas de tirón de la demanda (p. ej., programas gubernamentales de adquisición o reglamentos sobre rendimiento) se utilizan de forma complementaria. Mientras que las políticas de impulso tecnológico y de tirón de la demanda son necesarias, es improbable que sean suficientes sin marcos complementarios. La gestión de los desafíos sociales de los cambios en las políticas tecnológicas tal vez requiera innovaciones en el diseño normativo e institucional, incluida la creación de políticas integradas que hagan un uso complementario de la autoridad, las normas y los incentivos de mercado (*nivel de confianza medio*). Desde el IE4, un gran número de países y jurisdicciones subnacionales han introducido políticas de apoyo a la energía renovable como primas y normas relativas a las fuentes de energía renovables. Estas han promovido una difusión e innovación sustanciales de nuevas tecnologías energéticas como los

Cuadro RT.9 | Instrumentos normativos sectoriales. El cuadro agrupa evidencia sobre instrumentos normativos de mitigación examinados en los capítulos 7 a 12. [cuadro 15.2]

Instrumentos normativos	Energía [7.12]	Transporte [8.10]	Edificios [9.10]	Industria [10.11]	AFOLU [11.10]	Asentamientos humanos e infraestructura
Instrumentos económicos – Impuestos (los impuestos sobre el carbono pueden aplicarse al conjunto de la economía)	- Impuesto sobre el carbono	- 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	- 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
Instrumentos económicos – Permisos negociables (pueden aplicarse al conjunto de la economía)	- Comercio de emisiones (p. ej., RCDE UE) - 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 del Protocolo de Kyoto - Planes de cumplimiento fuera del Protocolo de Kyoto (sistemas nacionales) - Mercados voluntarios de carbono	- Sistemas de límite y comercio a nivel urbano
Instrumentos económicos - Subsidios	- Eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles - Tarifas de introducción para las energías renovables - Subvenciones de capital y seguros para la primera generación de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)	- 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
Enfoques reglamentarios	- 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 ₂ 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 - Precursores 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
Programas de información		- 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	
Provisión de bienes o servicios públicos por los gobiernos	- 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
Acciones voluntarias			- 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	

Recuadro RT.13 | El efecto rebote puede reducir el ahorro energético de las mejoras tecnológicas

Las mejoras tecnológicas en eficiencia energética tienen efectos directos en el consumo de energía y, por tanto, en las emisiones de GEI, pero pueden causar otros cambios en el consumo, la producción y los precios que, a su vez, afectarán a las emisiones de GEI. Esos cambios suelen llamarse “rebote” porque en la mayoría de los casos compensan la reducción neta de energía o emisiones asociada a la mejora de la eficiencia. La magnitud del rebote de la eficiencia energética es controvertida: algunos estudios sugieren un rebote escaso o nulo, mientras que otros concluyen que compensa la mayoría o totalidad de las reducciones derivadas de las políticas de eficiencia energética [3.9.5, 5.7.2].

El rebote total de eficiencia energética puede dividirse en tres partes distintas: el efecto de sustitución, el efecto de ingreso y el efecto en toda la economía [3.9.5]. En el consumo de uso final, el rebote con efecto de sustitución, o “rebote directo”, asume que un consumidor hará mayor uso de un aparato si este adquiere mayor eficiencia energética porque su uso será más barato. El rebote con efecto de ingreso, o “rebote indirecto”, se produce si la mejora de eficiencia energética aumenta el poder adquisitivo del consumidor y le lleva a consumir otros productos que necesitan energía. El rebote a nivel de toda la economía se refiere a efectos

que van más allá del comportamiento de la entidad que se beneficia directamente de la mejora de eficiencia energética, como el efecto de la eficiencia energética en el precio de la energía.

Los efectos rebote análogos para mejoras de eficiencia energética en la producción son la sustitución por un insumo con mayor eficiencia energética y la sustitución entre diversos productos por los consumidores cuando una mejora de eficiencia energética cambia los precios relativos de los bienes, así como un efecto de ingreso cuando una mejora de eficiencia energética disminuye los costos de producción y crea mayor riqueza.

El rebote se confunde a veces con el concepto de fuga de carbono, que suele describir el incentivo para que la actividad económica intensiva en emisiones migre de una región que limita los GEI (u otros contaminantes) a zonas con restricciones escasas o nulas respecto a esas emisiones [5.4.1, 14.4]. El rebote de eficiencia energética puede ocurrir independientemente del alcance geográfico de la política adoptada. No obstante, al igual que con la fuga, la posibilidad de un rebote considerable pone de relieve la importancia de considerar todos los efectos de equilibrio de una política de mitigación [3.9.5, 15.5.4].

RT

generadores eólicos y los paneles fotovoltaicos, pero han planteado dudas sobre su eficiencia económica y han introducido desafíos para la integración en la red y los mercados. [2.6.5, 7.12, 15.6.5]

La inversión mundial en investigación en apoyo de la mitigación es reducida con respecto al gasto público general en investigación (nivel de confianza medio). La eficacia del apoyo a la investigación será mayor si se aumenta lenta y firmemente en lugar de drástica o irregularmente. Es importante que la reunión de datos para la evaluación de programas se incluya en los programas de políticas tecnológicas, ya que se dispone de evidencia empírica limitada sobre la eficacia relativa de los distintos mecanismos en apoyo de la invención, la innovación y la difusión de nuevas tecnologías. [15.6.2, 15.6.5]

La planificación y prestación de servicios gubernamentales pueden facilitar cambios hacia infraestructura y estilos de vida con menor intensidad energética y de GEI (nivel de confianza alto). Ello es así en particular cuando hay indivisibilidades en la prestación de servicios de infraestructura como en el sector energético [7.6] (p. ej., para la transmisión y distribución de electricidad o redes urbanas de calefacción centralizada); en el sector del transporte [8.4] (p. ej., para transporte no motorizado o público); y en la planificación urbana [12.5]. El establecimiento de una infraestructura adecuada es importante para el cambio de conducta [15.5.6].

Los acuerdos voluntarios satisfactorios entre gobiernos e industrias sobre la mitigación se caracterizan por un marco institucional sólido con asociaciones industriales competentes (nivel de confianza medio). Las ventajas de los acuerdos voluntarios son la velocidad y la flexibilidad en el escalonamiento de medidas, y la facilitación de actividades de eliminación de obstáculos para la eficiencia energética y las tecnologías con bajas emisiones. Las amenazas regulatorias, a pesar de que estas no son siempre explícitas, también son un factor importante para que las empresas estén motivadas. Hay escasos impactos ambientales sin un marco institucional adecuado. [15.5.7]

RT.4.3 Desarrollo y cooperación regional

La cooperación regional ofrece oportunidades sustanciales para la mitigación debido a la proximidad geográfica, el uso compartido de infraestructura y marcos normativos, el comercio y la inversión transfronteriza que sería difícil que los países implementaran por separado (nivel de confianza alto). Entre los ejemplos de posibles políticas de cooperación regional figuran el desarrollo vinculado regionalmente de sistemas de intercambio de energía renovable, redes de infraestructura de suministro de gas natural y políticas coordinadas de silvicultura. [14.1]

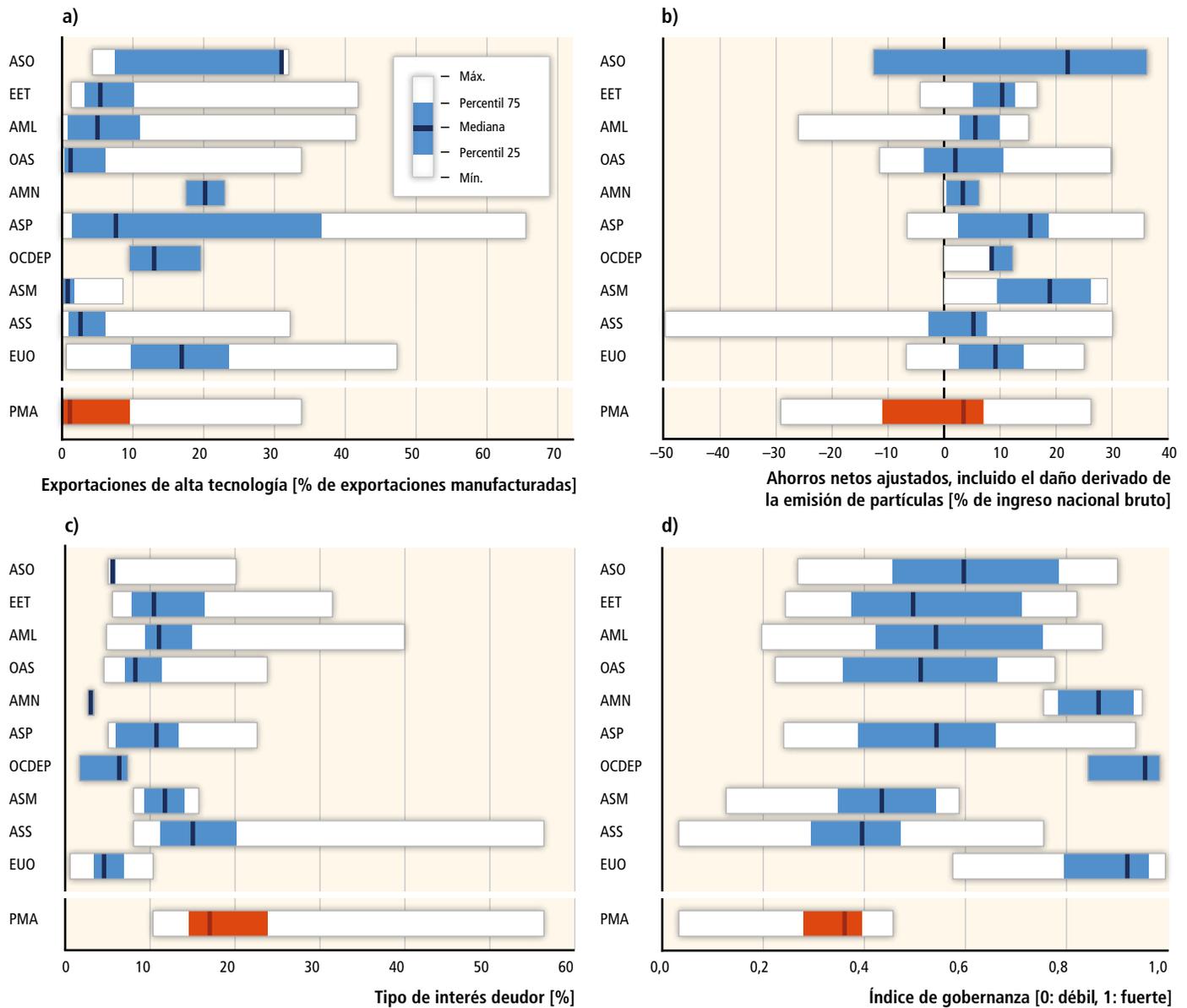


Figura RT.37 | Indicadores económicos y de gobernanza que afectan a la capacidad regional para adoptar políticas de mitigación. Las regiones son ASO (Asia Oriental), EET (economías en transición), AML (América Latina y el Caribe), OAS (Oriente Medio y África Septentrional), AMN (América del Norte), ASP (Asia Sudoriental y Pacífico), OCDEP (miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) del Pacífico en 1990), ASM (Asia Meridional), ASS (África Subsahariana), EUO (Europa Occidental), PMA (países menos adelantados). Las estadísticas corresponden al año 2010 o el año más reciente disponible. Nota: El tipo de interés deudor se refiere al tipo de interés medio cobrado por bancos a clientes del sector privado para necesidades financieras de corto a medio plazo. El índice de gobernanza es una medida combinada de indicadores de gobernanza procedentes de diversas fuentes, reajustados a una escala de 0 a 1, en la que 0 representa la gobernanza más débil y 1 representa la gobernanza más fuerte. [figura 14.2]

Al mismo tiempo, existe una discordancia entre las oportunidades y las capacidades para emprender la mitigación (*nivel de confianza medio*). Las regiones con el mayor potencial de “dar un salto” a trayectorias de desarrollo bajas en carbono son las regiones en desarrollo más pobres, en las que hay pocos efectos condicionantes en cuanto a sistemas modernos de energía y patrones de urbanización. No obstante, esas regiones también tienen el nivel más bajo de capacidad financiera, tecnológica e institucional para embarcarse en esas trayectorias de desarrollo bajas en carbono (figura RT.37), y el costo de espera es elevado debido a necesidades energéticas y de desarrollo

no atendidas. Las economías emergentes tienen más efectos condicionantes, pero el rápido aumento de sistemas de energía modernos y asentamientos urbanos aún ofrece oportunidades sustanciales para el desarrollo bajo en carbono. Su capacidad para reorientarse hacia estrategias de desarrollo bajas en carbono es mayor, pero también se enfrenta a limitaciones en cuanto a financiación, tecnología y el elevado costo de retrasar la instalación de nueva capacidad energética. Por último, las economías industrializadas tienen los mayores efectos condicionantes, pero la mayor capacidad para reorientar sus sistemas

de energía, transporte y urbanizaciones hacia el desarrollo bajo en carbono. [14.1.3, 14.3.2]

Hasta la fecha, la cooperación regional solo ha tenido un efecto (positivo) limitado en la mitigación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Sin embargo, la cooperación regional podría desempeñar un papel más destacado en la promoción de la mitigación en el futuro, en particular si incorpora explícitamente objetivos de mitigación en las políticas comerciales, energéticas y de infraestructura y promueve medidas directas de mitigación a nivel regional. [14.4.2, 14.5]

La mayoría de estudios publicados sugieren que los acuerdos climáticos de cooperación regional en ámbitos normativos no han desempeñado una función importante hasta la fecha para hacer frente a los desafíos en materia de mitigación (*nivel de confianza medio*). Ello está relacionado en gran medida con el bajo nivel de integración regional y voluntad asociada de transferir la soberanía a órganos regionales supranacionales para hacer cumplir acuerdos vinculantes en materia de mitigación. [14.4.2, 14.4.3]

La cooperación regional climática mediante enfoques vinculantes basados en la regulación en ámbitos de gran integración, como las directivas de la Unión Europea sobre eficiencia energética, energía renovable y biocombustibles, ha tenido algún impacto sobre los objetivos de mitigación (*nivel de confianza medio*). Sin embargo, los modelos teóricos y la experiencia previa sugieren que existe la posibilidad sustancial de aumentar la función de los acuerdos de cooperación regional climática e instrumentos asociados, incluidos los instrumentos económicos y los instrumentos regulatorios. En este contexto, es importante examinar la fuga de carbono de las iniciativas regionales de ese tipo y maneras de abordar esta cuestión. [14.4.2, 14.4.1]

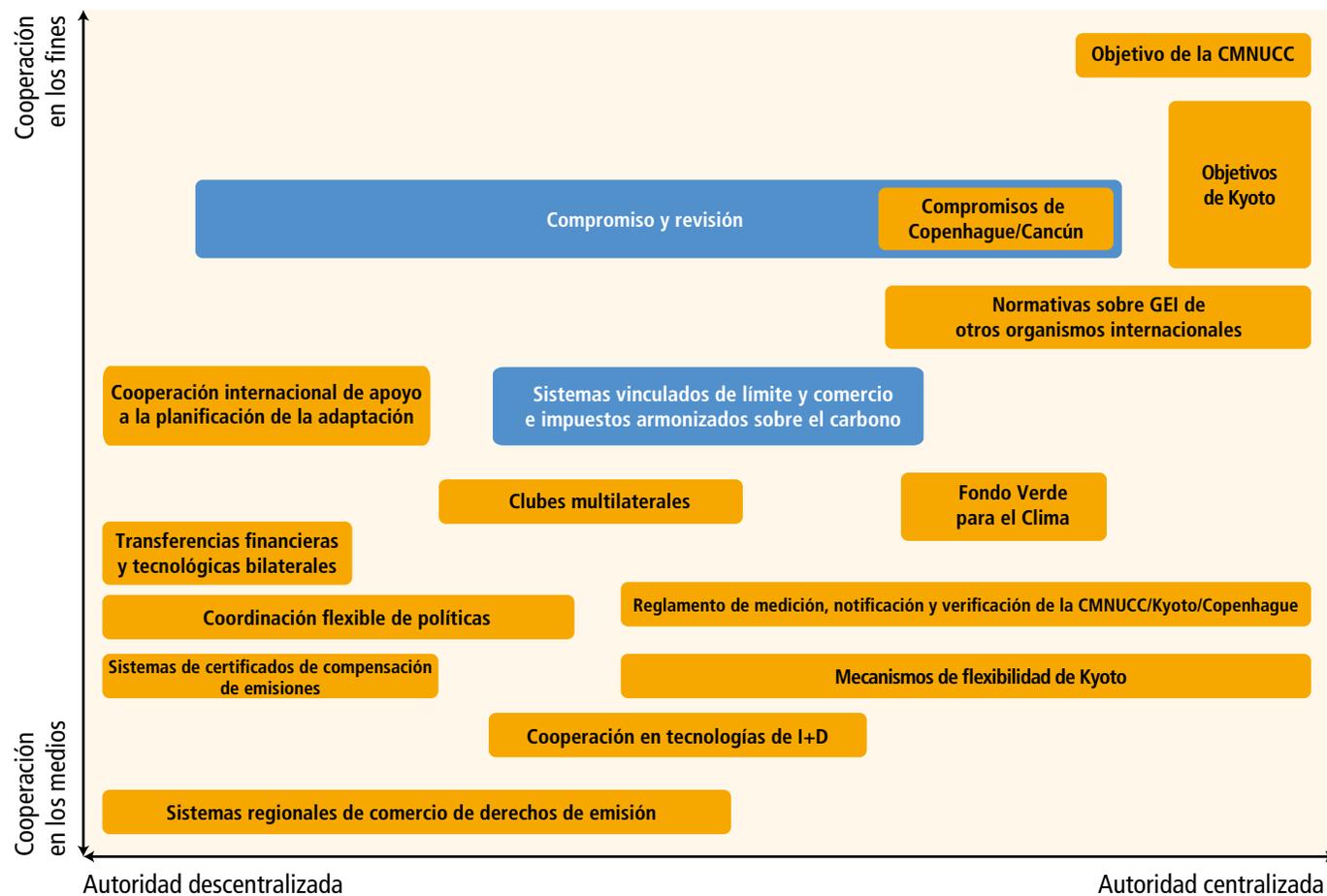
Además, las modalidades de cooperación regional no relacionadas con el clima podrían tener consecuencias considerables para la mitigación, incluso si los objetivos de mitigación no son un componente (*nivel de confianza medio*). La cooperación regional con objetivos no relacionados con el clima pero con posibles consecuencias para la mitigación, como los acuerdos comerciales, la cooperación en tecnología y la cooperación en infraestructura y energía, también ha tenido, hasta la fecha, efectos nimios en la mitigación. Se han observado efectos modestos en el nivel de emisiones de GEI de los miembros de zonas regionales de comercio preferencial si esos acuerdos van acompañados de acuerdos ambientales. La creación de sinergias entre la adaptación y la mitigación puede aumentar la rentabilidad de las medidas frente al cambio climático. La vinculación de las redes eléctricas y de gas a nivel regional también ha tenido un efecto modesto en la mitigación al haber facilitado un mayor uso de las tecnologías bajas en carbono y de energía renovable; existe un potencial sustancial adicional de mitigación en las medidas de ese tipo. [14.4.2]

RT.4.4 Cooperación internacional

La mitigación del cambio climático es un problema relativo al patrimonio mundial que requiere la cooperación internacional, pero desde el IE4, han surgido estudios que hacen hincapié en una visión más compleja y polifacética de las políticas climáticas (*nivel de confianza muy alto*). Dos características del cambio climático requieren la cooperación internacional: el cambio climático es un problema de patrimonio mundial y está caracterizado por un alto grado de heterogeneidad en los orígenes de las emisiones de GEI, las oportunidades de mitigación, los impactos climáticos y la capacidad de mitigación y adaptación [13.2.1.1]. Los esfuerzos de las instancias normativas hasta la fecha se han centrado principalmente en la cooperación internacional como tarea que gira en torno a la coordinación de políticas nacionales que se adoptarían con el objetivo de la mitigación. Avances normativos más recientes sugieren la existencia de un conjunto de relaciones más complicado entre la formulación de políticas a nivel nacional, regional y global, sobre la base de una gran diversidad de objetivos, un reconocimiento de los cobeneficios de las políticas, y los obstáculos a la innovación y difusión tecnológicas [1.2, 6.6, 15.2]. Una de las dificultades principales es determinar si las medidas normativas descentralizadas se ajustan y pueden dar lugar a esfuerzos de mitigación globales que sean eficaces, equitativos y eficientes [6.1.2.1, 13.13].

La cooperación internacional sobre el cambio climático se ha vuelto más diversa desde el punto de vista institucional en la última década (*nivel de confianza muy alto*). La percepción de la equidad puede facilitar la cooperación aumentando la legitimidad de un acuerdo [3.10, 13.2.2.4]. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sigue siendo uno de los principales foros internacionales para las negociaciones climáticas, pero han surgido otras instituciones a múltiples niveles, a saber: global, regional, nacional y local [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]. Esta diversidad institucional surge en parte de la creciente inclusión de cuestiones relativas al cambio climático en otros ámbitos normativos (p. ej., el desarrollo sostenible, el comercio internacional y los derechos humanos). Estos y otros vínculos crean oportunidades, posibles cobeneficios o daños que todavía no se han estudiado en profundidad. La vinculación de cuestiones crea también la posibilidad de que los países experimenten con distintos foros de cooperación ("búsqueda del foro más favorable"), lo que tal vez aumente los costos de negociación y posiblemente distraiga su atención del desempeño de la cooperación internacional hacia los objetivos climáticos, o lo diluya. [13.3, 13.4, 13.5] Por último, han aparecido nuevas instituciones transnacionales relacionadas con el clima que no giran en torno a Estados soberanos (p. ej., asociaciones público-privadas, iniciativas de gobernanza del sector privado, programas transnacionales de ONG e iniciativas a nivel de ciudad). [13.3.1, 13.12]

Los acuerdos climáticos internacionales vigentes y propuestos difieren en el grado en que su autoridad está centralizada. Como se muestra en la figura RT.38, la gama de formalización cen-



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).

Figura RT.38 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 estructuras normativas vigentes o potenciales, ni tener carácter prescriptivo. Los ejemplos en color naranja indican los acuerdos vigentes. 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. [figura 13.2]

tralizada abarca acuerdos multilaterales sólidos (como los objetivos del Protocolo de Kyoto), políticas nacionales armonizadas (como los compromisos de Copenhague/Cancún), y políticas nacionales descentralizadas pero coordinadas (como los vínculos previstos de los sistemas nacionales y subnacionales de comercio de derechos de emisión) [13.4.1, 13.4.3]. Otros cuatro elementos en el diseño de acuerdos internacionales revisten particular importancia: la obligatoriedad jurídica, los objetivos y metas, los mecanismos flexibles y los métodos equitativos de reparto del esfuerzo [13.4.2]. En el cuadro RT.10 se evalúan las modalidades existentes y propuestas de cooperación internacional. [13.13]

La CMNUCC es actualmente el único foro internacional de política climática con amplia legitimidad, debido en parte a su

composición prácticamente universal (nivel de confianza alto). La Convención Marco sigue desarrollando instituciones y sistemas para la gobernanza del cambio climático. [13.2.2.4, 13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

Los incentivos para la cooperación internacional pueden interactuar con otras políticas (nivel de confianza medio). La interacción entre políticas vigentes y propuestas, que puede ser contraproducente, intrascendente o beneficiosa, es difícil de predecir y se ha tratado poco en los estudios publicados [13.2, 13.13, 15.7.4]. Los estudios basados en la teoría de los juegos con respecto a los acuerdos relativos al cambio climático concluyen que los acuerdos de aplicación automática logran y mantienen la participación y el cumplimiento. La aplicación automática puede derivarse de los beneficios nacionales debido a beneficios climáticos directos, cobeneficios de la mitigación

Cuadro RT.10 | Resumen de evaluaciones de rendimiento de formas de cooperación existentes y propuestas. Las formas de cooperación se evalúan con arreglo a los cuatro criterios de evaluación descritos en las secciones 3.7.1 y 13.2.2. [cuadro 13.3]

Modalidad de cooperación internacional	Criterios de evaluación				
	Efectividad ambiental	Rendimiento económico agregado	Impactos en la distribución	Viabilidad institucional	
Cooperación existente [13.13.1]	CMNUCC	Reducción de las emisiones agregadas de GEI en países incluidos en el anexo I del 6,0% al 9,2 % por debajo de niveles de 1990 para 2000, una reducción mayor que el aparente “fin” de volver a los niveles de 1990 para 2000.	Cumplimiento conjunto autorizado de compromisos, enfoque multigases, fuentes y sumideros, y opciones de políticas domésticas. Las estimaciones de costos y beneficios dependen del nivel de referencia, la tasa de descuento, la participación, la fuga, los cobeneficios, los efectos adversos y otros factores.	Los compromisos distinguen entre países incluidos en el anexo I (industrializados) y países no incluidos en el anexo I. Principio de “responsabilidad común pero diferenciada”. Compromiso de que las Partes “contribuya[n] de manera equitativa y apropiada”.	Ratificada (o medida equivalente) por 195 países y organizaciones regionales. El cumplimiento depende de comunicaciones nacionales.
	Protocolo de Kyoto (PK)	Las emisiones agregadas en los países incluidos en el anexo I se redujeron del 8,5% al 13,6% por debajo de los niveles de 1990 para 2011, más que el objetivo colectivo de reducción del primer período de compromiso (PC1) del 5,2%. Las reducciones se produjeron principalmente en economías en transición; las emisiones aumentaron en otros países. Participación incompleta en el PC1 (aún menor en el PC2).	La eficacia en función del costo mejoró mediante mecanismos flexibles (aplicación conjunta, MDL, comercio internacional de derechos de emisión) y opciones normativas internas. Las estimaciones de costos y beneficios dependen de la referencia, la tasa de descuento, la participación, la fuga, los cobeneficios, los efectos adversos y otros factores.	Los compromisos distinguen entre países desarrollados y en desarrollo, pero la distinción dicotómica se correlaciona solo en parte (y cada vez menos) con las tendencias de emisiones históricas y con las circunstancias económicas cambiantes. La equidad intertemporal se ve afectada por medidas a corto plazo.	Ratificado (o medida equivalente) por 192 países y organizaciones regionales, pero tardó 7 años para entrar en vigor. El cumplimiento depende de comunicaciones nacionales, además del sistema de cumplimiento del Protocolo. Posteriormente añadió enfoques para mejorar la medición, notificación y verificación (MRV).
	Mecanismos de Kyoto	Unos 1 400 millones de créditos de tCO ₂ eq en el MDL, 800 millones en el marco de la aplicación conjunta, y 200 millones en el comercio internacional de derechos de emisión (hasta julio de 2013). La adicionalidad de los proyectos del MDL sigue siendo un problema, pero se ha puesto en marcha una reforma.	El MDL movilizó opciones de bajo costo, en particular gases industriales, lo que redujo costos. Rendimiento insuficiente de algunos tipos de proyectos. Hay evidencia de que se está transfiriendo tecnología a países no incluidos en el anexo I.	Inversión directa limitada de países incluidos en el anexo I. Predomina la inversión interna, lo que concentra proyectos de MDL en pocos países. Contribuciones limitadas al desarrollo sostenible local.	Han contribuido a facilitar la viabilidad política del Protocolo de Kyoto. Tienen una gobernanza de varios niveles. Mayores mercados de carbono hasta la fecha. Han creado capacidad institucional en países en desarrollo.
	Otros acuerdos en el marco de la CMNUCC	Compromisos para limitar las emisiones contraídos por todos los principales emisores con arreglo a los Acuerdos de Cancún. Probablemente sean insuficientes para limitar un cambio de temperatura inferior a 2 °C. Depende del trato de las medidas más allá de los compromisos actuales para la mitigación y la financiación. La Plataforma de Durban insta a concertar un nuevo acuerdo para 2015, que entraría en vigor en 2020, con la participación de todas las partes.	No se ha evaluado la eficiencia. La costo-efectividad tal vez se mejore mediante instrumentos normativos basados en los mercados, la inclusión del sector de la silvicultura, y compromisos por parte de más países que los incluidos en el anexo I (conforme a lo previsto en la Plataforma de Durban).	Depende de fuentes de financiación, en particular para medidas de países en desarrollo.	Decisión de la Conferencia de las Partes en Cancún; 97 países se comprometieron a cumplir objetivos de reducción de emisiones o a adoptar medidas al respecto para 2020.
	Acuerdos fuera de la CMNUCC	G8, G20, Foro de las principales economías sobre energía y clima (MEF)	El G8 y el MEF han recomendado la reducción de emisiones por parte de todos los principales emisores. El G20 tal vez promueva reducciones de GEI eliminando gradualmente los subsidios a combustibles fósiles.	La adopción de medidas por todos los emisores principales tal vez reduzca la fuga y mejore la costo-efectividad, si se implementan mediante mecanismos flexibles. Posibles ganancias en eficiencia mediante la eliminación de subsidios. Demasiado pronto para evaluar el rendimiento económico empíricamente.	No ha movilizó la financiación climática. La eliminación de subsidios al combustible sería progresiva pero tiene efectos negativos en los países exportadores de petróleo y en aquellos con ingresos muy bajos a menos que se proporcione otro tipo de ayuda a los más pobres.
	Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono	Ha promovido la reducción de emisiones mediante las eliminaciones graduales previstas en el Protocolo de Montreal aproximadamente cinco veces la magnitud de los objetivos del PC1 de Kyoto. La contribución tal vez se vea anulada por sustitutos con alto potencial de calentamiento global (PCG), aunque aumentan los esfuerzos por eliminar los HFC.	Apoyo de la costo-efectividad mediante un enfoque multigases. Algunos países utilizaron mecanismos basados en los mercados para su implementación nacional.	Período de cumplimiento posterior para las eliminaciones graduales por los países en desarrollo. El Fondo del Protocolo de Montreal proporcionó fondos a los países en desarrollo.	Participación universal, pero los plazos de las medidas necesarias varían para los países desarrollados y en desarrollo.
	Mercado voluntario del carbono	Abarca 130 millones de tCO ₂ eq, pero la certificación sigue siendo un problema	Los precios de los créditos son heterogéneos, lo que indica ineficiencias de mercado	[No se citan estudios.]	Mercado fragmentado y no transparente.

Modalidad de cooperación internacional		Criterios de evaluación				
		Efectividad ambiental	Rendimiento económico agregado	Impactos en la distribución	Viabilidad institucional	
Cooperación propuesta [13.13.2]	Arquitecturas propuestas	Multilateralismo sólido	Compensación entre ambición (profundidad) y participación (amplitud).	Mayor costo-efectividad con mayor dependencia de los mecanismos de mercado.	El multilateralismo facilita la integración de impactos de distribución en las negociaciones y tal vez aplique criterios basados en la equidad señalados en el capítulo 4	Depende del número de partes; grado de ambición
		Políticas nacionales armonizadas	Depende del cambio agregado neto en la ambición de los países a raíz de la armonización.	Mayor costo-efectividad con mayor dependencia de los mecanismos de mercado.	Depende de políticas nacionales concretas	Depende de la similitud de las políticas nacionales; las más similares tal vez apoyen la armonización, pero las circunstancias domésticas pueden variar. Cumplimiento nacional.
		Arquitectura descentralizada, políticas nacionales coordinadas	La eficacia depende de la calidad de las normas y los créditos entre países	A menudo (aunque no necesariamente) se refiere al vínculo de sistemas nacionales de límite y comercio, en cuyo caso es costo-efectivo.	Depende de políticas nacionales concretas	Depende de la similitud de las políticas nacionales. Cumplimiento nacional.
		Acuerdos de distribución del esfuerzo (carga)	Consúltense las secciones 4.6.2 para el examen de los principios en los que pueden basarse los acuerdos de distribución del esfuerzo (carga), y la sección 6.3.6.6 para la evaluación cuantitativa.			

en otros objetivos nacionales, la transferencia tecnológica y la financiación climática. [13.3.2]

La reducción de la incertidumbre relativa a los costos y beneficios de la mitigación puede socavar la voluntad de los Estados para contraer compromisos en foros de cooperación internacional (nivel de confianza medio). En algunos casos, la reducción de la incertidumbre relativa a los costos y beneficios de la mitigación puede hacer que los acuerdos internacionales sean menos eficaces creando desincentivos a la participación de los Estados [13.3.3, 2.6.4.1]. Una segunda dimensión de la incertidumbre, la relativa a si las políticas implementadas por los Estados lograrán de hecho los resultados deseados, puede reducir la voluntad de los Estados para asumir compromisos relativos a esos resultados [2.6.3].

La cooperación internacional puede estimular la inversión pública y privada y la adopción de incentivos económicos y reglamentos directos que promuevan la innovación tecnológica (nivel de confianza medio). Las políticas tecnológicas pueden ayudar a reducir los costos de mitigación y, por tanto, aumentar los incentivos para la participación y el cumplimiento respecto a los esfuerzos de cooperación internacional, en particular a largo plazo. Las cuestiones de equidad pueden verse afectadas por regímenes domésticos de derechos de propiedad intelectual, que pueden alterar el ritmo de la transferencia tecnológica y el desarrollo de nuevas tecnologías. [13.3, 13.9]

Ante la falta de un acuerdo internacional vinculante sobre el cambio climático, o como complemento a este, los vínculos normativos entre las políticas climáticas vigentes e incipientes a nivel internacional, regional, nacional y subnacional ofrecen beneficios potenciales de mitigación y adaptación en relación con el cambio climático (nivel de confianza medio). Se están promoviendo los vínculos directos e indirectos entre mercados del car-

bono subnacionales, nacionales y regionales para mejorar la eficiencia de los mercados. El vínculo entre los mercados del carbono puede estimularse mediante la competencia entre regímenes de gobernanza públicos y privados, medidas de rendición de cuentas y el deseo de aprender de los experimentos normativos. No obstante, la integración de políticas climáticas plantea diversas cuestiones sobre el rendimiento de un sistema de normas jurídicas y actividades económicas vinculadas. [13.3.1, 13.5.3, 13.13.2.3] Se encuentran ejemplos destacados de vínculos entre las iniciativas climáticas nacionales y regionales (p. ej., el vínculo previsto entre el RCDE UE y el Régimen de comercio de derechos de emisión de Australia, el reconocimiento previsto de compensaciones internacionales por diversas jurisdicciones), y las iniciativas climáticas nacionales y regionales con el Protocolo de Kyoto (p. ej., el RCDE UE está vinculado a mercados internacionales del carbono mediante los Mecanismos de Kyoto basados en proyectos) [13.6, 13.7, figura 13.4, 14.4.2].

El comercio internacional puede promover o desalentar la cooperación internacional respecto al cambio climático (nivel de confianza alto). El desarrollo de relaciones constructivas entre el comercio internacional y los acuerdos climáticos conlleva considerar si las políticas y reglas comerciales vigentes pueden modificarse para que sean más inocuas para el clima; si las medidas de ajuste en frontera u otras medidas comerciales pueden ser eficaces para lograr los objetivos de la política climática internacional, incluidos la participación en acuerdos climáticos y su cumplimiento; o si la CMNUCC, la Organización Mundial del Comercio (OMC), un híbrido de ambas o una nueva institución es el mejor foro para una arquitectura relativa al comercio y el clima. [13.8]

El Protocolo de Montreal, encaminado a proteger la capa de ozono estratosférica, logró reducciones en las emisiones globales de GEI (nivel de confianza muy alto). El Protocolo fija límites res-

pecto a las emisiones de gases nocivos para el ozono que son también potentes GEI, como los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Los sustitutos de esos gases nocivos para el ozono (como los hidrofluorocarbonos (HFC), que no agotan la capa de ozono) tal vez sean también potentes GEI. La experiencia adquirida a raíz del Protocolo de Montreal, por ejemplo sobre el efecto de las transferencias financieras y tecnológicas en la ampliación de la participación en un acuerdo ambiental internacional, podría ser valiosa para el diseño de futuros acuerdos internacionales sobre el cambio climático (véase el cuadro RT.10). [13.3.3, 13.3.4, 13.13.1.4]

El Protocolo de Kyoto fue el primer paso vinculante hacia la implementación de los principios y objetivos previstos en la CMNUCC, pero ha tenido efectos limitados en las emisiones globales de GEI porque algunos países no ratificaron el Protocolo, algunas Partes no cumplieron sus compromisos, y sus compromisos se aplicaban solamente a una parte de la economía global (evidencia media, nivel de acuerdo bajo). Las Partes superaron colectivamente sus objetivos colectivos de reducción de emisiones en el primer período de compromiso, pero el Protocolo incluyó reducciones de emisiones que habrían ocurrido incluso en su ausencia. El Protocolo de Kyoto no influye directamente en las emisiones de los países no incluidos en el anexo I, que han crecido rápidamente en la última década. [5.2, 13.13.1.1]

Los mecanismos flexibles del Protocolo ofrecen posibilidades de reducción de gastos, pero su efectividad ambiental está menos clara (nivel de confianza medio). El Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), uno de los mecanismos flexibles del Protocolo, creó un mercado para compensaciones de las emisiones de GEI de los países en desarrollo, generando créditos equivalentes a cerca de 1,4 GtCO₂eq hasta octubre de 2013. La efectividad ambiental del MDL ha sido diversa debido a dudas sobre la limitada adicionalidad de los proyectos, la validez de las referencias, la posibilidad de fuga de emisiones y la reciente disminución del precio de los créditos. Su efecto sobre la distribución ha sido desigual debido a la concentración de proyectos en un número limitado de países. Otros mecanismos flexibles del Protocolo, como la aplicación conjunta y el comercio internacional de derechos de emisión, han sido emprendidos por gobiernos y agentes privados del mercado, pero han planteado dudas sobre la venta gubernamental de unidades de emisión (cuadro RT.10). [13.7.2, 13.13.1.2, 14.3.7.1]

Recientes negociaciones de la CMNUCC han tratado de incluir contribuciones más ambiciosas de los países que han contraído compromisos en virtud del Protocolo de Kyoto, contribuciones de mitigación de un conjunto más amplio de países, y nuevos mecanismos financieros y tecnológicos. En virtud de los Acuerdos de Cancún de 2010, los países desarrollados formalizaron compromisos voluntarios de objetivos cuantificados de reducción de las emisiones de GEI a nivel de toda la economía y algunos países en desarrollo formalizaron compromisos voluntarios de medidas de mitigación. El efecto de los acuerdos sobre la distribución dependerá en parte de la

magnitud y las fuentes de financiación, si bien los estudios científicos al respecto son limitados, porque los mecanismos de financiación evolucionan más rápidamente que las evaluaciones científicas respectivas (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*). En virtud de la Plataforma de Durban para una Acción Reforzada de 2011, los delegados acordaron elaborar un futuro régimen jurídico que sería aplicable a todas las Partes en la Convención e incluiría nuevos apoyos financieros y acuerdos tecnológicos sustanciales en beneficio de los países en desarrollo, pero los delegados no concretaron los medios para lograr esos fines. [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

RT.4.5 Inversión y finanzas

La transformación hacia una economía baja en carbono implica nuevos patrones de inversión. Un número limitado de estudios ha examinado las necesidades de inversión para distintos escenarios de mitigación. La información se limita en gran medida al uso de energía con una inversión anual total global en el sector energético de alrededor de 1,2 billones de dólares de Estados Unidos. Los escenarios de mitigación que alcanzan concentraciones atmosféricas de CO₂eq en el rango situado entre 430 y 530 ppm CO₂eq para 2100 (sin sobrepaso) muestran cambios sustanciales en los flujos anuales de inversión durante el período 2010-2029 frente a los escenarios de referencia (figura RT.39): la inversión anual en las tecnologías existentes asociadas al sector del suministro energético (p. ej., centrales eléctricas convencionales de combustibles fósiles y la extracción de combustibles fósiles) disminuiría unos 30 000 (2 000 a 166 000) millones de dólares al año (mediana: -20% con respecto a 2010) (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). La inversión en tecnologías de generación de energía baja en emisiones (renovable, nuclear, y centrales eléctricas con CAC) aumentaría en 147 000 (31 000 a 360 000) millones de dólares al año (mediana: +100% con respecto a 2010) durante el mismo período (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*) en combinación con un aumento de 336 000 (1 000 a 641 000) millones de dólares en inversiones de eficiencia energética en los sectores de edificios, transporte e industria (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Una mayor eficiencia energética y la adopción de tecnologías de generación de energía baja en emisiones contribuyen a una reducción en la demanda de combustibles fósiles, lo que provoca un descenso de la inversión en la extracción, la transformación y el transporte de combustibles fósiles. Los escenarios sugieren que la reducción anual media de la inversión en la extracción de combustibles fósiles en 2010-2029 sería de 116 000 (-8 000 a 369 000) millones de dólares (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Esos efectos de derrame podrían tener efectos adversos en los ingresos de los países que exportan combustibles fósiles. Los escenarios de mitigación también reducen la deforestación con respecto a las tendencias actuales de deforestación en un 50% con una inversión de 21 000 a 35 000 millones de dólares al año (nivel de confianza bajo). [16.2.2]

Las estimaciones de financiación climática total ascienden a entre 343 000 y 385 000 millones de dólares de Estados Uni-

dos al año entre 2010 y 2012 (*nivel de confianza medio*). El rango de variación se basa en datos de 2010, 2011 y 2012. La financiación climática se invirtió casi por igual en países desarrollados y en desarrollo. Alrededor del 95% del total se invirtió en mitigación (*nivel de confianza medio*). Las cifras reflejan el flujo financiero total de las inversiones subyacentes, y no la inversión adicional, es decir, la parte atribuida al incremento del costo de mitigación/adaptación (véase el recuadro RT.14). En general, los datos cuantitativos sobre financiación climática son limitados, están relacionados con distintos conceptos y son incompletos. [16.2.1.1]

Dependiendo de las definiciones y enfoques utilizados, los flujos de financiación climática a países en desarrollo se estiman entre 39 000 y 120 000 millones de dólares de Estados Unidos al año durante el período 2009 a 2012 (*nivel de confianza medio*). El rango de variación abarca flujos públicos y privados para la miti-

gación y la adaptación. La financiación climática pública fue de entre 35 000 y 49 000 millones de dólares (valores de 2011/2012) (*nivel de confianza medio*). La mayoría de la financiación climática pública proporcionada a los países en desarrollo se realiza por conducto de instituciones bilaterales y multilaterales, por lo general en forma de préstamos en condiciones favorables y subsidios. En el marco de la CMNUCC, la financiación climática se refiere a fondos proporcionados a los países en desarrollo por Partes incluidas en el anexo II y alcanzó un promedio de cerca de 10 000 millones de dólares al año de 2005 a 2010 (*nivel de confianza medio*). Entre 2010 y 2012, la “financiación acelerada” proporcionada por algunos países desarrollados ascendió a más de 10 000 millones de dólares al año (*nivel de confianza medio*). Las estimaciones de flujos de financiación climática privada internacional a países en desarrollo se sitúan entre 10 000 y 72 000 millones de dólares (valores de 2009/2010) al año, incluida la inversión extranjera directa como acciones y préstamos por valor de entre 10 000

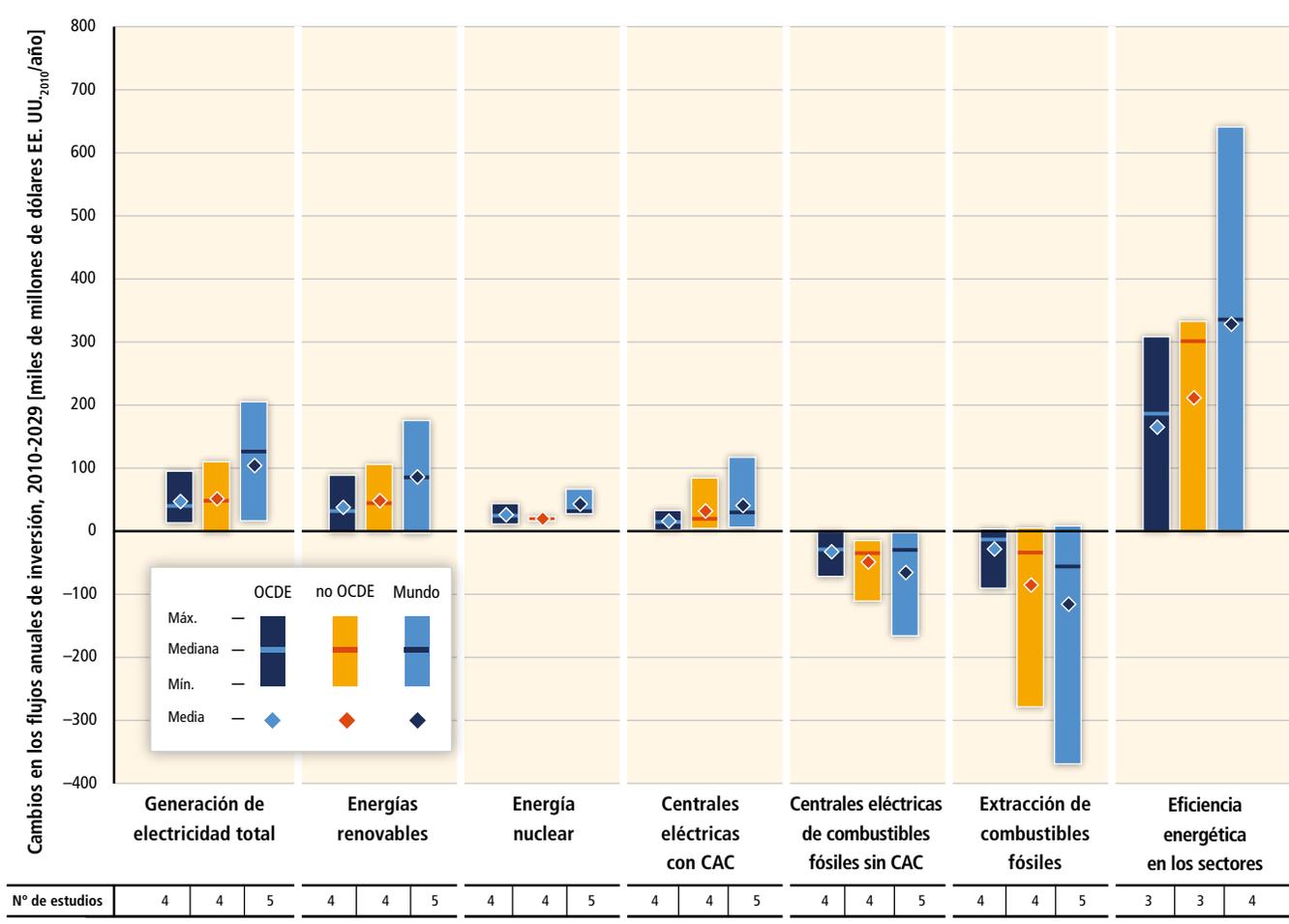


Figura RT.39 | Cambio en los flujos anuales medios de inversión en los escenarios de mitigación (2010-2029). Los cambios en la inversión son calculados por un número limitado de estudios de modelos y comparaciones de modelos para escenarios de mitigación que alcanzan concentraciones en el rango de 430-530 ppm CO₂eq en 2100 con respecto a las inversiones de referencia medias respectivas. Las barras verticales indican el rango entre la estimación mínima y la máxima de cambios en la inversión; la barra horizontal indica la mediana de los resultados de los modelos. La proximidad al valor de la mediana no implica una mayor probabilidad debido al diferente grado de agregación de resultados de los modelos, el número reducido de estudios disponibles y las diferentes hipótesis en los distintos estudios examinados. Las cifras en la fila de la base indican el número total de estudios evaluados. [figura 16.3]

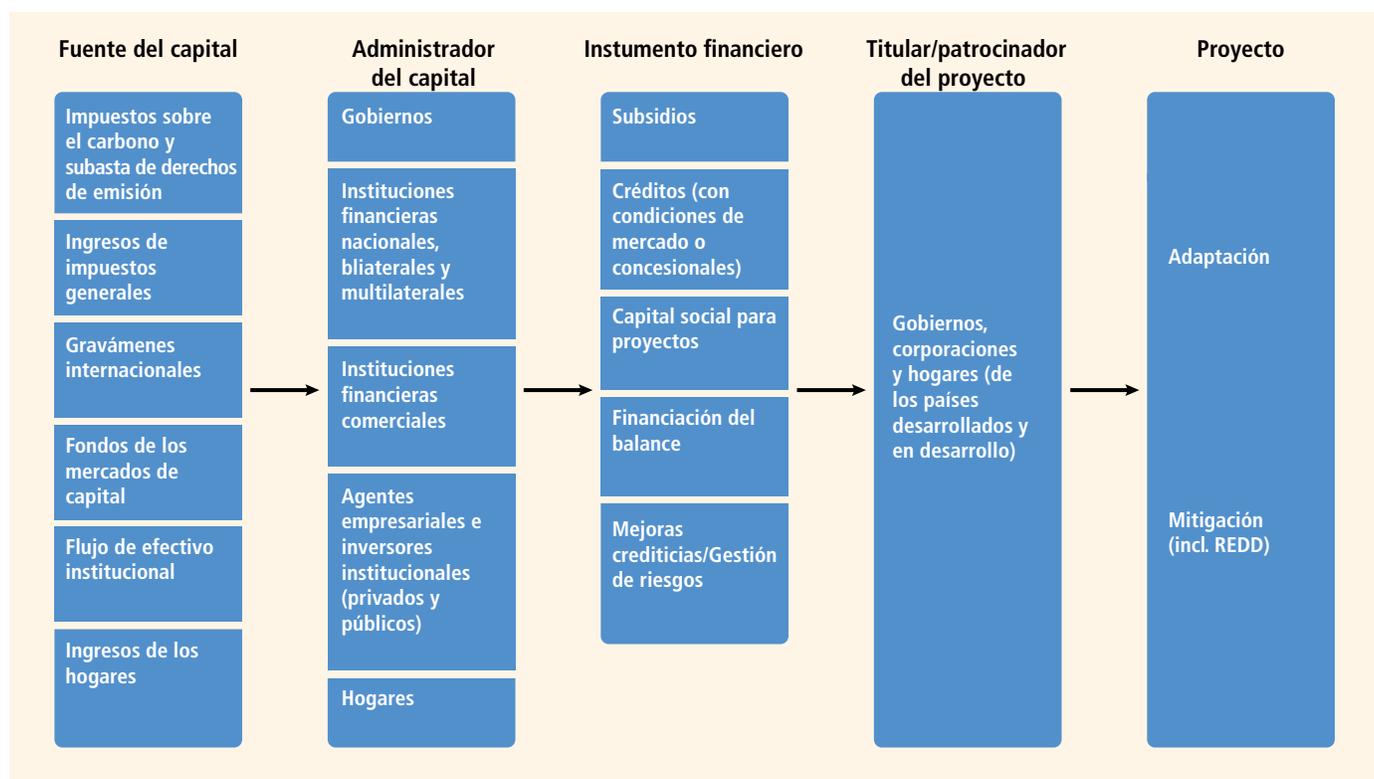


Figura RT.40 | Tipos de flujos de financiación climática. El término "capital" incluye todos los flujos financieros pertinentes. El tamaño de los recuadros no indica la magnitud de los flujos financieros. [figura 16.1]

Recuadro RT.14 | No hay definiciones convenidas de "inversión climática" y "financiación climática"

"La *financiación climática total*" incluye todos los flujos financieros cuyo efecto previsto es reducir las emisiones netas de GEI o aumentar la resiliencia frente a los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático proyectado. Ello abarca fondos públicos y privados, flujos domésticos e internacionales, gastos para la mitigación y adaptación, y la adaptación a la variabilidad climática actual y al cambio climático futuro. Comprende el valor pleno del flujo financiero en vez de la parte asociada al beneficio relativo al cambio climático. La parte asociada al beneficio relativo al cambio climático es el costo adicional. La "*financiación climática total a los países en desarrollo*" es el monto de la financiación climática total invertido en países en desarrollo que proviene de países desarrollados. Ello abarca fondos privados y públicos para la mitigación y adaptación. La "*financiación climática pública a países en desarrollo*" son los fondos proporcionados por instituciones bilaterales y gobiernos de países desarrollados, así como instituciones multilaterales, para actividades de mitigación y adaptación en países en desarrollo. La "*financiación climática privada a países en desarrollo*" es la financiación e inversión por entidades privadas en o de países desarrollados para actividades de mitigación y adaptación en países en desarrollo. En el marco de la CMNUCC, la financiación climática no está bien definida. Las Partes incluidas en el anexo II proporcionan y movilizan fondos para actividades relacionadas con el clima en países en desarrollo.

La "*inversión adicional*" es el capital extra necesario para la inversión inicial para un proyecto de mitigación o adaptación en comparación con un proyecto de referencia. La inversión adicional para proyectos de mitigación y adaptación no suele estimarse o presentarse, pero se dispone de estimaciones de modelos. El "*costo adicional*" refleja el costo de capital de la inversión adicional y el cambio de los costos de operación y mantenimiento para un proyecto de mitigación o adaptación en comparación con un proyecto de referencia. Puede calcularse como la diferencia entre los valores actuales netos de ambos proyectos. Muchas medidas de mitigación tienen mayores costos de inversión y menores costos de operación y mantenimiento que las medidas reemplazadas, de modo que el costo adicional tiende a ser inferior a la inversión adicional. Los valores dependen de la inversión adicional y de los costos de operación proyectados, incluido el precio de los combustibles fósiles, y la tasa de descuento. El "*costo macroeconómico de las políticas de mitigación*" es la reducción del consumo o producto interno bruto (PIB) agregados a raíz de la reubicación de inversiones y de gastos debida a las políticas climáticas (véase el recuadro RT.9). Esos costos no tienen en cuenta el beneficio de reducir el cambio climático antropógeno y, por tanto, deben evaluarse con respecto al beneficio económico de los impactos evitados del cambio climático. [16.1]

y 37 000 millones de dólares (valores de 2010 y 2008) al año durante el período 2008-2011 (*nivel de confianza medio*). La figura RT.40 presenta una sinopsis de la financiación climática, señalando fuentes y administradores de capital, instrumentos financieros, titulares de proyectos y proyectos. [16.2.1.1]

En entornos propicios adecuados, el sector privado, junto con el sector público, puede desempeñar un papel importante para financiar la mitigación. La contribución del sector privado a la financiación climática total se estima en un promedio de 267 000 millones de dólares (74%) al año en el período de 2010 a 2011, y de 224 000 millones de dólares (62%) al año en el período de 2011 a 2012 (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*) [16.2.1]. En diversos países, una gran parte de la inversión climática del sector privado depende de préstamos de interés bajo y a largo plazo y de garantías contra riesgos que proporcionan las instituciones del sector público para cubrir los costos y riesgos adicionales de muchas inversiones de mitigación. La calidad del entorno propicio de un país, incluidos la eficacia de sus instituciones, los reglamentos y directrices relativos al sector privado, la seguridad de los derechos de propiedad, la credibilidad de las políticas y otros factores, influye de modo sustancial a la hora de que las empresas privadas inviertan en nuevas tecnologías e infraestructura [16.3]. A finales de 2012, los 20 países desarrollados y en desarrollo con mayor volumen de emisiones y con calificaciones más bajas de riesgo por país para inversiones del sector privado produjeron el 70% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía (*nivel de confianza bajo*). Ello hace que resulten atractivos para la inversión del sector privado

internacional en tecnologías bajas en carbono. En otros muchos países, incluidos la mayoría de los países menos adelantados, la inversión baja en carbono a menudo tendrá que depender principalmente de fuentes domésticas o la financiación pública internacional. [16.4.2]

Uno de los obstáculos principales para el despliegue de tecnologías bajas en carbono es una baja tasa de rendimiento de la inversión ajustada a riesgos con respecto a las alternativas altas en carbono (*nivel de confianza alto*). Las políticas públicas y los instrumentos de apoyo pueden abordar esta cuestión modificando las tasas medias de rendimiento para distintas opciones de inversión, o creando mecanismos para reducir los riesgos a los que se enfrentan los inversores privados [15.12, 16.3]. Los mecanismos de fijación del precio del carbono (impuestos sobre el carbono, sistemas de límite y comercio), así como las primas de energía renovable, las tarifas reguladas, las normas relativas a las fuentes de energía renovables, las ayudas a la inversión, los préstamos de interés bajo y los seguros de crédito pueden orientar los perfiles de riesgos y beneficios hacia la dirección deseada [16.4]. Para algunos instrumentos, la presencia de un grado de incertidumbre sustancial sobre sus niveles futuros (p. ej., el monto futuro de un impuesto sobre el carbono respecto a diferencias en los costos de inversión y funcionamiento) puede reducir la eficacia o la eficiencia del instrumento. Los instrumentos que crean un incentivo fijo o inmediato para invertir en tecnologías con bajo nivel de emisiones, como las ayudas a la inversión, los préstamos de interés bajo o las tarifas reguladas, no parecen verse afectados por este problema. [2.6.5]



Anexo

Glosario, y siglas, abreviaturas y símbolos químicos

Editores del Glosario:

Julian M. Allwood (Reino Unido), Valentina Bosetti (Italia), Navroz K. Dubash (India), Luis Gómez-Echeverri (Austria/Colombia), Christoph von Stechow (Alemania)

Contribuyentes al Glosario:

Marcio D'Agosto (Brasil), Giovanni Baiocchi (Reino Unido/Italia), John Barrett (Reino Unido), John Broome (Reino Unido), Steffen Brunner (Alemania), Micheline Cariño Olvera (México), Harry Clark (Nueva Zelandia), Leon Clarke (Estados Unidos de América), Heleen C. de Coninck (Países Bajos), Esteve Corbera (España), Felix Creutzig (Alemania), Gian Carlo Delgado (México), Manfred Fischedick (Alemania), Marc Fleurbaey (Francia/Estados Unidos de América), Don Fullerton (Estados Unidos de América), Richard Harper (Australia), Edgar Hertwich (Austria/Noruega), Damon Honnery (Australia), Michael Jakob (Alemania), Charles Kolstad (Estados Unidos de América), Elmar Kriegler (Alemania), Howard Kunreuther (Estados Unidos de América), Andreas Löschel (Alemania), Oswaldo Lucon (Brasil), Axel Michaelowa (Alemania/Suiza), Jan C. Minx (Alemania), Luis Mundaca (Chile/Suecia), Jin Murakami (Japón/China), Jos G.J. Olivier (Países Bajos), Michael Rauscher (Alemania), Keywan Riahi (Austria), H.-Holger Rogner (Alemania), Steffen Schlömer (Alemania), Ralph Sims (Nueva Zelandia), Pete Smith (Reino Unido), David I. Stern (Australia), Neil Strachan (Reino Unido), Kevin Urama (Nigeria/Reino Unido/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hungría), David G. Victor (Estados Unidos de América), Elke Weber (Estados Unidos de América), Jonathan Wiener (Estados Unidos de América), Mitsutsune Yamaguchi (Japón), Azni Zain Ahmed (Malasia)

Este anexo debe ser citado del siguiente modo:

Allwood J.M., V. Bosetti, N.K. Dubash, L. Gómez-Echeverri, y C. von Stechow, 2014: Glosario. En: *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [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. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Índice

Glosario	123
Siglas, abreviaturas y símbolos químicos	151
Referencias	152

Glosario

En el presente glosario se definen, tal y como los autores principales desean que se interpreten en el contexto de este informe, algunos términos específicos. Las **entradas** del glosario (destacadas en negrita) aparecen por temas de preferencia; una entrada principal puede incluir **subentradas**, que se destacan en negrita y cursiva; por ejemplo, **Energía primaria** se define en la entrada de **Energía**. Las *palabras* en letra azul y en cursiva denotan términos definidos en este Glosario. Al glosario le sigue una lista de siglas, abreviaturas y símbolos químicos. Sírvase remitirse al anexo II del informe de base (solo en inglés) para consultar las unidades estándar, los prefijos y la conversión de unidades (sección A.II.1) así como las regiones y agrupaciones de países (sección A.II.2).

Acceso a la energía (energy access): Acceso a *servicios energéticos* limpios, fiables y asequibles para la cocina y la calefacción, la iluminación, las comunicaciones y usos productivos (Grupo asesor sobre energía y cambio climático, 2010).

Acción voluntaria (voluntary action): Programas informales, compromisos propios y declaraciones en las que las partes involucradas en la acción (compañías o grupos de compañías) establecen sus propias metas y, a menudo, crean sus propios sistemas de seguimiento y reporte.

Acuerdo (agreement): En el presente Informe, el grado de acuerdo es el nivel de coincidencia en la literatura científica acerca de una conclusión determinada, según la evaluación de los autores. Véanse también *Evidencia, Confianza, Probabilidad e Incertidumbre*.

Acuerdo de Copenhague (Copenhagen Accord): Acuerdo político (sin carácter jurídico) al que se llegó en el 15º período de sesiones de la *Conferencia de las Partes (CP)* en el que los delegados ‘conviniere en tomar nota’, debido a la ausencia de consenso que precisaría un acuerdo. Algunos de los principales elementos incluyen: el reconocimiento de la importancia de la opinión científica acerca de la necesidad de limitar el aumento en la *temperatura media global en superficie* por debajo de 2 °C; el compromiso de las *Partes incluidas en el anexo I* de aplicar los objetivos de reducción de las emisiones relativas al conjunto de la economía para 2020, y el compromiso de las *Partes no incluidas en el anexo I* de aplicar medidas de *mitigación*; para las *Partes incluidas en el anexo I*, el acuerdo de asumir objetivos de emisión y el cumplimiento de los compromisos de financiación destinada a los países en desarrollo sujetos a medición, notificación y verificación (MRV), y para los *países en desarrollo*, el sometimiento a medición, notificación y verificación a nivel nacional de las medidas adoptadas; la petición de mayor financiación, en particular una financiación acelerada por valor de 30 000 millones de dólares de Estados Unidos y de 100 000 millones de dólares Estados Unidos en 2020; el establecimiento de un nuevo *Fondo Verde para el Clima*; y la creación de un nuevo mecanismo tecnológico. Algunos de esos elementos se adoptaron posteriormente en los *Acuerdos de Cancún*.

Acuerdo voluntario (voluntary agreement): Acuerdo entre una autoridad gubernamental y una o varias partes privadas para lograr objetivos ambientales o mejorar los resultados ambientales más allá del cumplimiento de las obligaciones reguladas. No todos los acuerdos voluntarios son verdaderamente voluntarios; algunos de ellos incluyen gratificaciones y/o sanciones asociadas con la adhesión a los compromisos o su cumplimiento.

Acuerdos de Cancún (Cancún Agreements): Conjunto de decisiones aprobadas en el 16º 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 (MRV, por sus siglas en inglés) para los países que reciben apoyo internacional para sus iniciativas de *mitigación*.

Acumulación (de Unidades de Cantidad Atribuida) (Banking (of Assigned Amount Units): Toda transferencia de *Unidades de Cantidad Atribuida (UCA)* de un período actual a un futuro período de compromiso. Según el *Protocolo de Kyoto* [Artículo 3 (13)], las Partes incluidas en el anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* pueden acumular las UCA excedentes del primer período de cumplimiento a sus *límites de emisiones* respectivos correspondientes a posteriores períodos de compromiso (a partir de 2012).

Adaptabilidad (adaptability): Véase *Capacidad de adaptación*.

Adaptación (adaptation): Proceso de ajuste al *clima* real o proyectado y a 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.¹

Adicionalidad (additionality): Los proyectos de *Mitigación* (p. ej., en el marco de los *Mecanismos de Kyoto*), las *políticas de mitigación* o la *financiación climática* son adicionales si van más allá del nivel de la inacción (*sin introducción de cambios*) o la *referencia*. Es necesaria adicionalidad para garantizar la integridad medioambiental de los mecanismos basados en proyectos de compensación, pero es difícil de establecer en la práctica debido al carácter hipotético de la *referencia*.

Aerosol (aerosol): Suspensión de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, de tamaño comprendido entre unos pocos nanómetros

¹ 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.

y 10 μm , que permanecen en la *atmósfera* durante varias horas o más. Por conveniencia, en el presente informe el término aerosol, que comprende tanto las partículas como el gas en suspensión, se utiliza normalmente en plural para indicar *partículas* de aerosol. Los aerosoles pueden ser de origen natural o antropógeno. Pueden influir en el *clima* de varias maneras: directamente, dispersando y absorbiendo radiación, o indirectamente, actuando como núcleos de condensación de nubes o núcleos de hielo, modificando las propiedades ópticas y el período de vida de las nubes. Los aerosoles atmosféricos, ya sean de origen natural o antropógeno, se generan por dos vías diferentes: emisiones de *partículas en suspensión (PM)* primarias y formación de *partículas en suspensión (PM)* secundarias procedentes de *precursores* gaseosos. La mayor parte de los aerosoles son de origen natural. Algunos científicos utilizan etiquetas para agruparlos en referencia a su composición química, concretamente: sal marina, carbono orgánico, *carbono negro (CN)*, elementos minerales (principalmente polvo del desierto), sulfato, nitrato y amoníaco. Sin embargo, tales etiquetas son inexactas, puesto que los aerosoles combinan partículas para crear mezclas complejas. Véase también *Contaminantes climáticos de corta vida (CCCV)*.

Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*): La Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo desempeña un papel central para la *seguridad alimentaria* y el *desarrollo sostenible*. Las principales opciones de *mitigación* en AFOLU 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 (CH₄)* y *óxido nitroso (N₂O)*; el *secuestro*—se aumenta el tamaño de los *reservorios de carbono* existentes, y por tanto se extrae *dióxido de carbono (CO₂)* 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 CO₂. También pueden desempeñar un papel las medidas del lado 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, cambio de uso del suelo y silvicultura, excluidas las *emisiones agrícolas*.

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 del suelo.

Alianza de Estados Insulares Pequeños (AOSIS) (*Alliance of Small Island States*): Coalición de islas pequeñas y países costeros

de baja altitud integrada por 44 Estados y observadores que comparten intereses y se mantienen activos en los debates y negociaciones mundiales sobre el medio ambiente, especialmente en los relacionados con su vulnerabilidad ante los efectos adversos del *cambio climático*. Establecida en 1990, la AOSIS actúa como lobby ad-hoc y voz negociadora para los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) en el marco de las Naciones Unidas, incluyendo las negociaciones sobre el *cambio climático* de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*.

Análisis ambiental input-output (*environmental input-output analysis*): Método analítico utilizado para asignar impactos ambientales derivados de la producción a categorías de consumo final, por medio de la inversa de Leontief de las tablas económicas de input-output de un país. Véase también el anexo II.6.2.

Análisis costo-beneficio (*cost-benefit analysis*): Estimación monetaria de todos los efectos negativos y positivos asociados a una acción determinada. Los costos y beneficios se comparan en términos de su diferencia y/o relación, como indicador de la forma en que una inversión determinada u otra actuación de *política* resulta rentable desde una perspectiva social.

Análisis de costo-efectividad (*cost-effectiveness analysis*): Herramienta basada en la optimización restringida para comparar *políticas* concebidas para cumplir un objetivo especificado previamente.

Análisis de equilibrio general (*general equilibrium analysis*): El análisis del equilibrio general considera simultáneamente todos los mercados y los efectos de retroalimentación entre ellos en una economía que tiende al vaciado de mercados. Los *modelos de equilibrio general (computable)* son las herramientas operativas empleadas para realizar este tipo de análisis.

Análisis de sensibilidad (*sensitivity analysis*): En los análisis cuantitativos evalúa el modo en que unos supuestos cambiantes alteran los resultados. Se realiza un análisis de este tipo, por ejemplo, eligiendo diferentes valores para unos parámetros específicos y volviendo a aplicar un *modelo* dado de modo que analice el efecto de esos cambios en el resultado del modelo.

Análisis del ciclo de vida (*Lifecycle Assessment*): Técnica ampliamente utilizada y definida en ISO 14040 como “la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a través de su ciclo de vida”. Los resultados de los estudios de la evaluación del ciclo de vida dependen mucho de los límites del sistema en el que se realizan. La finalidad de la técnica es hacer una comparación relativa entre dos medios similares para completar un producto. Véase también el anexo II.6.3.

Análisis del flujo de materiales (*material flow analysis*): Evaluación sistemática del flujo y las reservas de materiales dentro de un sis-

tema definido en el espacio y el tiempo (Brunner y Rechberger, 2004). Véase también el anexo II.6.1.

Análisis descriptivo (*descriptive analysis*): Las metodologías descriptivas (también denominadas positivas) de análisis se centran en cómo funciona el mundo o se comportan los actores, no en cómo deben hacerlo en un mundo ideal. Véase también *Análisis normativo*.

Análisis input-output (*input-output analysis*): Véase *Análisis ambiental input-output*.

Análisis multiatributos (*multi-attribute analysis*): Véase *Análisis multicriterios*.

Análisis multicriterios (*multi-criteria analysis*): Análisis que integra diferentes parámetros y valores de decisión sin asignar valores monetarios a todos los parámetros. Puede combinar información cuantitativa y cualitativa. Se denomina también análisis multiatributos.

Análisis normativo (*normative analysis*): Análisis en el que se realizan juicios sobre la conveniencia de diferentes *políticas*. Las conclusiones dependen de los juicios de valor así como de los hechos y teorías. Véase también *Análisis descriptivo*.

Análisis positivo (*positive analysis*): Véase *Análisis descriptivo*.

Aplicación conjunta (*Joint Implementation*): Mecanismo definido en el artículo 6 del *Protocolo de Kyoto*, mediante el cual los inversores (gobiernos o empresas) de *países desarrollados* (incluidos en el anexo B) pueden llevar a cabo proyectos de forma conjunta que limiten o reduzcan las emisiones, o mejoren los *sumideros*, y compartir sus *unidades de reducción de emisiones (URE)*. Véase también *Mecanismos de Kyoto*.

Aprendizaje tecnológico (*technological learning*): Véase *Curva/tasa de aprendizaje*.

Arenas de petróleo y esquisto bituminoso (*oil sands and oil shale*): Arenas porosas no consolidadas, rocas de arenisca y esquistos que contienen material bituminoso que puede extraerse de minas y convertirse en combustible líquido. Véase también *Combustibles no convencionales*.

Atmósfera (*atmosphere*): Envoltura gaseosa que rodea la Tierra, dividida en cinco capas: la *troposfera*, que contiene la mitad de la atmósfera terrestre, la *estratosfera*, la mesosfera, la termosfera y la exosfera, límite superior de la atmósfera. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 20,9%), y varios *gases traza*, como el argón (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,93%), el helio, y *gases de efecto invernadero (GEI)* radiativamente activos, como el *dióxido de carbono (CO₂)* (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,035%) o el *ozono (O₃)*. Además, la atmós-

fera contiene vapor de agua (H₂O), que es también un *GEI*, en cantidades muy variables aunque, por lo general, con un coeficiente de mezclado volumétrico del 1%. La atmósfera contiene también nubes y *aerosoles*.

Autoridad nacional designada (*designated national authority*): *Institución* nacional que autoriza y aprueba los proyectos del *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)* en el país. En los países de acogida del MDL, la autoridad nacional designada analiza si los proyectos propuestos ayudan al país a lograr sus objetivos de *desarrollo sostenible*, cuya certificación es un prerrequisito para que la Junta Ejecutiva del MDL inscriba los proyectos.

Barreras de mercado (*market barriers*): En el contexto de la *mitigación* del cambio climático, las barreras de mercado son condiciones que evitan o impiden la difusión de tecnologías o prácticas *costo-efectivas* que mitigarían las emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)*.

Base/referencia (*baseline/reference*): Estado respecto al cual se mide un cambio. En el contexto de las *trayectorias 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 y/o se han legislado 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 (GEI)*, 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 literatura también es sinónimo de 'escenario sin introducción de cambios', si bien este término ha perdido apoyo debido a que la idea de 'inacción' es difícil de imaginar en las proyecciones socioeconómicas a lo largo de un siglo. Véanse también *Escenario climático*, *Escenario de emisiones*, *Trayectorias de concentración representativas (RCP)*, *Trayectorias socioeconómicas compartidas*, *Escenario socioeconómico*, *Escenarios del IE-EE* y *Estabilización*.

Beneficios secundarios (*ancillary benefits*): Véase *Cobeneficios*.

Bien público (*public good*): Los bienes públicos son no rivales (su consumo por un consumidor no impide el consumo simultáneo por otros consumidores) y no excluyentes (no es posible impedir que las personas que no paguen por ellos tengan acceso a ellos).

Biocarbón (*biochar*): La estabilización de *biomasa* puede representar una alternativa a la *bioenergía* o mejorarla en las estrategias de *mitigación* basadas en el suelo. El calentamiento de *biomasa* en ausencia de aire produce un coproducto estable rico en carbono (carbón char). Cuando se añade al suelo, ese carbón crea un sistema que posee un potencial de reducción mayor que la *bioenergía* típica. El beneficio

relativo de los sistemas de biocarbón aumenta si se tienen en cuenta los cambios en el rendimiento de los cultivos y las emisiones del suelo de *metano* (CH_4) y *óxido nitroso* (N_2O).

Biocombustible (*biofuel*): Combustible, generalmente líquido, producido a partir de materia orgánica o de aceites combustibles elaborados por plantas vivas o plantas que han estado vivas recientemente. Son ejemplos de biocombustibles el alcohol (*bioetanol*), la leña negra derivada del proceso de fabricación de papel o el aceite de soja.

Biocombustible fabricado de primera generación (*first-generation manufactured biofuel*): Se obtiene de cereales, semillas oleaginosas, grasas animales y aceites vegetales de desecho mediante tecnologías de conversión maduras.

Biocombustible de segunda generación (*second-generation biofuel*): Utiliza procesos de conversión bioquímica y termoquímica no tradicionales y materias primas derivadas fundamentalmente de las fracciones lignocelulósicas de, por ejemplo, residuos agrícolas y forestales, residuos sólidos urbanos, etc.

Biocombustible de tercera generación (*third-generation biofuel*): Se obtendría de materias primas como las algas y cultivos energéticos mediante procesos avanzados que todavía están en desarrollo.

Estos biocombustibles de segunda y tercera generación obtenidos mediante procesos nuevos también se denominan biocombustibles avanzados o de nueva generación, o tecnologías biocombustibles avanzadas.

Biodiversidad (*biodiversity*): Variabilidad entre los organismos vivos de los *ecosistemas* terrestres, marinos y de otro tipo. La biodiversidad incluye la variabilidad a nivel genético, de especie y de *ecosistema*.²

Bioenergía (*bioenergy*): *Energía* derivada de cualquier forma de *biomasa*, por ejemplo organismos vivos recientemente o sus subproductos metabólicos.

Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) (*Bioenergy and Carbon Dioxide Capture and Storage*): 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, incluyendo los efectos indirectos marginales totales (debidos al *cambio indirecto de uso del suelo* (iLUC) y otros procesos), la bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono presenta posibilidades de remoción neta de *dióxido de carbono* (CO_2) de la *atmósfera*. Véase también *Secuestro*.

Bioetanol (*bioethanol*): Etanol producido a partir de *biomasa* (p. ej. de la caña de azúcar o el maíz). Véase también *Biocombustible*.

Biomasa (*biomass*): Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta. En el contexto de este informe la biomasa incluye productos, subproductos y desechos de origen biológico (vegetal o animal), excluido el material que ha sido englobado en formaciones geológicas y transformado en *combustibles fósiles* o turba.

Biomasa tradicional (*traditional biomass*): Por biomasa tradicional se entiende la biomasa –leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol animal– utilizada con las denominadas tecnologías tradicionales como los fuegos abiertos para cocinar, los hornos rústicos y los hornos para pequeñas industrias. La biomasa tradicional se utiliza ampliamente en los *países en desarrollo*, donde 2,6 millones de personas cocinan con fuegos abiertos de leña y hay cientos de miles de pequeñas industrias. El uso de estas tecnologías rústicas provoca altos niveles de contaminación y, en determinadas circunstancias, degradación de los *bosques* y *deforestación*. Hay muchas iniciativas en todo el mundo que han conseguido unos mayores niveles de rendimiento y limpieza en la quema de la biomasa tradicional mediante el uso de hornos rústicos e industriales eficientes. Este uso de la biomasa tradicional es sostenible y proporciona grandes beneficios de salud y económicos a las poblaciones locales en los *países en desarrollo*, sobre todo en las zonas rurales y periurbanas.

Biomasa moderna (*modern biomass*): Toda la biomasa utilizada en sistemas de conversión de alto rendimiento.

Biosfera (terrestre y marina) (*biosphere (terrestrial and marine)*): Parte del sistema Tierra que abarca todos los *ecosistemas* y organismos vivos de la *atmósfera*, de la tierra (biosfera terrestre) y los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos.

Bosque (*forest*): Tipo de vegetación en que predominan los árboles. Las definiciones de bosque en distintos lugares del mundo son muy diversas, en consonancia con la diversidad de condiciones biogeofísicas y de estructuras sociales y económicas. Con arreglo a la definición de 2005 de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC), un bosque es una superficie de tierra de al menos 0,05-1 hectáreas con una cubierta de copas de árboles que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar in situ una altura mínima de 25 metros en su madurez. Las Partes en la Convención pueden optar por la definición de bosque más conveniente dentro de esos parámetros. Actualmente, la definición no reconoce diferentes biomas ni distingue los bosques naturales de las plantaciones, anomalía que muchos han señalado que necesita ser rectificada.

² 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).

Este término y otros de parecida índole, como *forestación*, *reforestación* o *deforestación*, se examinan en el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Degradation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

Calentamiento global (*global warming*): Denota el aumento gradual, observado o previsto, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del *forzamiento radiativo* provocado por las *emisiones antropógenas*.

Calor y electricidad combinados (*Combined Heat and Power*): Véase *Cogeneración*.

Cambio climático (*climate change*): Variación del estado del *clima* identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/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, a forzamientos externos o a 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 mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables'. La *CMNUCC* diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Véase también *Cambio climático asegurado*.

Cambio climático abrupto (*abrupt climate change*): Cambio a gran escala en el *sistema climático* que tiene lugar en algunos decenios o en un lapso menor, persiste (o se prevé que persista) durante al menos algunos decenios y provoca importantes alteraciones en los sistemas humanos y naturales. Véase también *Umbral climático*.

Cambio climático asegurado (*climate change commitment*): Debido a la inercia térmica del océano y a ciertos procesos lentos de la criosfera y de las superficies terrestres, el *clima* seguiría cambiando aunque la composición de la *atmósfera* mantuviera fijos sus valores actuales. Los cambios en la composición de la atmósfera ya experimentados conllevan un *cambio climático* asegurado, que continuará en tanto persista el desequilibrio radiativo y hasta que todos los componentes del *sistema climático* se ajusten a un nuevo estado. Los cambios de temperatura sobrevenidos una vez que la composición de la *atmósfera* se ha estabilizado se denominan variación asegurada de temperatura a composición constante o simplemente calentamiento asegurado. El cambio climático asegurado conlleva también otros cambios, por ejemplo del ciclo hidrológico, de los fenómenos meteorológicos extremos, de los fenómenos climáticos extremos y del nivel del mar. Con emisiones constantes aseguradas se llegaría a un cambio

climático asegurado resultante de mantener constantes las *emisiones antropógenas*, y con emisiones nulas aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de fijar a cero las emisiones. Véase también *Cambio climático*.

Cambio de comportamiento (*behaviour change*): En el presente informe, el cambio de *comportamiento* hace referencia a la alteración de las decisiones y acciones humanas de modo que mitiguen el *cambio climático* y/o reduzcan las consecuencias negativas de los impactos del *cambio climático*. Véase también *Motores del comportamiento*.

Cambio de uso del suelo indirecto (iLUC) (*indirect land use change*): Véase *Uso del suelo*.

Cambio estructural (*structural change*): Modificación, por ejemplo, de la distribución relativa del *producto interno bruto (PIB)* producido por los sectores industriales, agrícolas y de servicios de una economía o, de manera más general, las transformaciones de los sistemas cuando algunos componentes son cambiados o sustituidos potencialmente por otros.

Cambio tecnológico (*technological change*): Los modelos económicos distinguen entre cambios tecnológicos autónomos (exógenos), endógenos e inducidos.

Cambio tecnológico autónomo (exógeno) (*autonomous (exogenous) technological change*): Viene impuesto por factores externos al modelo (p. ej., un parámetro), por lo general como una tendencia temporal que afecta a la productividad de los factores y/o de la *energía* y, por lo tanto, a la demanda de energía y/o al crecimiento económico.

Cambio tecnológico endógeno (*endogenous technological change*): Es el resultado de la actividad económica contemplada en el modelo (p. ej., como una variable), de modo que la productividad de los factores o la elección de tecnologías está incorporada en el modelo, y afecta a la demanda de *energía* y/o al crecimiento económico.

Cambio tecnológico inducido (*induced technological change*): Implica un cambio tecnológico endógeno, pero incorpora cambios adicionales derivados de *políticas* y *medidas*, por ejemplo *impuestos sobre el carbono* que fomentan la investigación y el desarrollo.

Cantidad atribuida (*Assigned Amount*): En virtud del *Protocolo de Kioto*, la cantidad atribuida es la cantidad de emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)* que cada país incluido en el anexo B ha acordado como su *límite* durante el primer período quinquenal de compromiso (2008-2012). Esta cantidad se calcula multiplicando por cinco las emisiones totales de GEI de un país en 1990 (para el período de cinco años de compromiso) y luego por el porcentaje acordado en el anexo

B del *Protocolo de Kyoto* (p. ej., 92% para la Unión Europea). Véase también *Unidad de Cantidad Atribuida (UCA)*.

Capacidad de adaptación (*adaptive capacity*): Capacidad de los sistemas, las *instituciones*, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.³

Capacidad de mitigación (*mitigation capacity*): Capacidad de un país para reducir las emisiones antropógenas de *gases de efecto invernadero (GEI)* o para mejorar los *sumideros* naturales, entendiendo por capacidad los conocimientos, competencias, aptitudes y habilidades adquiridos por un país y que depende de las tecnologías, las *instituciones*, la riqueza, la equidad, las infraestructuras y la información. La capacidad de mitigación está muy vinculada a la vía de *desarrollo sostenible* que siga un país.

Captura del valor del suelo (*land value capture*): Mecanismo financiero generalmente basado en relación con sistemas de tránsito u otras infraestructuras y servicios que captura el aumento de valor del suelo generado por la ganancia de accesibilidad.

Captura directa de aire (*direct air capture*): Proceso químico mediante el cual se produce una corriente de *dióxido de carbono (CO₂)* puro al capturar CO₂ del aire ambiente.

Captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) (*Carbon Dioxide Capture and Storage*): Proceso en el que un flujo relativamente puro de *dióxido de carbono (CO₂)* 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 periodo de tiempo. Véanse también *Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS)*, *Listo para la captura y secuestro del carbono* y *Secuestro*.

Carbono negro (CN) (*black carbon*): Especie de *aerosol* definida a efectos prácticos en términos de absorción de luz, de reactividad química y/o de estabilidad térmica. A veces se conoce como *hollín*. Está formado principalmente por la combustión incompleta de *combustibles fósiles*, *biocombustibles* y *biomasa*, aunque también se da de forma natural. Permanece en la *atmósfera* únicamente unos días o semanas. Es el componente de las *partículas en suspensión (PM)* con mayor capacidad de absorción de luz y tiene un efecto de calentamiento por absorber calor en la *atmósfera* y reducir el albedo cuando se encuentra depositado en el hielo o la nieve.

Células fotovoltaicas (*photovoltaic cells*): Dispositivos electrónicos que generan electricidad a partir de la *energía* lumínica. Véase también *Energía solar*.

Ciclo del carbono (*carbon cycle*): Término que describe el flujo de carbono (en forma, por ejemplo, de *dióxido de carbono (CO₂)*) 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 GtC o la GtCO₂ (1 GtC equivale a 3,667 GtCO₂). El carbono es el principal componente químico de la mayor parte de la materia orgánica y se almacena en los siguientes *reservorios* principales: las moléculas orgánicas de la *biosfera*, el CO₂ de la *atmósfera*, la materia orgánica de los suelos, la litosfera y los océanos.

Clima (*climate*): El clima se suele definir en sentido estricto como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El periodo de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (p. ej., temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio el clima es el estado, incluyendo una descripción estadística, del *sistema climático*.

Clorofluorocarbonos (CFC) (*chlorofluorocarbons*): Compuestos orgánicos que contienen cloro, carbono, hidrógeno y flúor y se utilizan para refrigeración, aire acondicionado, empaquetado, espuma plástica, aislamiento, disolventes o propelentes de *aerosoles*. Como no se destruyen en la *atmósfera* baja, los CFC se desplazan hasta la atmósfera alta donde, con las condiciones apropiadas, descomponen el *ozono (O₃)*. Son uno de los *gases de efecto invernadero (GEI)* incluidos en el *Protocolo de Montreal* de 1987, por lo que su fabricación se ha ido suprimiendo progresivamente y se han sustituido por otros compuestos, entre ellos los *hidrofluorocarbonos (HFC)*, que son gases de efecto invernadero (GEI) incluidos en el *Protocolo de Kyoto*.

Cobeneficios (*co-benefits*): Efectos positivos que una *política* o *medida* destinada a un objetivo podrían tener en otros objetivos, sin haber evaluado el efecto neto sobre el bienestar social general. Los cobeneficios están a menudo sujetos a *incertidumbre* y dependen, entre otros factores, de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Los cobeneficios a menudo se denominan beneficios secundarios. Véanse también *Efecto colateral adverso*, *Riesgo* y *Compensación del riesgo*.

Cogeneración (*cogeneration*): También denominada calor y electricidad combinados, es la generación simultánea y la aplicación útil de electricidad y calor útil.

Combustibles convencionales (*conventional fuels*): Véase *Combustibles fósiles*.

Combustibles fósiles (*fossil fuels*): Combustibles basados en carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluyendo el carbón, la turba, el petróleo y el gas natural.

³ 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).

Combustión en antorcha (de gas) (*flaring*): Combustión al aire libre de gases residuales y líquidos volátiles, a través de una chimenea, en pozos o plataformas petrolíferos, en refinerías o plantas de productos químicos y en vertederos.

Comercio de derechos de emisión (*emissions trading*): Instrumento basado en el mercado que se utiliza para controlar las emisiones. El objetivo medioambiental o la suma del total de emisiones autorizadas constituye el *límite* de las emisiones. Ese *límite* se divide en *permisos de emisión* comercializables, que se conceden —bien por subasta, bien por asignación gratuita— a entidades que están bajo la jurisdicción del régimen de comercio de derechos de emisión. Esas entidades deben entregar *permisos de emisión* por un valor igual al volumen de sus emisiones (p. ej., las toneladas de *dióxido de carbono* (CO_2)). Una entidad puede vender el remanente que posea de derechos de emisión. Los regímenes de comercio de los derechos de emisión pueden establecerse a nivel empresarial, nacional o internacional y pueden aplicarse al CO_2 , a otros *gases de efecto invernadero* (GEI) o a otras sustancias. El comercio de los derechos de emisión también es un mecanismo previsto en el *Protocolo de Kyoto*. Véase también *Mecanismos de Kyoto*.

Compensación (en las políticas climáticas) (*offset (in climate policy)*): Unidad de *emisiones de CO_2 equivalente* que no se produce, se reduce o se secuestra para compensar las emisiones que se generan en otro lugar.

Comportamiento (*behaviour*): En el presente informe, el comportamiento denota decisiones y acciones humanas (y las percepciones y los juicios en que estas se basan) que influyen directa o indirectamente en la *mitigación* o en los efectos de los posibles impactos del *cambio climático* (*adaptación*). Tales decisiones y acciones se producen a diferentes niveles, desde el internacional, nacional y subnacional, pasando por el de ONG, tribus, o los responsables de la adopción de decisiones en las empresas, hasta las comunidades, los hogares y los ciudadanos y consumidores particulares. Véanse también *Cambio de comportamiento* y *Motores del comportamiento*.

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* (GEI) y esas propuestas ya se han reconocido formalmente en el marco de la CMNUCC. Los *países industrializados* 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.

Compuestos orgánicos volátiles (COV) (*volatile organic compounds*): Importante clase de contaminantes atmosféricos químicos orgánicos que son volátiles en condiciones ambientales normales. Otros términos que designan a estos compuestos son *hidrocarburos* (HC),

gases orgánicos reactivos y *compuestos orgánicos volátiles distintos del metano*. Estos últimos son los principales contribuyentes —junto con los *óxidos de nitrógeno* (NO_x) y el monóxido de carbono (CO)— a la formación de oxidantes fotoquímicos como el *ozono* (O_3).

Concentración de CO_2 -equivalente (*CO_2 -equivalent concentration*): Concentración de *dióxido de carbono* (CO_2) que produciría el mismo *forzamiento radiativo* que una mezcla dada de CO_2 y otros componentes de forzamiento. Esos valores pueden tener en cuenta únicamente los *gases de efecto invernadero* (GEI) o una combinación de GEI, *aerosoles* y cambios en el *albedo* superficial. La concentración de CO_2 -equivalente es un parámetro para comparar el *forzamiento radiativo* de una mezcla de diferentes componentes del forzamiento en un momento particular, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes en términos de *cambio climático* ni futuro forzamiento. Generalmente no existe ninguna conexión entre las *emisiones de CO_2 -equivalente* y las concentraciones de CO_2 -equivalente resultantes.

Condicionante (*lock-in*): Ocurre al atascarse un mercado por la introducción de una norma, aunque existan mejores alternativas para los participantes.

Conferencia de las Partes (CP) (*Conference of the Parties*): Órgano supremo de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC), que incluye a los países con derecho a voto que han ratificado o se han adherido a la Convención. Véase también *Reunión de las Partes* (RP).

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 *acuerdo*. En este informe, la confianza se expresa de forma cualitativa (Mastrandrea y otros, 2010). Véanse GTI IE5 figura 1-11 para los niveles de confianza y GTI IE5 cuadro 1.2 para la lista de los calificadores de *probabilidad*. Véase también *Incertidumbre*.

Contabilización basada en el consumo (*consumption-based accounting*): La contabilización basada en el consumo ofrece una medida de las emisiones liberadas a la *atmósfera* a fin de generar los bienes y servicios consumidos por una determinada entidad (p. ej., persona, empresa, país o región). Véase también *Contabilización basada en la producción*.

Contabilización basada en la producción (*production-based accounting*): Ofrece una medida de las emisiones liberadas a la *atmósfera* para la producción de bienes y servicios por una determinada entidad (p. ej., una persona, empresa, país o región). Véase también *Contabilización basada en el consumo*.

Contador inteligente (*smart meter*): Comunica el consumo de electricidad o gas al proveedor del servicio.

Contaminante climático de corta vida (CCCV) (*short-lived climate pollutant*): Emisiones contaminantes que producen calentamiento del *clima* y tienen una vida relativamente corta en la *atmósfera* (de unos días a unas décadas). Los más importantes son el *carbón negro* (CN) ('hollín'), el *metano* (CH₄) y varios *hidrofluorocarbonos* (HFC), algunos de los cuales están regulados en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Algunos contaminantes de este tipo, incluido el CH₄, también son *precursores* de la formación de *ozono* (O₃) troposférico, un potente agente de calentamiento. Estos contaminantes tienen interés como mínimo por dos motivos. En primer lugar, puesto que son de vida corta, los esfuerzos realizados para controlarlos tienen efectos rápidos en el *calentamiento global*, a diferencia de los contaminantes de larga vida, que se acumulan en la *atmósfera* y responden a los cambios en las emisiones a un ritmo más pausado. En segundo lugar, muchos de estos contaminantes tienen impactos locales adversos, por ejemplo en la salud humana.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (*United Nations Framework Convention on Climate Change*): Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países y la Comunidad Europea. Su objetivo último es 'la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático'. Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes en virtud del principio de 'responsabilidades comunes pero diferenciadas'. En virtud de la Convención, las *Partes incluidas en el anexo I* se propusieron regresar, a más tardar en 2000, a los niveles de emisión de *gases de efecto invernadero* (GEI) no controlados por el *Protocolo de Montreal* que tenían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. En 1997 la CMNUCC incorporó el *Protocolo de Kyoto*.

Costo de energía conservada (*cost of conserved energy*): Véase *Costo nivelado de energía conservada*.

Costo nivelado de carbono conservado (*levelized cost of conserved carbon*): Véase el anexo II.3. 1.3 para los conceptos y la definición.

Costo nivelado de energía (*levelized cost of energy*): Véase el anexo II.3.1.1 para los conceptos y la definición.

Costo nivelado de energía conservada (*levelized cost of conserved energy*): Véase el anexo II.3.1.2 para los conceptos y la definición.

Costo social del carbono (*social cost of carbon*): *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* (CO₂), que depende de la trayectoria global de emisiones a lo largo del tiempo.

Costo-efectividad (*cost effectiveness*): Una *política* es más costo-efectiva si consigue unos determinados niveles de reducción de la contaminación al menor costo posible. La condición esencial para la costo-efectividad es que los *costos de reducción marginales* sean iguales entre las partes obligadas. 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 implementación estilizado en el que se aplica un precio único sobre el *dióxido de carbono* (CO₂) 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.

Costos de reducción marginales (*marginal abatement costs*): Costo de una unidad de *mitigación* adicional.

Costos de transacción (*transaction costs*): Costos derivados del inicio y la conclusión de las transacciones, por ejemplo encontrar socios, celebrar negociaciones, consultar con abogados u otros expertos, supervisar los acuerdos, o bien costos de oportunidad, como la pérdida de tiempo o recursos (Michaelowa y otros, 2003).

Costos privados (*private costs*): Son los incurridos por particulares, empresas y otras entidades privadas que realizan una actividad, mientras que los costos sociales incluyen adicionalmente 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 estar incompletas, debido a las dificultades para medir todos los efectos pertinentes.

Costos sociales (*social costs*): Véase *Costos privados*.

Crédito de carbono (*carbon credit*): Véase *Permiso de emisión*.

Cuota de emisión (*emission quota*): Parte de las emisiones permitidas totales asignadas a un país o grupo de países en el marco de un límite superior a sus emisiones totales.

Curva ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve*): Hipótesis de que diversos impactos ambientales primero se intensifican y luego, llegado un momento, se reducen al aumentar la renta per cápita.

Curva/tasa de aprendizaje (*learning curve/rate*): Disminución del precio de costo de las tecnologías expresado como función del aumento (total o anual) de la producción. La tasa de aprendizaje es la disminución porcentual del precio de costo por cada duplicación de la producción acumulada (también llamada coeficiente de desarrollo).

Deforestación (*deforestation*): La conversión de una extensión boscosa en no boscosa es una de las principales *fuentes* de las emisiones de *gases de efecto invernadero* (GEI). De conformidad con el artículo 3.3

del *Protocolo de Kyoto*, "las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que se deban a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación desde 1990, calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado en cada período de compromiso, serán utilizadas a los efectos de cumplir los compromisos de cada Parte incluida en el anexo I". La reducción de las emisiones ocasionadas por la deforestación no es un criterio para los proyectos que se acogen a la *Aplicación conjunta* o el *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)*, pero se ha introducido en el programa de trabajo de la *Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD)* en el marco de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*.

En relación con el término *bosque* y términos relacionados como *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, puede consultarse el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

Demanda bioquímica de oxígeno (*biochemical oxygen demand*): Cantidad de oxígeno disuelto consumido por microorganismos (bacterias) en la oxidación bioquímica de materia orgánica e inorgánica en las aguas residuales. Véase también *Demanda química de oxígeno*.

Demanda química de oxígeno (COD) (*chemical oxygen demand*): Cantidad de oxígeno que se requiere para lograr la oxidación completa de los compuestos químicos orgánicos en agua; utilizada como una unidad de medida del nivel de contaminantes orgánicos en las aguas residuales y naturales. Véase también *Demanda bioquímica de oxígeno*.

Densidad de energía (*energy density*): Relación entre la *energía* almacenada y el volumen o masa de un combustible o una batería.

Dependencia del camino seguido (*path dependence*): Situación general en que las decisiones, sucesos o resultados en un momento dado limitan la *adaptación*, *mitigación* u otras medidas u opciones en un momento posterior.

Derecho de emisión (*emission allowance*): Véase *Permiso de emisión*.

Desarrollo orientado al tránsito (*transit oriented development*): Desarrollo urbano en un radio de recorrido a pie desde una estación de tránsito, por lo general denso y combinado con el carácter de un entorno pedestre.

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).

Desbordamiento tecnológico/de conocimientos (*technological/knowledge spillovers*): Toda *externalidad* positiva que resulte de una inversión deliberada en innovación o desarrollo tecnológicos (Weyant y Olavson, 1999).

Descarbonización (*decarbonization*): Proceso mediante el cual los países u otras entidades tratan de lograr una economía con bajas emisiones de carbono o mediante el cual las personas tratan de reducir su consumo de carbono.

Descuento (*discounting*): Operación matemática que hace que las cantidades monetarias (u otras cantidades) recibidas o consumidas en diferentes momentos (años) sean comparables a lo largo del tiempo. En la operación se utiliza una tasa de descuento (>0) fija o que posiblemente varíe en el tiempo de un año a otro, que hace que el valor futuro tenga un valor menor en la actualidad. Véase también *Valor actualizado*.

Desertificación (*desertification*): Degradación de las tierras en extensiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas por efecto de diversos factores, en particular las variaciones climáticas y las actividades humanas. La degradación de las tierras en extensiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas es la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las tierras de pastoreo, los *bosques* y las tierras arboladas, ocasionada por los *usos del suelo* o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: 1) la erosión del suelo causada por el viento y el agua, 2) el deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas o económicas del suelo, y 3) la pérdida duradera de vegetación natural (UNCCD, 1994).

Desmaterialización (*dematerialization*): Aspiración a reducir el total de las aportaciones de material necesarias para suministrar un servicio final.

Dióxido de carbono (CO₂) (*carbon dioxide*): Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de *combustibles fósiles* procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la combustión de *biomasa*, y de los *cambios de uso del suelo (LUC)* y otros procesos industriales (p. ej., producción de cemento). Es el principal *gas de efecto invernadero (GEI)* antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros GEI, por lo que su *potencial de calentamiento global (PCG)* es igual a 1. Véase el anexo II.9.1 para los valores de PCG de otros GEI.

Diseño pasivo (*passive design*): El término 'pasivo' en este contexto implica la meta ideal de que toda la *energía* requerida para utilizar el producto o servicio diseñado proviene de fuentes renovables.

Doble dividendo (*double dividend*): Capacidad de algunos instrumentos que generan ingresos públicos, como los *impuestos sobre el carbono* o los *permisos de emisión* subastados (comercializables) para: 1) contribuir a la *mitigación* y 2) compensar al menos una parte de la posible pérdida de bienestar resultante de la aplicación de *políticas* climáticas mediante el reciclaje de los ingresos para reducir otros impuestos que podrían tener efectos distorsionantes.

Economías en transición (*economies in transition*): Países en los que su economía se encuentra en un proceso de cambio de un sistema económico planificado a una economía de mercado. Véase el anexo II.2.1.

Ecosistema (*ecosystem*): Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los componentes incluidos en un ecosistema concreto y sus límites espaciales dependen del propósito para el que se defina el ecosistema: en algunos casos están relativamente diferenciados mientras que en otros son difusos. Los límites de los ecosistemas pueden variar con el tiempo. Los ecosistemas se organizan dentro de otros ecosistemas, y la escala a la que se manifiestan puede ser desde muy pequeña hasta el conjunto de la *biosfera*. En la era actual, la mayoría de los ecosistemas o bien contienen seres humanos como organismos fundamentales, o bien están afectados por los efectos de las actividades humanas en su entorno.

Efectividad ambiental (*environmental effectiveness*): Medida en que las *políticas* logran su objetivo ambiental previsto (p. ej., reducción de las emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)*).

Efecto de derrame (*spill-over effect*): Efecto de las *medidas de mitigación* nacionales o sectoriales en otros países o sectores. Puede ser positivo o negativo, y abarca los efectos producidos sobre el comercio, la *fuga* (de carbono), la transferencia de innovaciones, la difusión de tecnologías ambientales solventes y otros aspectos.

Efecto invernadero (*greenhouse effect*): Efecto radiativo infrarrojo de todos los componentes de la *atmósfera* que absorben en el infrarrojo. Los *gases de efecto invernadero (GEI)* y las nubes y, en menor medida, los *aerosoles* absorben la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra y por cualquier punto de la *atmósfera*. Esas sustancias emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, pero, a igualdad de condiciones, la cantidad neta de energía emitida al espacio es generalmente menor de la que se habría emitido en ausencia de esos absorbentes debido a la disminución de la temperatura con la altitud en la *troposfera* y el consiguiente debilitamiento de la emisión. Una mayor concentración de GEI aumenta la magnitud de este efecto, y la diferencia generalmente se denomina efecto invernadero intensificado. La modificación de la concentración de los GEI debido a *emisiones antropógenas* contribuye a un aumento de la temperatura en la

superficie y en la *troposfera* inducido por un *forzamiento radiativo* instantáneo en respuesta a ese forzamiento, que gradualmente restablece el balance radiativo en la parte superior de la *atmósfera*.

Efecto rebote (*rebound effect*): Fenómeno por el que la reducción en el consumo de energía o en las emisiones (en relación a una *referencia*) asociada a la aplicación de *medidas de mitigación* en una jurisdicción se compensa en cierto grado a través de cambios inducidos en el consumo, la producción y los precios dentro de la misma jurisdicción. Lo más habitual es que el efecto rebote se deba a mejoras tecnológicas en la *eficiencia energética*. Véase también *Fuga*.

Efectos colaterales adversos (*adverse side-effects*): Efectos negativos que una *política* o *medida* destinada a alcanzar un objetivo podría tener en otros objetivos, sin evaluarse el efecto neto en 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 ejecución. Véanse también *Cobeneficios*, *Riesgo* y *Compensación del riesgo*.

Eficiencia económica (*economic efficiency*): Se refiere a la asignación de recursos de una economía (bienes, servicios, insumos y actividades productivas). Una asignación es eficiente si no es posible reasignar recursos de modo que al menos haya una persona que resulte beneficiada sin que otra resulte perjudicada. Una asignación es ineficiente si dicha reasignación es posible. También se conoce como Criterio de Eficiencia de Pareto. Véase también *Óptimo paretiano*.

Eficiencia energética (*energy efficiency*): Relación entre el producto de *energía* aprovechable de un sistema, un proceso de conversión o una actividad, y su aportación de *energía*. En economía, este término puede describir la relación entre la producción económica y el insumo de energía. Véase también *Intensidad energética*.

Emisión de CO₂-equivalente (*CO₂-equivalent emission*): Cuantía de emisión de *dióxido de carbono (CO₂)* que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado, en un plazo de tiempo dado, que cierta cantidad emitida de un *gas de efecto invernadero (GEI)* o de una mezcla de GEI. La emisión de CO₂-equivalente se calcula multiplicando la emisión de un GEI por su *potencial de calentamiento global (PCG)* en el plazo de tiempo especificado (véase el anexo II.9.1 y GTI IE5 cuadro 8.A.1 para los valores de PCG de los distintos GEI). En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO₂-equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de dióxido de carbono equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones de diferentes GEI, aunque no implica una equivalencia exacta en las respuestas correspondientes en términos de *cambio climático*. Véase también *Concentración de CO₂-equivalente*.

Emisiones (*emissions*):

Emisiones agrícolas (*agricultural emissions*): Emisiones asociadas a los sistemas agrícolas, principalmente de *metano (CH₄)* u

óxido nitroso (N_2O). Comprenden las emisiones procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico, del manejo de estiércol, del cultivo de arroz, de la quema prescrita de sabanas y praderas, y de los suelos (IPCC, 2006).

Emisiones antropógenas (*anthropogenic emissions*): Emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)*, *aerosoles* y precursores de GEI o de aerosoles causadas por actividades humanas. Esas actividades incluyen la combustión de *combustibles fósiles*, la *deforestación*, los *cambios de uso del suelo*, la producción ganadera, la fertilización, la gestión de desechos y los procesos industriales.

Emisiones directas (*direct emissions*): Emisiones que se derivan físicamente de actividades dentro de límites bien definidos de, por ejemplo, una región, un sector económico, una empresa o un proceso.

Emisiones incorporadas (*embodied emissions*): Emisiones que se derivan de la producción y distribución de un bien o servicio o la construcción de infraestructura. En función de los límites elegidos para los sistemas, las emisiones, a menudo también se incluyen las emisiones iniciales (p. ej., las emisiones resultantes de la extracción de materias primas). Véase también *Análisis del ciclo de vida*.

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.

Emisiones de Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3 (*Scope 1, Scope 2, and Scope 3 emissions*): Responsabilidad por las emisiones según se define en el Protocolo GEI, una iniciativa del sector privado. 'Alcance 1' indica emisiones directas de *gases de efecto invernadero (GEI)* que provienen de *fuentes* pertenecientes o controladas por la entidad informante. 'Alcance 2' indica emisiones indirectas de *GEI* asociadas a la producción de electricidad, calor o vapor comprados por la entidad informante. 'Alcance 3' indica las demás *emisiones indirectas*, es decir, emisiones asociadas a la extracción y producción de materiales, combustibles y servicios comprados, incluido el transporte en vehículos no pertenecientes o controlados por la entidad informante, las actividades subcontratadas, la eliminación de desechos, etc. (WBCSD y WRI, 2004).

Emisiones territoriales (*territorial emissions*): Emisiones que tienen lugar dentro del territorio de una jurisdicción particular.

Emisiones agrícolas (*agricultural emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones antropógenas (*anthropogenic emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones de Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3 (*Scope 1, Scope 2, and Scope 3 emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones directas (*direct emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones incorporadas (*embodied emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones indirectas (*indirect emissions*): Véase *Emisiones*.

Emisiones territoriales (*territorial emissions*): Véase *Emisiones*.

Energía (*energy*): Capacidad de 'realizar un trabajo' que posee en cualquier momento un cuerpo o un sistema de cuerpos. La energía se clasifica en diferentes tipos y resulta útil para el hombre cuando fluye de un lugar a otro o se transforma de un tipo de energía a otro.

Energía incorporada (*embodied energy*): *Energía* que se utiliza para producir una sustancia o producto material (como los metales procesados o los materiales de construcción), teniendo en cuenta la *energía* utilizada en la instalación de producción, la *energía* utilizada para producir los materiales que se emplean en la instalación de producción, y así sucesivamente.

Energía final (*final energy*): Véase *Energía primaria*.

Energía primaria (*primary energy*): La energía primaria (o *fuentes* de energía) es la *energía* almacenada en los recursos naturales (p. ej., carbón, petróleo crudo, gas natural, uranio o fuentes de energía renovables). Se define de varias formas distintas. El Organismo Internacional de Energía utiliza el método del contenido físico de energía, según el cual se define la energía primaria como aquella que no ha sido objeto de ninguna conversión antropógena. El método utilizado en el presente informe es el método directo equivalente (véase el anexo II.4), que considera una unidad de *energía secundaria* suministrada por fuentes no combustibles como una unidad de energía primaria, pero considera la energía de combustión como el potencial de energía que contienen los combustibles antes de su tratamiento o combustión. La energía primaria se transforma en energía secundaria mediante la depuración (gas natural), el refinado (del petróleo bruto en productos petrolíferos) o la conversión en electricidad o calor. Cuando la energía secundaria se suministra a las instalaciones de uso final se denomina *energía final* (p. ej., la electricidad que proporciona una toma de corriente de la pared), al convertirse en energía utilizable para suministrar *servicios energéticos* (p. ej., la luz).

Energía renovable (*renewable energy*): Cualquier forma de energía de origen solar, geofísico o biológico que se renueva mediante procesos naturales a un ritmo igual o superior a su tasa de utilización. Para una descripción más detallada, véanse *Bioener-*

gía, Energía solar, Energía hidroeléctrica, Energía oceánica, Energía geotérmica y Energía eólica.

Energía secundaria (secondary energy): Véase *Energía primaria*.

Energía eólica (wind energy): *Energía* cinética procedente de las corrientes de aire que surgen de un calentamiento irregular de la superficie de la Tierra. Un aerogenerador es una máquina rotatoria que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica haciendo girar el eje del generador para producir electricidad. Un molino de viento tiene aspas o paletas oblicuas y la energía mecánica obtenida se utiliza en su mayor parte directamente para, por ejemplo, extraer agua. Un parque eólico, una planta eólica o una central eólica es un grupo de aerogeneradores conectados a un sistema de suministro común a través de un sistema de transformadores, líneas de transmisión y (por lo general) una subestación.

Energía final (final energy): Véase *Energía primaria*.

Energía geotérmica (geothermal energy): *Energía* térmica accesible almacenada en el interior de la Tierra.

Energía hidroeléctrica (hydropower): Energía captada del flujo de agua.

Energía incorporada (embodied energy): Véase *Energía*.

Energía oceánica (ocean energy): *Energía* obtenida del océano a partir de las olas, la amplitud de la marea, las corrientes oceánicas y de marea y los gradientes térmicos y salinos.

Energía primaria (primary energy): Véase *Energía*.

Energía renovable (renewable energy): Véase *Energía*.

Energía secundaria (secondary energy): Véase *Energía primaria*.

Energía solar (solar energy): *Energía* procedente del Sol. Generalmente el término se utiliza para indicar *energía* obtenida de la radiación solar en forma de calor o de luz que se transforma en energía química mediante una fotosíntesis natural o artificial, o mediante paneles fotovoltaicos y que se convierte directamente en electricidad.

Enfoque de descomposición (decomposition approach): Los métodos de descomposición desglosan el cómputo total de los cambios históricos producidos por una variable de política en contribuciones realizadas por sus diversos factores determinantes.

Escenario (scenario): Descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas motrices (p. ej. el ritmo del *cambio tecnológico* y los precios) y sobre las relaciones más importantes. Obsérvese que los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos, pero son útiles ya que

ofrecen un panorama de las consecuencias de la evolución de distintas situaciones y medidas. Véanse también *Base/referencia, Escenario climático, Escenario de emisiones, Escenario de mitigación, Trayectorias de concentración representativas (RCP), Trayectorias socioeconómicas compartidas, Escenario socioeconómico, Escenarios del IE-EE, Estabilización y Trayectoria de transformación.*

Escenario climático (climate scenario): Representación plausible y en ocasiones simplificada del *clima* futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherente definido explícitamente para investigar las posibles consecuencias del *cambio climático* antropógeno, y que puede introducirse como datos entrantes en los modelos de impacto. Las *proyecciones climáticas* suelen utilizarse como punto de partida para definir *escenarios climáticos*, aunque estos requieren habitualmente información adicional, por ejemplo sobre el *clima* actual observado. Véanse también *Base/referencia, Escenario de emisiones, Escenario de mitigación, Trayectorias de concentración representativas (RCP), Escenario, Trayectorias socioeconómicas compartidas, Escenario socioeconómico, Escenarios del IE-EE, Estabilización, y Trayectoria de transformación.*

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 las fuerzas que las determinan (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 emisión, se introducen en un *modelo climático* para obtener *proyecciones climáticas*. En IPCC (1992) se expone un conjunto de escenarios de emisiones utilizados para las *proyecciones climáticas* publicadas en IPCC (1996). Este conjunto de escenarios se denomina IS92. En el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (Nakićenović y Swart, 2000) se publicaron los nuevos *escenarios del IE-EE*, algunos de los cuales se utilizaron, en particular, para las *proyecciones climáticas* expuestas en los capítulos 9 a 11 de IPCC (2001) y en los capítulos 10 y 11 de IPCC (2007). Los nuevos escenarios de emisiones para el *cambio climático*, esto es, las cuatro *trayectorias de concentración representativas (RCP)*, se desarrollaron para la presente evaluación del IPCC, si bien por separado de esta. Véanse también *Base/referencia, Escenario climático, Escenario de mitigación, Trayectorias socioeconómicas compartidas, Escenario, Escenario socioeconómico, Estabilización y Trayectoria de transformación.*

Escenario de mitigación (mitigation scenario): Descripción plausible del futuro, que describe cómo responde el sistema (estudiado) a la ejecución de *políticas* de *mitigación* y *medidas*. Véanse también *Base/referencia, Escenario climático, Escenario de emisiones, Trayectorias de concentración representativas (RCP), Escenario, Trayectorias socioeconómicas compartidas, Escenario socioeconómico, Escenarios del IE-EE, Estabilización y Trayectoria de transformación.*

Escenario de referencia (*reference scenario*): Véase *Base/referencia*.

Escenario socioeconómico (*socio-economic scenario*): *Escenario* que describe un posible futuro en términos de población, *producto interno bruto (PIB)* y otros factores socioeconómicos relevantes para comprender las consecuencias del *cambio climático*. Véanse también *Base/referencia*, *Escenario climático*, *Escenario de emisiones*, *Escenario de mitigación*, *Trayectorias de concentración representativas (RCP)*, *Escenario*, *Trayectorias socioeconómicas compartidas*, *Escenarios del IE-EE*, *Estabilización* y *Trayectoria de transformación*.

Escenarios del IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones) (*SRES scenarios*): *Escenarios de emisión* desarrollados por Nakićenović y Swart (2000) y utilizados, en particular, como base para algunas de las *proyecciones climáticas* indicadas en los capítulos 9 a 11 de IPCC (2001) y en los capítulos 10 y 11 de IPCC (2007) así como en la contribución GTI IE5. Los términos siguientes ayudan a comprender mejor la estructura y la manera en que se utiliza el conjunto de escenarios del IE-EE:

Familia de escenarios: *Escenarios* con líneas argumentales demográficas, sociales, económicas y técnicas similares. El conjunto de escenarios del IE-EE está integrado por cuatro familias de escenarios, denominadas A1, A2, B1 y B2.

Escenario ilustrativo: *Escenario* que tipifica alguno de los seis grupos de escenarios referidos en el Resumen para responsables de políticas de Nakićenović y Swart (2000). Contiene cuatro escenarios testimoniales revisados para los grupos de escenarios A1B, A2, B1 y B2 y dos *escenarios* adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los grupos de escenarios son igualmente consistentes.

Escenario testimonial: Borrador de *escenario* insertado originalmente en el sitio web del IE-EE para representar una familia de escenarios dada. Su selección se determinó en función de las cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la línea argumental y las particularidades de determinados modelos. Los escenarios testimoniales no son más verosímiles que otros escenarios, pero el equipo de redacción del IE-EE los consideró ilustrativos de determinada línea narrativa. Figuran, en versión revisada, en Nakićenović and Swart (2000). Estos *escenarios* fueron meticulosamente analizados por todo el equipo de redacción, y mediante el proceso abierto del IE-EE. Se seleccionaron también *escenarios* ilustrativos de los otros dos grupos de escenarios.

Línea argumental: Descripción textual de un *escenario* (o familia de *escenarios*) que expone sus principales características, las relaciones entre las principales fuerzas originadoras y la dinámica de su evolución.

Véanse también *Base/referencia*, *Escenario climático*, *Escenario de emisiones*, *Escenario de mitigación*, *Trayectorias de concentración repre-*

sentativas (RCP), *Trayectorias socioeconómicas compartidas*, *Escenario socioeconómico*, *Estabilización* y *Trayectoria de transformación*.

Estabilización (de la concentración de GEI o de CO₂-equivalente) (*stabilization (of GHG or CO₂-equivalent concentration)*): Estado en que las concentraciones atmosféricas de un *gas de efecto invernadero (GEI)* (p. ej. *dióxido de carbono*) o un grupo de GEI de *CO₂-equivalente* (o una combinación de GEI y *aerosoles*) permanece constante a lo largo del tiempo.

Estándar de emisión (*emission standard*): Nivel de emisión que no se debe rebasar por ley o por *acuerdo voluntario*. Numerosos *estándares* están prescritos en términos de *factores de emisión* y, por consiguiente, no imponen límites absolutos a las emisiones.

Estándares (*standards*): Conjunto de reglas o códigos que define o da instrucciones sobre el rendimiento de un producto (p. ej., niveles, dimensiones, características, métodos de prueba y reglas para su uso). Los estándares de productos, tecnológicos o de funcionamiento establecen requisitos mínimos para los productos o las tecnologías afectados. Los estándares imponen reducciones de las emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)* asociadas con la fabricación o empleo de los productos y/o la aplicación de la tecnología.

Estratosfera (*stratosphere*): Región de la *atmósfera* abundantemente estratificada, situada sobre la troposfera, que abarca desde los 10 km (9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos, en promedio) hasta los 50 km de altitud.

Evaluación integrada (*integrated assessment*): Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y los modelos de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales y las interacciones entre estos componentes, a fin de evaluar el estado y las consecuencias del cambio medioambiental y las respuestas de *política* a dicho cambio. Véase también *Modelos integrados*.

Evidencia (*evidence*): Información que indica el grado en que una creencia o proposición es verdadera o válida. En el presente Informe, el grado de evidencia refleja el volumen de información científica/técnica en la que los autores principales basan sus conclusiones. Véanse también *Acuerdo*, *Confianza*, *Probabilidad* e *Incertidumbre*.

Externalidad / costo externo / beneficio externo (*externality / external cost / external benefit*): Las actividades humanas producen externalidades cuando los agentes responsables de estas no tienen plenamente en cuenta sus efectos sobre las posibilidades de producción y consumo de otros agentes, no existiendo compensación por tales impactos. Cuando los efectos son negativos, se trata de costos externos; cuando son positivos, de beneficios externos. Véase también *Costos sociales*.

Factor de emisión/intensidad de emisión (*emission factor/emissions intensity*): Emisiones liberadas por unidad de actividad. Véase también *Intensidad de carbono*.

Fallo de mercado (*market failure*): Situación que se produce cuando las decisiones privadas se basan en precios de mercado que no reflejan la escasez real de bienes y servicios, sino distorsiones del mercado, lo que no genera una asignación eficiente de recursos, con la consiguiente pérdida de bienestar social. Una distorsión del mercado es cualquier evento que haga que en un mercado el precio de equilibrio alcanzado sea considerablemente distinto del precio al que llegaría el mercado operando en condiciones de competencia perfecta y en las que el Estado garantice el cumplimiento de los contratos legales y el respeto de la propiedad privada. Cabe señalar como ejemplos de factores que hacen que los precios de mercado se desvíen de la situación económica real de escasez las *externalidades* ambientales, los *bienes públicos*, el poder de monopolio, la información asimétrica, los *costos de transacción* y el *comportamiento* irracional. Véase también *Eficiencia económica*.

Fertilización con hierro (*iron fertilization*): Adición deliberada de hierro a la capa superior del océano con el propósito de aumentar la productividad biológica para secuestrar una mayor cantidad de *dióxido de carbono (CO₂)* atmosférico en el océano. Véanse también *Geoingeniería* y *Remoción de dióxido de carbono*.

Fertilización por dióxido de carbono (CO₂) (*carbon dioxide (CO₂) fertilization*): Intensificación del crecimiento vegetal debido al aumento de la concentración de *dióxido de carbono (CO₂)* en la *atmósfera*.

Fijación del precio sombra (*shadow pricing*): Establecimiento de precios para bienes y servicios que no están fijados o se han fijado de manera incompleta por las fuerzas del mercado o por regulaciones administrativas, al costo de su valor marginal social. Esta técnica se aplica en los *análisis costo-beneficio*.

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 las publicaciones especializadas se incluyen diversos conceptos en esas categorías, de los cuales, algunos de los más utilizados son los siguientes:

Gastos adicionales (*incremental costs*): 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. Véase también *Adicionalidad*.

Inversión adicional (*incremental investment*): Es el capital adicional necesario para realizar un proyecto de *mitigación* o *adaptación* en comparación con un proyecto de referencia. Véase también *Adicionalidad*.

Financiación total para el clima (*total climate finance*): Total de las corrientes financieras con el efecto esperado de reducir las emisiones netas de *gases de efecto invernadero (GEI)* y/o aumentar la *resiliencia* ante los impactos de la *variabilidad climática* y el *cambio climático* proyectado. Abarca las corrientes nacionales e internacionales de los gastos de fondos privados y públicos destinados a la *mitigación* de la actual *variabilidad climática* y el futuro *cambio climático* y la *adaptación* a ellos.

Corriente total de financiación para el clima hacia países en desarrollo (*total climate finance flowing to developing countries*): 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 (*private climate finance flowing to developing countries*): Financiación e inversión de actores privados en/de *países desarrollados* para actividades de *mitigación* y *adaptación* en *países en desarrollo*.

Corriente de financiación pública para el clima hacia países en desarrollo (*public climate finance provided to developing countries*): 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.

Fondo de Adaptación (*Adaptation Fund*): Fondo establecido en el marco del *Protocolo de Kyoto* en 2001 y puesto en marcha oficialmente en 2007. Financia programas y proyectos de *adaptación* en *países en desarrollo* que son Partes en el *Protocolo de Kyoto*. La financiación proviene principalmente de las ventas de *reducciones certificadas de las emisiones (CER)* y de una parte de los beneficios por un importe del 2% del valor de las reducciones certificadas de las emisiones emitidas cada año para los proyectos del *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)*. El Fondo de Adaptación también puede recibir fondos del gobierno, del sector privado y de particulares.

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) (*Global Environment Facility*): Establecido en 1991, ayuda a los *países en desarrollo* a financiar proyectos y programas que protegen el medio ambiente global. El FMAM brinda apoyo a proyectos relacionados con la *biodiversidad*, el *cambio climático*, las aguas internacionales, la degradación del suelo, la capa de *ozono (O₃)* y los contaminantes orgánicos persistentes.

Fondo Verde para el Clima (*Green Climate Fund*): El Fondo Verde para el Clima se estableció en 2010 por el 16° período de sesiones de la *Conferencia de las Partes (CP)* como una entidad operativa del mecanismo financiero de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*, en conformidad con el artículo 11 de la Convención, para prestar apoyo a proyectos, programas y *políticas* y otras actividades en los *países en desarrollo* Partes de la CMNUCC. Está administrado por una junta y recibirá orientación de la CP. Su sede está en Songdo, República de Corea.

Forestación (*afforestation*): Plantación de nuevos *bosques* en tierras que históricamente no han contenido *bosque*. Los proyectos de forestación cumplen los requisitos para acceder a diversos programas, entre otros, la *Aplicación conjunta* y el *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)* en el marco del *Protocolo de Kyoto*, para los que son de aplicación determinados criterios (p. ej., se debe probar que las tierras no estuvieron arboladas durante al menos 50 años o no se transformaron para usos alternativos antes del 31 de diciembre de 1989).

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, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

Forzamiento radiativo (*radiative forcing*): Variación, expresada en $W\ m^{-2}$, del flujo radiativo neto (el descendente menos el ascendente) en la tropopausa o en la parte superior de la *atmósfera*, debida a una variación de un motor externo del *cambio climático*; por ejemplo, una variación de la concentración de *dióxido de carbono (CO₂)* o de la radiación solar. A los efectos del presente informe, el forzamiento radiativo también se define como el cambio en relación con el año 1750 y se refiere a un valor promedio global y anual.

Fuente (*source*): Todo proceso, actividad o mecanismo que libera a la *atmósfera* un *gas de efecto invernadero (GEI)*, un *aerosol* o un *precursor* de cualquiera de ellos. También puede denotar, por ejemplo, una fuente de *energía*.

Fuga (*leakage*): Los fenómenos que dan lugar a la reducción en las emisiones (en relación con un nivel de *referencia*) en una jurisdicción/sector asociadas con la ejecución de una *política de mitigación* se compensan en algún grado mediante un aumento fuera de la jurisdicción/sector a través de cambios inducidos en el consumo, la producción, los precios, el uso del suelo y el comercio a través de las jurisdicciones/sectores. La fuga puede ocurrir en diversos niveles, ya sea en la región del proyecto, o en una región estatal, provincial, nacional o mundial. Véase también *Efecto rebote*.

En el contexto de la captura y almacenamiento de *dióxido de carbono (CAC)*, se entiende por 'fuga de CO₂' el escape de *dióxido de carbono (CO₂)*

inyectado, desde el emplazamiento de almacenamiento y la liberación final a la atmósfera. En el contexto de otras sustancias, el término se utiliza de forma más general, como en los casos de 'fuga de *metano (CH₄)*' (p. ej., por actividades de extracción de *combustibles fósiles*), y 'fuga de *hidrofluorocarbonos (HFC)*' (p. ej., desde sistemas de refrigeración y aire acondicionado).

Fuga de carbono (*carbon leakage*): Véase *Fuga*.

Gas de efecto invernadero (GEI) (*greenhouse gas*): Componente gaseoso de la *atmósfera*, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia *atmósfera* y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el *efecto invernadero*. El vapor de agua (H₂O), el *dióxido de carbono (CO₂)*, el *óxido nitroso (N₂O)*, el *metano (CH₄)* y el *ozono (O₃)* son los GEI primarios de la *atmósfera* terrestre. Además, la *atmósfera* contiene cierto número de GEI enteramente antropógenos, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el *Protocolo de Montreal*. Además del *CO₂*, *N₂O* y *CH₄*, el *Protocolo de Kyoto* contempla los GEI *hexafluoruro de azufre (SF₆)*, *hidrofluorocarbonos (HFC)* y *perfluorocarbonos (PFC)*. Para obtener una lista de GEI homogéneamente mezclados, véase GTI IE5 cuadro 2.A.1.

Gases traza (*trace gas*): Constituyentes menores de la *atmósfera*, a continuación del nitrógeno y el oxígeno, junto a los cuales forman el 99% de todo el volumen. Los gases traza más importantes que contribuyen al *efecto invernadero* son: *dióxido de carbono (CO₂)*, *ozono (O₃)*, *metano (CH₄)*, *óxido nitroso (N₂O)*, *perfluorocarbonos (PFC)*, *clorofluorocarbonos (CFC)*, *hidrofluorocarbonos (HFC)*, *hexafluoruro de azufre (SF₆)* y vapor de agua (H₂O).

Gasto nacional bruto (GNB) (*Gross National Expenditure*): Cantidad total de consumo público y privado y gastos de capital de una nación. En general, la cuenta nacional se equilibra de tal modo que *Producto interno bruto (PIB)* + Importaciones = GNB + Exportaciones.

Gastos adicionales (*incremental costs*): Véase *Financiación climática*.

Geoingeniería (*geoengineering*): Vasto conjunto de métodos y tecnologías que tienen por objeto alterar deliberadamente el *sistema climático* a fin de aliviar los impactos del *cambio climático*. La mayoría de los métodos, si bien no todos ellos, tratan de: 1) reducir la cantidad de *energía solar* absorbida en el *sistema climático (gestión de la radiación solar)*; o 2) aumentar los *sumideros* netos de carbono procedente de la *atmósfera* a escala suficientemente grande para alterar el *clima (remoción de dióxido de carbono)*. La escala y el propósito tienen una importancia fundamental. Dos de las principales características de los métodos de geoingeniería de especial interés son que utilizan el *sistema climático* o tienen efectos sobre él (p. ej., en la *atmósfera*, la tierra o el océano) a nivel global o regional, y que podrían tener importantes efectos transfronterizos no intencionados. La geoingeniería difiere de

la modificación artificial del tiempo y de la ingeniería ecológica, pero la divisoria puede resultar un tanto difusa (IPCC, 2012, pág. 2).

Gestión de la radiación (*radiation management*): Véase *Gestión de la radiación solar*.

Gestión de la radiación solar (*solar radiation management*): 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 estrictamente hablando 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, 2012, pág. 2). Véanse también *Remoción de dióxido de carbono* y *Geoingeniería*.

Gestión de pastos (*grazing land management*): Sistema de prácticas en tierras utilizadas para la producción ganadera que tiene por objeto la manipulación de la cantidad y tipo de vegetación y ganado producido (CMNUCC, 2002).

Gestión de tierras de cultivo (*cropland management*): Sistema de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola (CMNUCC, 2002).

Gobernanza (*governance*): Concepto amplio e inclusivo de toda la gama de medios existentes para acordar, gestionar y aplicar *políticas* y *medidas*. Mientras que el término gobierno se refiere estrictamente al Estado-nación, el concepto más amplio de gobernanza reconoce la contribución de los distintos niveles de gobierno (mundial, internacional, regional y local), así como la función del sector privado, los actores no gubernamentales y la sociedad civil con miras a abordar los numerosos tipos de cuestiones a que se enfrenta la comunidad mundial.

Hexafluoruro de azufre (SF₆) (*sulphur hexafluoride*): Uno de los seis tipos de *gases de efecto invernadero (GEI)* que se deben reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. El SF₆ se utiliza bastante en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alto voltaje y como ayuda para la fabricación de sistemas de enfriamiento de cables y semiconductores. Véanse *Potencial de calentamiento global (PCG)* y el anexo II.9.1 para los valores de PCG.

Hidrofluorocarbonos (HFC) (*hydrofluorocarbons*): Uno de los seis tipos o grupos de *gases de efecto invernadero (GEI)* que se deben reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Son producidos comer-

cialmente en sustitución de los *clorofluorocarbonos (CFC)*. Los HFC se utilizan ampliamente en refrigeración y en fabricación de semiconductores. Véanse también *Potencial de calentamiento global (PCG)* y el anexo II.9.1 para los valores de PCG.

Huella de carbono (*carbon footprint*): Medida de la cantidad total exclusiva de emisiones de *dióxido de carbono (CO₂)* que está directa e indirectamente causada por una actividad o se acumula a lo largo de las etapas de la vida de un producto (Wiedmann y Minx, 2008).

Identidad de Kaya (*Kaya identity*): En esta identidad las emisiones globales son iguales al tamaño de la población, multiplicado por la producción per cápita (*producto mundial bruto*), multiplicado por la *intensidad energética* de la producción y multiplicado por la *intensidad de carbono* de la *energía*.

Identidad IPAT (*IPAT identity*): IPAT son las siglas de una fórmula propuesta para describir el impacto de la actividad humana en el medio ambiente. El impacto (*I*) se considera como el producto del tamaño de la población (*P*), la afluencia (*A*=PIB per cápita) y la tecnología (*T*=impacto por unidad de PIB). Según este concepto, el crecimiento de la población por definición conlleva un mayor impacto ambiental si *A* y *T* son constantes, y también una mayor renta implica un mayor impacto (Ehrlich y Holdren, 1971).

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 (CO₂)*, un impuesto sobre el carbono es equivalente a la aplicación de un impuesto sobre las emisiones de CO₂.

Incertidumbre (*uncertainty*): Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta del *comportamiento* humano. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos (p. ej., una función de densidad de probabilidad), o mediante asertos cualitativos (que reflejen, por ejemplo, una apreciación de un equipo de expertos) (véanse Moss y Schneider, 2000; Manning y otros, 2004; y Mastrandrea y otros, 2010). Véanse también *Acuerdo*, *Evidencia*, *Confianza* y *Probabilidad*.

Índice de desarrollo humano (IDH) (*Human Development Index*): Índice que permite evaluar los progresos de los países en cuanto a su desarrollo social y económico gracias a los tres indicadores que lo componen: 1) la salud, medida por la esperanza de vida al nacer; 2) el conocimiento, medido por una combinación de la tasa de alfabetización de los adultos y las tasas combinadas de matriculación en la enseñanza primaria, secundaria y superior; y 3) el nivel de vida medido según el *producto interno bruto (PIB)* per cápita (en paridad de poder

adquisitivo). El índice establece un mínimo y un máximo (límites) para cada dimensión, y a continuación muestra la situación de cada país en relación con esos límites máximo y mínimo, expresados como valor entre 0 y 1. El IDH solo actúa como un indicador amplio sustitutivo sobre algunas cuestiones fundamentales del desarrollo humano. Por ejemplo, no refleja cuestiones como la participación política o las desigualdades de género.

Ingeniería climática (*climate engineering*): Véase *Geoingeniería*.

Institución (*institution*): Reglas y normas compartidas por los agentes sociales que orientan, restringen y conforman la interacción humana. Las instituciones pueden ser formales, como las leyes y las políticas, o informales, como las normas y convenciones. Las organizaciones, como los parlamentos, los organismos regulatorios, las empresas privadas y los órganos comunitarios, evolucionan y actúan en respuesta a los marcos institucionales y a los incentivos existentes en dichos marcos. Las instituciones pueden orientar, restringir y conformar la interacción humana mediante el control directo, incentivos y procesos de socialización.

Intensidad de carbono (*carbon intensity*): Cantidad de emisiones de *dióxido de carbono (CO₂)* liberado por unidad de otra variable como el *producto interno bruto (PIB)*, el uso de energía producida o el transporte.

Intensidad energética (*energy intensity*): Relación entre el consumo de *energía* y la producción física o económica.

Inversión adicional (*incremental investment*): Véase *Financiación climática*.

Isla de calor (*heat island*): Calor relativo de una ciudad respecto de las áreas rurales circundantes, asociado a los cambios de escorrentía, los efectos en la retención de calor y las variaciones del *albedo* superficial.

Isla de calor urbana (*urban heat island*): Véase *Isla de calor*.

Límite, en las emisiones (*cap, on emissions*): Restricción establecida como límite superior de emisión en un determinado período. Por ejemplo, el *Protocolo de Kyoto* estipula unos límites de emisión con arreglo a un calendario para las emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)* antropógenos de los *países incluidos en el anexo B*.

Listo para la captura y secuestro del carbono (*CCS-ready*): Las nuevas *fuentes* estacionarias y a gran escala de *dióxido de carbono (CO₂)* concebidas con la intención de ser modernizadas con la *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)* podrían diseñarse y ubicarse de cara a estar listas para la captura y secuestro del carbono, preservando el espacio para la instalación de captura, diseñando la unidad para que tenga un rendimiento óptimo cuando se añada la captura y ubicando la central de manera que se pueda

acceder a los lugares de secuestro. Véase también *Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS)*.

Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) (*Clean Development Mechanism*): Mecanismo definido en el artículo 12 del *Protocolo de Kyoto*, mediante el cual los inversores (gobiernos o empresas) de los *países desarrollados* (incluidos en el anexo B) pueden financiar proyectos de reducción de emisiones o remoción de *gases de efecto invernadero (GEI)* en los *países en desarrollo* (no incluidos en el anexo B) y recibir *unidades de reducción de emisiones certificadas* por ello. Esas unidades se pueden utilizar para cumplir las obligaciones de los respectivos *países desarrollados*. El Mecanismo para un desarrollo limpio tiene por objeto facilitar los objetivos de promover el *desarrollo sostenible* en los *países en desarrollo* y de ayudar a los *países industrializados* a alcanzar sus compromisos en materia de emisiones de forma costo-efectiva. Véase también *Mecanismos de Kyoto*.

Mecanismos basados en el mercado, para las emisiones de GEI (*market-based mechanisms, GHG emissions*): Aproximaciones regulatorias que utilizan, entre otros instrumentos, mecanismos de precios (p. ej. los impuestos o los *permisos de emisión* subastados) para reducir las *fuentes* o mejorar los *sumideros* de *gases de efecto invernadero (GEI)*.

Mecanismos de flexibilidad (*Flexibility Mechanisms*): Véase *Mecanismos de Kyoto*.

Mecanismos de Kyoto (denominados también Mecanismos de flexibilidad) (*Kyoto Mechanisms (also referred to as Flexibility Mechanisms)*): Mecanismos basados en el mercado que las Partes del *Protocolo de Kyoto* pueden utilizar para tratar de atenuar los efectos económicos que podría ocasionar su compromiso de limitar o reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)*. Abarcan la *Aplicación conjunta* (artículo 6), el *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)* (artículo 12) y el *comercio de derechos de emisión* (artículo 17).

Medida de mitigación apropiada para cada país (*nationally appropriate mitigation action*): Concepto para reconocer y financiar las reducciones de emisiones de los *países en desarrollo* en un régimen climático posterior a 2012 mediante medidas que se consideren adecuadas para los distintos contextos nacionales. El concepto se introdujo por primera vez en el Plan de Acción de Bali en 2007 y se recoge en los *Acuerdos de Cancún*.

Medidas (*measures*): En el contexto de la *política* climática, las medidas son tecnologías, procesos o prácticas que contribuyen a la *mitigación*, como por ejemplo tecnologías de *energía renovable*, procesos de minimización de desechos, prácticas que promueven el uso del transporte público.

Metano (CH₄) (*methane*): Uno de los seis *gases de efecto invernadero (GEI)* que el *Protocolo de Kyoto* se propone reducir. Es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los hidrocarburos

ros utilizados como combustibles. Se producen emisiones significativas a causa de la ganadería y la agricultura y su gestión representa una importante posibilidad de *mitigación*. Véanse también *Potencial de calentamiento global (PCG)* y el anexo II.9.1 para los valores de PCG.

Método de valoración contingente (*Contingent Valuation Method*): Enfoque para evaluar de manera cuantitativa los valores asignados por las personas en términos monetarios (disposición a pagar) y no monetarios (disposición a contribuir con tiempo, recursos, etc.) Es un método directo para estimar los valores económicos para los *ecosistemas* y los servicios ambientales. En una encuesta se pregunta a las personas sobre su disposición a pagar/contribuir a cambio de tener acceso a un servicio ambiental específico o sobre su disposición a aceptar una compensación por la eliminación de dicho servicio, teniendo en cuenta un *escenario* hipotético y la descripción del servicio ambiental.

Mitigación (del cambio climático) (*mitigation of climate change*): Intervención humana encaminada a reducir las *fuentes* o potenciar los *sumideros* de *gases de efecto invernadero (GEI)*. 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 (PM)* que pueden alterar de forma directa el balance de radiación (p. ej., el *carbono negro (CN)*) o las *medidas* de control de las emisiones de monóxido de carbono, *óxidos de nitrógeno (NO_x)*, *compuestos orgánicos volátiles (COV)* y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de *ozono (O₃)* troposférico, el cual tiene un efecto indirecto en el *clima*.

Modelo (climático) de circulación general (MCG) (*general circulation (climate) model*): Véase *Modelo climático*.

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, esto es, 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-oceano (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.

Modelo de equilibrio general computable (*computable general equilibrium model*): Véase *Modelos*.

Modelos (*models*): Simulaciones estructuradas de las características y los mecanismos de un sistema para imitar su aspecto o funcionamiento, por ejemplo, el *clima*, la economía de un país o un cultivo. Los modelos matemáticos reúnen (numerosas) variables y relaciones (con frecuencia en lenguaje informático) para simular el funcionamiento y el rendimiento de un sistema según distintos parámetros y datos.

Modelo de equilibrio general computable (*computable general equilibrium model*): Clase de modelo económico que utiliza datos económicos reales (es decir, datos input-output), simplifica la caracterización del *comportamiento* económico y resuelve numéricamente el conjunto del sistema. Estos modelos describen todas las relaciones económicas en términos matemáticos y predicen los cambios en variables como los precios, la producción y el bienestar económico resultante de un cambio en las políticas económicas, dada la información sobre las tecnologías y las preferencias del consumidor (Hertel, 1997). Véase también *Análisis de equilibrio general*.

Modelo integrado (*integrated model*): 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 el *cambio de uso del suelo*, así como del *sistema climático*. Véase también *Evaluación integrada*.

Modelo sectorial (*sectoral model*): En el contexto de este informe, los modelos sectoriales abordan solo uno de los sectores básicos estudiados en este informe, como los edificios, la industria, el transporte, el suministro energético o la *agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)*.

Modelos integrados (*integrated models*): Véase *Modelos*.

Modelos sectoriales (*sectoral models*): Véase *Modelos*.

Motores de las emisiones (*drivers of emissions*): Los motores de emisiones denotan los procesos, mecanismos y propiedades que influyen en las emisiones a través de factores que recogen los términos en una descomposición de emisiones. Los factores y los motores pueden a su vez afectar a *políticas, medidas* y otros motores.

Motores del comportamiento (*drivers of behaviour*): Factores determinantes de las decisiones y acciones humanas, incluidos los valores y objetivos de la población que limitan su actividad, entre

ellos los factores e incentivos económicos, el acceso a la información, las limitaciones regulatorias y tecnológicas, la capacidad de procesamiento cognitivo y emocional y las normas sociales. Véanse también *Comportamiento* y *Cambio de comportamiento*.

Multigases (multi-gas): Además del *dióxido de carbono (CO₂)*, se toman en consideración otros componentes de forzamiento, por ejemplo para la reducción de un conjunto de emisiones de *gases de efecto invernadero (GEI)* (CO₂, *metano (CH₄)*, *óxido nitroso (N₂O)* y gases fluorados) o para la *estabilización* de las *concentraciones de CO₂-equivalente (estabilización multigases, incluidos los GEI y los aerosoles)*.

Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (Millennium Development Goals): Conjunto de ocho objetivos medibles y con plazos definidos encaminados a luchar contra la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la discriminación contra la mujer y la degradación ambiental. Esos objetivos fueron acordados en el año 2000, en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, junto con el plan de acción para la consecución de los objetivos.

Óptimo paretiano (Pareto optimum): Situación en que no es posible mejorar el bienestar de una persona sin empeorar el de otra. Véase también *Eficiencia económica*.

Ordenación/Gestión forestal (forest management): Sistema de prácticas para la gestión y el uso de tierras forestales con el objeto de permitir que el *bosque* cumpla funciones ecológicas (incluida la *diversidad biológica*), económicas y sociales relevantes de manera sostenible (CMNUCC, 2002).

Óxido nitroso (N₂O) (nitrous oxide): Uno de los seis *gases de efecto invernadero (GEI)* que se deben reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. La fuente antropógena principal de N₂O es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, de la quema de *combustibles fósiles* y de los procesos industriales químicos. El N₂O es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales húmedos. Véanse también *Potencial de calentamiento global (PCG)* y el anexo II.9.1 para los valores de PCG.

Óxidos de nitrógeno (NO_x) (nitrogen oxides): Cualquiera de los óxidos de nitrógeno.

Ozono (O₃) (ozone): Molécula constituida por tres átomos de oxígeno (O₃), que es uno de los componentes gaseosos de la *atmósfera*. En la *troposfera*, se forma espontáneamente y mediante reacciones fotoquímicas con gases resultantes de las actividades humanas (smog). El O₃ troposférico actúa como un *gas de efecto invernadero (GEI)*. En la *estratosfera*, se forma por efecto de la interacción entre la radiación ultravioleta del Sol y las moléculas de oxígeno (O₂). El O₃ estratosférico desempeña una función preponderante en el equilibrio radiativo de la

estratosfera. Su concentración alcanza un valor máximo en la capa de ozono.

Países desarrollados/en desarrollo (developed/developing countries): Véase *Países industrializados/en desarrollo*.

Países industrializados/países en desarrollo (industrialized countries/developing countries): Existe una serie de criterios para clasificar los países en función de su nivel de desarrollo y para definir términos como industrializado, desarrollado o en desarrollo. En el presente informe se utilizan diversas clasificaciones. 1) En el sistema de las Naciones Unidas no existe ninguna convención establecida para la designación de países o zonas desarrolladas o en desarrollo. 2) La División de Estadística de las Naciones Unidas especifica las regiones desarrolladas o en desarrollo basándose en las prácticas habituales. Además, determinados países se designan como *países menos adelantados (PMA)*, países en desarrollo sin litoral, pequeños Estados insulares en desarrollo y economías en transición. Hay muchos países que aparecen en más de una de esas categorías. 3) El Banco Mundial utiliza el nivel de ingresos como principal criterio para clasificar a los países como países de ingresos bajos, medio-bajos, medio-altos y altos. 4) El PNUD añade indicadores para la esperanza de vida, el nivel educativo y los ingresos en un único *índice de desarrollo humano (IDH)* compuesto para clasificar a los países como países de desarrollo humano bajo, medio, alto o muy alto. Véase GTII IE5 recuadro 1-2.

Países menos adelantados (PMA) (least developed countries): Lista de países designados por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC) por cumplir tres criterios: 1) criterio de bajo nivel de renta, por debajo de un determinado umbral de ingreso nacional bruto per cápita de entre 750 y 900 dólares de Estados Unidos; 2) debilidad del capital humano basada en indicadores de salud, educación y alfabetización de adultos; y 3) debilidad de la vulnerabilidad económica basada en la inestabilidad de la producción agrícola, la inestabilidad de las exportaciones de bienes y servicios, la importancia económica de las actividades no tradicionales, la concentración de las exportaciones de mercancías y la desventaja de una pequeña envergadura económica. Los países incluidos en esta categoría cumplen los requisitos para optar a una serie de programas centrados en la ayuda a los países más necesitados. Entre los privilegios de estos países se incluyen determinados beneficios en el marco de los artículos de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. Véase también *Países industrializados/países en desarrollo*.

Paradoja de Jevon (Jevon's paradox): Véase *Efecto rebote*.

Paratransito (paratransit): Indica un transporte de pasajeros flexible, con frecuencia, pero no exclusivamente, en zonas con baja densidad de población, que no sigue rutas o calendarios fijos. Entre las opciones de transporte figuran los microbuses (matatus y marshrutka), taxis compartidos y jitneys. A veces el paratransito se denomina tránsito comunitario.

Paridad del poder adquisitivo (PPA) (*purchasing power parity*):

El poder adquisitivo de una moneda se expresa utilizando una cesta de bienes y servicios que pueden adquirirse con una determinada cantidad de dinero en el país de origen. Las comparaciones internacionales del *producto interno bruto (PIB)* de los países, por ejemplo, pueden basarse en el poder adquisitivo de las monedas en lugar de en los tipos de cambio actuales. Las estimaciones de la *PPA* tienden a minorar el *PIB* per cápita de los *países industrializados*, y a incrementar el *PIB* per capita en los *países en desarrollo*. Véanse también *Tipo de cambio del mercado (TCM)* y el anexo II.1.3 para el proceso de conversión monetaria aplicado en este informe.

Partes/países incluidos en el anexo B (*Annex B Parties/countries*):

Subconjunto de *Partes incluidas en el anexo I* que han aceptado los objetivos de reducción de emisiones de *gases de efecto invernadero* para el período 2008-2012 en el marco del artículo 3 del *Protocolo de Kyoto*. Por defecto, los demás países se denominan *Partes no incluidas en el anexo B*.

Partes/países incluidos en el anexo I (*Annex I Parties/countries*):

Grupo de países que figuran en el anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. De conformidad con los artículos 4.2 a) y 4.2 b) de la CMNUCC, las Partes incluidas en el anexo I se comprometen a adoptar *políticas* nacionales y tomar *medidas* con el objetivo jurídicamente no vinculante de volver en 2000 a los niveles de emisión de *gases de efecto invernadero (GEI)* que tenían en 1990. El grupo es muy similar al de las *Partes incluidas en el anexo B* del *Protocolo de Kyoto* que también adoptaron objetivos de reducción de emisiones para 2008-2012. Por defecto, los demás países se denominan *Partes no incluidas en el anexo I*.

Partes/países incluidos en el anexo II (*Annex II Parties/countries*):

Grupo de países que figuran en el anexo II de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. De conformidad con el artículo 4 de la CMNUCC, estos países tienen la obligación especial de proporcionar recursos financieros para cubrir la totalidad de los *gastos adicionales* convenidos resultantes de la aplicación de las *medidas* establecidas en el párrafo 1 del artículo 12. También están obligados a proporcionar los recursos financieros, entre ellos recursos para la transferencia de tecnología, para satisfacer los gastos adicionales convenidos resultantes de la aplicación de las *medidas* establecidas en el marco del párrafo 1 del artículo 12 y que se hayan acordado entre las Partes que son *países en desarrollo* y las entidades internacionales a las que se refiere el artículo 11 de la CMNUCC. Este grupo de países también debe ayudar a los países que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del *cambio climático*.

Partes/países no incluidos en el anexo I (*non-Annex I Parties/countries*):

Son mayoritariamente *países en desarrollo*. La Convención reconoce que determinados grupos de *países en desarrollo* son especialmente vulnerables a los impactos adversos del *cambio climático*, incluyendo los países con zonas costeras bajas y los países propensos

a la *desertificación* y la sequía. Otros, como los países con gran dependencia de la producción y el comercio de *combustibles fósiles*, son más vulnerables a los posibles impactos económicos de las medidas de respuesta al *cambio climático*. La Convención hace hincapié en las actividades que buscan responder a las necesidades y preocupaciones especiales de esos países vulnerables, como la inversión, los seguros y la transferencia de tecnología. Véase también *Partes/países incluidos en el anexo I*.

Partículas en suspensión (PM) (*particulate matter*):

Partículas sólidas muy pequeñas emitidas durante la combustión de *biomasa* y *combustibles fósiles*. Pueden estar constituidas por muy diversas sustancias. Las más preocupantes para la salud son las de diámetro igual o inferior a 10 nanómetros, generalmente designadas PM10. Véase también *Aerosol*.

Perfluorocarbonos (PFC) (*perfluorocarbons*):

Uno de los seis tipos o grupos de *gases de efecto invernadero (GEI)* que se deben reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los *clorofluorocarbonos (CFC)* en la fabricación de semiconductores. Véanse también *Potencial de calentamiento global (PCG)* y el anexo II.9.1 para los valores de PCG.

Período de acreditación, Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) (*crediting period, Clean Development Mechanism*):

Período de tiempo durante el que la actividad de un proyecto es capaz de generar *unidades de reducción de emisiones certificadas*. En algunas condiciones, el período de acreditación puede renovarse hasta dos veces.

Permiso (de emisión) comercializable (*tradable (emission) permit*): Véase *Permiso de emisión*.**Permiso de emisión (*emission permit*):**

Derecho atribuido por un gobierno a una entidad legal (una empresa u otro emisor) para que pueda emitir una determinada cantidad de una sustancia. Los permisos de emisión se utilizan a menudo como parte del régimen de *comercio de derechos de emisión*.

Pila de combustible (*fuel cell*):

Una pila de combustible genera electricidad de manera directa y continua a partir de una reacción electroquímica controlada de hidrógeno u otro combustible con el oxígeno. Si utiliza el hidrógeno como combustible, esta solo emite agua y calor (no *dióxido de carbono*) y el calor puede utilizarse (véase también *Cogeneración*).

Plazo de recuperación (*payback period*):

Utilizado por lo general en el contexto de la evaluación de inversiones como plazo de recuperación financiera, es decir, el tiempo necesario para reembolsar la inversión inicial mediante los beneficios producidos por un proyecto. Se produce una deficiencia de recuperación cuando, por ejemplo, los inversores privados y los sistemas de microfinanciación exigen de los

proyectos de *energía renovable* una rentabilidad superior a la de los proyectos con *combustibles fósiles*. El plazo de recuperación energética es el tiempo que un proyecto de *energía* necesita para producir la misma cantidad de *energía* que se utilizó para poner en marcha ese proyecto. El plazo de recuperación del carbono es el tiempo que un proyecto de *energía renovable* necesita para conseguir un ahorro neto de *gases de efecto invernadero (GEI)* (respecto del sistema de *energía* fósil de referencia) igual a la cantidad de emisiones de GEI generadas por su ejecución desde una perspectiva de *análisis del ciclo de vida* (con inclusión de los *cambios de uso del suelo* y la pérdida de reservas de carbono terrestre).

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.

Pobreza energética (*energy poverty*): Falta de acceso a *servicios energéticos* modernos. Véase también *Acceso a la energía*.

Políticas (de mitigación del cambio climático o adaptación a él) (*policies (for mitigation of or adaptation to climate change)*): Las políticas son líneas de acción adoptadas y/o prescritas por los gobiernos, por ejemplo para mejorar la *mitigación* y la *adaptación*. Algunos ejemplos de políticas dirigidas a la *mitigación* son los mecanismos de apoyo al suministro de *energías renovables*, los impuestos sobre el carbono o sobre la *energía*, los *estándares* de eficiencia en carburantes de los vehículos, etc. Véase también *Medidas*.

Polizón (*Free Rider*): Alguien que se beneficia de un bien común sin contribuir a su creación o conservación.

Potencial (*potential*): Posibilidad de que algo ocurra o alguien haga algo en el futuro. En este informe se utilizan diferentes parámetros para cuantificar los distintos tipos de potenciales, entre ellos los siguientes:

Potencial técnico (*technical potential*): Medida en la que es posible tratar de alcanzar un objetivo específico mediante un incremento de utilización de tecnologías o aplicación de procesos y prácticas que no se habían utilizado o aplicado previamente. Para la cuantificación de los potenciales técnicos se pueden tener en cuenta otras consideraciones no exclusivamente técnicas, en particular de carácter social, económico y/o ambiental.

Potencial de calentamiento global (PCG) (*Global Warming Potential*): Índice basado en las propiedades radiativas de los *gases de efecto invernadero (GEI)*, que mide el *forzamiento radiativo* obtenido de los impulsos de emisión en la *atmósfera* actual, de una unidad de masa de cierto GEI, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por *dióxido de carbono (CO₂)*. Representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esos gases en la *atmósfera* y de su eficacia relativa como causantes de

forzamiento radiativo. El *Protocolo de Kyoto* está basado en el potencial de calentamiento global asociado a los impulsos de emisión en un período de 100 años. A menos que se indique otra cosa, este informe utiliza valores de PCG calculados con un horizonte temporal de 100 años que por lo general proceden del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (véase el anexo II.9.1 para los valores de PCG de los diferentes GEI).

Potencial técnico (*Technical Potential*): Véase *Potencial*.

Precio del carbono (*carbon price*): Precio por la evitación de emisiones de *dióxido de carbono (CO₂)* o de *CO₂-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*, el precio del carbono a menudo se utiliza como un indicador para representar el nivel de esfuerzo conexo a las *políticas* de *mitigación*.

Precursores (*precursors*): Compuestos atmosféricos que no son *gases de efecto invernadero (GEI)* ni *aerosoles*, pero que influyen en la concentración de estos por intervenir en procesos físicos o químicos que regulan su tasa de producción o de destrucción.

Predicción climática (*climate prediction*): Una predicción climática o pronóstico climático es el resultado de un intento de obtener (a partir de un estado particular del *sistema climático*) una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por ejemplo a escalas de tiempo estacionales, interanuales o decenales. Como la evolución futura del *sistema climático* puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas. Véanse también *Proyección climática* y *Escenario climático*.

Preindustrial (*pre-industrial*): Véase *Revolución Industrial*.

Presupuesto de carbono (*carbon budget*): Área bajo una trayectoria de emisión de *gases de efecto invernadero (GEI)* que satisface supuestos sobre los límites a las emisiones acumuladas estimadas para evitar un cierto nivel de aumento de la *temperatura media global en superficie*. Los presupuestos de carbono pueden definirse a nivel mundial, nacional o subnacional.

Prima (*feed-in tariff*): Precio por unidad de electricidad (calor) que una empresa de servicios públicos o un suministrador de energía (calor) tiene que pagar por la electricidad distribuida o renovable (calor) que es aportada a la red (sistema de suministro de calor) por generadores que no son empresas de servicios públicos. Una autoridad pública es la encargada de regular las primas.

Principio de precaución (*Precautionary Principle*): Disposición establecida en el artículo 3 de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* que estipula que las Partes deberían tomar *medidas* de precaución para prevenir, prevenir o minimizar las causas del *cambio climático* y mitigar sus efectos adver-

sos. Cuando haya amenazas de daño grave o irreversible, la falta de una total certidumbre científica no debe utilizarse como razón para posponer tales *medidas*, teniendo en cuenta que las *políticas* y *medidas* para hacer frente al *cambio climático* deben ser *costo-efectivas* a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible.

Principio de que quien contamina paga (*polluter pays principle*): La parte que causa la contaminación es responsable del pago del remedio o de la compensación del daño.

Probabilidad (*likelihood*): Posibilidad de que ocurra un determinado evento, siempre que sea posible estimarla por métodos probabilísticos. Se expresa en este informe mediante una terminología estándar (Mastrandrea y otros, 2010): la probabilidad de que ocurra un evento particular incierto, o una variedad de ellos, se califica de ‘prácticamente segura’ cuando es >99%; ‘muy probable’ cuando es >90%; ‘probable’ cuando es >66%; ‘tan probable como improbable’ cuando está entre el 33% y el 66%; ‘improbable’ cuando es <33%; ‘muy improbable’ cuando es <10%; y ‘extraordinariamente improbable’ cuando es <1%. También se pueden utilizar términos adicionales (más probable que improbable, >50–100%; y más improbable que probable, 0–<50%), según convenga. La evaluación de la probabilidad se escribe en cursiva, por ejemplo, *muy probable*. Véanse también *Acuerdo*, *Confianza*, *Evidencia* e *Incertidumbre*.

Producción primaria (*primary production*): Todas las formas de producción logradas por las plantas, conocidas también como productores primarios.

Producto interno bruto (PIB) (*Gross Domestic Product*): Suma del valor añadido bruto, a precios de compra, aportado por todos los productores residentes y no residentes de la economía, más los impuestos y menos las subvenciones no incluidas en el valor de los productos en un país o región geográfica durante un período determinado, normalmente un año. El PIB se calcula sin deducir la depreciación de los bienes fabricados ni el agotamiento o la degradación de los recursos naturales.

Producto mundial bruto (*Gross World Product*): Suma de los *productos internos brutos (PIB)* de cada país por separado para obtener el PIB mundial o global.

Producto nacional bruto (*Gross National Product*): Valor añadido, tanto de fuentes nacionales como extranjeras en manos de los residentes. Comprende el *producto interno bruto (PIB)* y los ingresos netos de renta primaria de la renta de los no-residentes.

Protocolo de Kyoto (*Kyoto Protocol*): El Protocolo de Kyoto de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* fue adoptado en 1997 en Kyoto (Japón) en el tercer período de sesiones de la *Conferencia de las Partes (CP)* de la *CMNUCC*. Contiene compromisos jurídicamente vinculantes, que vienen a sumarse a los contenidos en la *CMNUCC*. Los países incluidos en el anexo B del

Protocolo (la mayoría de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, y los países con economías en transición) acordaron reducir durante el período 2008-2012 sus emisiones *antropógenas* de *gases de efecto invernadero (GEI)* (*dióxido de carbono (CO₂)*, *metano (CH₄)*, *óxido nitroso (N₂O)*, *hidrofluorocarbonos (HFC)*, *perfluorocarbonos (PFC)* y *hexafluoruro de azufre (SF₆)*) en un 5% como mínimo respecto de los niveles de 1990. El Protocolo de Kyoto entró en vigor el 16 de febrero de 2005.

Protocolo de Montreal (*Montreal Protocol*): El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono fue adoptado en Montreal en 1987, y posteriormente modificado y enmendado en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995), Montreal (1997) y Beijing (1999). Controla el consumo y la producción de sustancias químicas que contienen cloro y bromo y que destruyen el *ozono (O₃)* estratosférico, como los *clorofluorocarbonos (CFC)*, el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono, y muchas otras.

Proyección climática (*climate projection*): Respuesta simulada del *sistema climático* a diversos escenarios de *emisiones* o de concentraciones de *gases de efecto invernadero (GEI)* y *aerosoles*, frecuentemente basada en simulaciones mediante *modelos climáticos*. Las proyecciones climáticas se diferencian de las *predicciones climáticas* por su dependencia del *escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiativo* utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse. Véase también *Escenario climático*.

Pueblos indígenas (*indigenous peoples*): Pueblos y naciones que, teniendo una continuidad histórica con las sociedades anteriores a la invasión y precoloniales que se desarrollaron en sus territorios, se consideran distintos de otros sectores de las sociedades que ahora prevalecen en esos territorios o en partes de ellos. En la actualidad constituyen principalmente sectores no dominantes de la sociedad y a menudo tienen la determinación de preservar, desarrollar y transmitir a futuras generaciones sus territorios ancestrales y su identidad étnica como base de su existencia continuada como pueblo, de acuerdo con sus propios patrones culturales, *instituciones* sociales y sistemas legales.⁴

Quema de biomasa (*biomass burning*): Es la quema de vegetación viva y muerta.

Recuperación de metano (*methane recovery*): Método por el que se capturan las emisiones de *metano (CH₄)* (p. ej., en pozos de petróleo y gas, capas carboníferas, turberas, gasoductos, vertederos, o digestores anaeróbicos) y se utilizan como combustible o para cualquier otra finalidad económica (p. ej., materias primas químicas).

Recursos no convencionales (*unconventional resources*): Término impreciso para describir reservas de *combustibles fósiles* que no se

⁴ Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en Cobo (1987) y en anteriores informes del IPCC.

pueden extraer por los procesos habituales de perforación y extracción que dominaron en la minería del carbón, el gas y el petróleo a lo largo del siglo XX. La frontera entre los recursos convencionales y los no convencionales no está claramente definida. Entre los recursos petrolíferos no convencionales cabe mencionar el *esquisto bituminoso*, las *arenas alquitranadas*/bitumen, el petróleo crudo pesado y extra pesado y los yacimientos petrolíferos de aguas profundas. Entre los recursos no convencionales de gases cabe destacar las pizarras devónicas, las formaciones impermeables de arenisca, los acuíferos bajo presión subterránea, el gas de los yacimientos de carbón y el *metano* (CH_4) de las estructuras de clatrato (hidratos de gas) (Rogner, 1997).

Redes inteligentes (*smart grids*): Utilizan tecnología de la información y las comunicaciones para recoger datos sobre el *comportamiento* de los proveedores y consumidores en la producción, distribución y consumo de electricidad. Mediante respuestas automáticas o suministrando señales de precios, esta información puede servir a continuación para mejorar la eficiencia, fiabilidad, economía y *sostenibilidad* de la red eléctrica.

Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD) (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*): 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 resulta de evitar la *deforestación*. REDD+ va más allá de la *reforestación* y la degradación forestal e incluye el papel de la conservación, la ordenación sostenible de los *bosques* 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 derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques 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.

Reducciones verificadas de emisiones (*verified emissions reductions*): Reducciones de las emisiones que son verificadas por un tercero independiente de fuera del marco de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* y su *Protocolo de Kyoto*. También denominadas reducciones voluntarias de emisiones.

Reducciones voluntarias de emisiones (*voluntary emission reductions*): Véase *Reducciones verificadas de emisiones*.

Reforestación (*reforestation*): Plantación de *bosques* en tierras que ya habían contenido *bosque* pero que se habían convertido para otro uso. En el marco de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* y el *Protocolo de Kyoto*, la reforestación es la conversión por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero se han convertido en tierras deforestadas. En el primer período de compromiso del *Protocolo de Kyoto*, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques a 31 de diciembre de 1989.

El término *bosque* y otros términos de naturaleza similar, como *forestación*, reforestación y *deforestación*, aparecen explicados en el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

Remoción de dióxido de carbono (*carbon dioxide removal*): Los métodos de remoción de dióxido de carbono se refieren a un conjunto de técnicas cuyo objetivo es remover *dióxido de carbono* (CO_2) directamente de la *atmósfera* por medio de: 1) aumentar los *sumideros* naturales de carbono, o 2) utilizar ingeniería química para remover el CO_2 , con el propósito de reducir la concentración de CO_2 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 *captura directa* de CO_2 de la *atmósfera* utilizando medios químicos de ingeniería. Algunos métodos de remoción de CO_2 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_2 . El límite entre la remoción de CO_2 y la *mitigación* no está clara y podría existir un cierto solapamiento entre ambos conceptos a la vista de sus actuales definiciones (IPCC, 2012, pág. 2). Véase también *Gestión de la radiación solar*.

Reparto de la carga (también denominado reparto de los esfuerzos) (*burden sharing (also referred to as 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 (GEI)* desde los niveles históricos o proyectados, generalmente asignados en función de unos criterios determinados, así como al reparto del costo entre países.

Reservorio (*reservoir*): Componente del *sistema climático*, distinto de la *atmósfera*, con capacidad para almacenar, acumular o liberar una sustancia objeto de estudio (p. ej., carbono, *gases de efecto invernadero (GEI)* o *precursores*). Son reservorios de carbono, por ejemplo, los océanos, los suelos o los *bosques*. Un término equivalente es depósito. La cantidad absoluta de una determinada sustancia en un reservorio

durante un tiempo dado se denomina reserva. En el contexto de la *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)*, este término a veces se utiliza para denotar una ubicación geológica de almacenamiento de *dióxido de carbono (CO₂)*. Véase también *Secuestro*.

Reservorio de carbono (*carbon pool*): Véase *Reservorio*.

Resiliencia (*resilience*): Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de *adaptación*, aprendizaje y transformación (Consejo Ártico, 2013).

Respuesta climática transitoria (*transient climate response*): Véase *Sensibilidad climática*.

Restablecimiento de la vegetación (*revegetation*): Actividad humana directa que tiene por objeto aumentar el carbono almacenado en determinados lugares mediante el establecimiento de vegetación en una superficie mínima de 0,05 ha y que no se ajusta a las definiciones de *forestación* y *reforestación* aquí enunciadas (CMNUCC, 2002).

Retroalimentación climática (del cambio) (*climate (change) feedback*): Interacción en la que una perturbación en una magnitud climática causa un cambio en una segunda magnitud, y el cambio en esta conduce en última instancia a un cambio añadido en la primera magnitud. Se experimenta una retroalimentación negativa cuando la perturbación inicial se debilita por los cambios que esta provoca; y se experimenta una positiva, cuando se amplifica por los cambios que provoca. En el presente Informe de Evaluación, generalmente se utiliza una definición un poco más restringida en la que la magnitud climática que se perturba es la *temperatura media global en superficie*, que a su vez provoca cambios en el balance de radiación global. En cualquier caso, la perturbación inicial puede forzarse de forma externa o bien originarse como parte de la variabilidad interna.

Reunión de las Partes (RP) (*Meeting of the Parties*): La *Conferencia de las Partes (CP)* en la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* actúa como reunión de las Partes (RP), organismo supremo del *Protocolo de Kyoto*, desde que este último entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Solo las Partes en el Protocolo pueden participar en sus deliberaciones y tomar decisiones.

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 continentes, en particular hacia Estados Unidos. La invención de la máquina de vapor supuso un importante catalizador de este desarrollo. La Revolución Industrial marca el inicio de un fuerte incremento en el uso de los *combustibles fósiles* y de la emisión de, en particular, *dióxido de carbono (CO₂)* fósil. En este informe, los términos prein-

dustrial e industrial hacen referencia, en cierto modo arbitraria, a los períodos anterior y posterior a 1750, respectivamente.

Riesgo (*risk*): Potencial, cuando el resultado es incierto, de 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.

Evaluación del riesgo (*risk assessment*): Estimación científica cualitativa y/o cuantitativa de los *riesgos*.

Gestión del riesgo (*risk management*): Planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de un *riesgo* dado.

Percepción del riesgo (*risk perception*): Juicio subjetivo que hacen las personas sobre las características y la gravedad de los *riesgos*.

Compensación del riesgo (*risk tradeoff*): Cambio en la cartera de *riesgos* que ocurre cuando un *riesgo* compensatorio se genera (consciente o inconscientemente) por una intervención para reducir el riesgo objetivo (Wiener y Graham, 2009). Véanse también *Efecto secundario adverso* y *Cobeneficio*.

Transferencia del riesgo (*risk transfer*): Práctica de traspasar formal o informalmente, de una parte a otra, el *riesgo* de las consecuencias financieras de determinados sucesos negativos.

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 (CO₂)*, en *reservorios* terrestres o marinos. El secuestro biológico consiste, en particular, en la remoción directa de CO₂ de la *atmósfera* mediante *cambio de uso del suelo*, *forestación*, *reforestación*, *restablecimiento de la vegetación*, almacenamiento de carbono en vertederos, y otras prácticas que enriquecen en carbono los suelos agrícolas (*gestión de tierras agrícolas* y *gestión de pastos*). En distintas partes de la bibliografía, aunque no en este informe, el secuestro (de carbono) se utiliza para hacer referencia a la *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)*.

Secuestro de carbono (*carbon sequestration*): Véase *Secuestro*.

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.⁵

Seguridad energética (*energy security*): Objetivo de un país determinado, o de la comunidad mundial en su conjunto, de mante-

⁵ Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en la FAO (2000) y en anteriores informes del IPCC.

ner un abastecimiento de *energía* adecuado, 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 capacidad de recuperación 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.

Sensibilidad climática (*climate sensitivity*): En los informes del IPCC, la sensibilidad climática en equilibrio (unidades: °C) denota el cambio en condiciones de equilibrio (estado constante) de la *temperatura media global en superficie* por efecto de una duplicación de la *concentración de CO₂-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⁻²)⁻¹) 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 (CO₂)* que se evalúa a partir de resultados de modelos o de observaciones para evolucionar hacia condiciones de desequilibrio. Es un indicador de la intensidad de las *retroalimentaciones climáticas* en un instante dado, y puede variar en función de la historia del forzamiento y del estado climático, y, por consiguiente, puede diferir de la sensibilidad climática en equilibrio.

La *respuesta climática transitoria* (unidades: °C) es la variación de la *temperatura media global en superficie* promediada a lo largo de un período de 20 años, centrada en el instante de duplicación del CO₂ atmosférico, en una simulación de un *modelo climático* en el que el CO₂ 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)*.

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.

Servicios energéticos (*energy services*): Un servicio energético es el beneficio recibido como resultado del uso de la *energía*.

Silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) (*Forestry and Other Land Use*): Véase *Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)*.

Sin introducción de cambios (*business-as-usual*): Véase *Base/referencia*.

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*.

Sistema de certificados (verdes) comercializables (*tradable (green) certificates scheme*): *Mecanismo basado en el mercado* para lograr un resultado ambientalmente deseable (generación de *energía renovable* o requisitos de *eficiencia energética*) de un modo *costo-efectivo* al permitir la compra y la venta de certificados que representen, respectivamente, un incumplimiento y un sobrecumplimiento de la cuota.

Sistema de cuota comercializable (*tradable quota system*): Véase *Comercio de los derechos de emisión*.

Sistema energético (*energy system*): Comprende todos los componentes relacionados con la producción, conversión, suministro y consumo de *energía*.

Sostenibilidad (*sustainability*): Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa.

Subsidiariedad (*subsidiarity*): Principio por el que las decisiones de los gobiernos (si los demás factores permanecen invariables) se toman y aplican mejor, si es posible, al nivel más descentralizado, esto es, el más próximo al ciudadano. La subsidiariedad está concebida para reforzar la responsabilidad y reducir los peligros de la toma de decisiones en lugares apartados de su punto de aplicación. El principio no limita ni restringe necesariamente la acción de niveles más elevados de gobierno, sino que simplemente aconseja sobre la innecesaria asunción de responsabilidades al nivel más elevado.

Sumidero (*sink*): Todo proceso, actividad o mecanismo que remueve de la *atmósfera* un *gas de efecto invernadero (GEI)*, un *aerosol*, o un *precursor* de cualquiera de ellos.

Sustitución de combustible (*fuel switching*): En términos generales, consiste en la introducción de un combustible A en sustitución de otro combustible B. En el contexto de la *mitigación*, se sobreentiende que A tiene un contenido de carbono menor que B (p. ej., el gas natural como sustituto del carbón).

Tecnología de reemplazo (*backstop technology*): Los *modelos* que calculan la *mitigación* a menudo utilizan una tecnología arbitraria libre de carbono (muchas veces para la generación eléctrica) que podría estar disponible en el futuro en cantidades ilimitadas en todo el horizonte de los *modelos*. Ello permite que los modeladores exploren las consecuencias e importancia de una solución tecnológica genérica sin complicarse en la selección de la tecnología real. Esta tecnología de 'reemplazo' podría ser una tecnología nuclear, una tecnología relacionada con el uso de *combustibles fósiles* en combinación con *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)*, energía solar o algo inimaginable aún. Por lo general, se considera que la tecnología de reemplazo no existe en la actualidad o que existe solo con costos más elevados que las alternativas convencionales.

Temperatura media global en superficie (*global mean surface temperature*): Estimación de la temperatura media global del aire en la superficie. Para las variaciones a lo largo del tiempo, sin embargo, se utilizan únicamente las anomalías (p. ej., las desviaciones respecto de la climatología), generalmente en forma de promedio global ponderado en área de la anomalía de temperatura superficial del mar y de la anomalía de temperatura del aire en la superficie terrestre.

Tipo de cambio del mercado (TCM) (*market exchange rate*): Tipo al que se cambian todas las monedas extranjeras. La mayoría de las economías establecen tales tipos de cambio a diario y varían poco a lo largo de los intercambios. Para algunas economías en desarrollo, los tipos oficiales y los tipos del mercado negro pueden diferir considerablemente y resulta difícil definir el TCM. Véanse también *Paridad del poder adquisitivo (PPA)* y el anexo II.1.3 para los procesos de conversión monetaria aplicados en este informe.

Trayectoria de desarrollo (*development pathway*): Proceso evolutivo basado en un conjunto de características tecnológicas, económicas, sociales, institucionales, culturales y biofísicas que determinan las interacciones entre los sistemas humanos y naturales, incluidas las pautas de producción y consumo de todos los países, a lo largo del tiempo y para una escala dada.

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*. Esto puede incluir cambios en el modo en que las infraestructuras y la *energía* se usan y producen, en la gestión de los recursos naturales, en el establecimiento de las *instituciones*, así como en el ritmo y el rumbo de los *cambios tecnológicos*. Véanse también *Base/referencia*, *Escenario climático*, *Escenario de emisiones*, *Escenario de mitigación*, *Trayectorias de concentración representativas (RCP)*, *Escenario*, *Trayectorias socioeconómicas compartidas*, *Escenario socioeconómico*, *Escenarios del IE-EE* y *Estabilización*.

Trayectorias de concentración representativas (RCP) (*Representative Concentration Pathways*): *Escenarios* que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de *gases de efecto invernadero (GEI)* y *aerosoles* y gases químicamente activos, así como el *uso del suelo* y la cubierta terrestre (Moss y otros, 2008). La palabra *representativa* significa que cada trayectoria de representación ofrece uno de los muchos posibles *escenarios* que conducirían a las características específicas de *forzamiento radiativo*. La palabra *trayectoria* hace hincapié en que únicamente son de interés los niveles de concentración a largo plazo, pero también indica el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión (Moss y otros, 2010).

Las trayectorias de concentración representativas generalmente hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta el año 2100, para las cuales los modelos de evaluación integrados han producido los correspondientes *escenarios de emisión*. Las trayectorias de concentración ampliadas describen ampliaciones de las trayectorias de concentración representativas entre 2100 y 2500 calculadas utilizando normas sencillas generadas a partir de las consultas con las partes interesadas y no representan *escenarios* plenamente coherentes.

En el presente Informe de Evaluación del IPCC se han seleccionado de la literatura publicada las siguientes cuatro trayectorias de concentración representativas elaboradas a partir de modelos de evaluación integrados como base para las *predicciones climáticas* y las *proyecciones climáticas* presentadas en GTI IE5 capítulos 11 a 14:

RCP 2,6 Trayectoria en la que el *forzamiento radiativo* alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W m^{-2} antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100);

RCP 4,5 y 6,0 Dos trayectorias de *estabilización* intermedias en las cuales el *forzamiento radiativo* se estabiliza a aproximadamente $4,5 \text{ W m}^{-2}$ y 6 W m^{-2} después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las concentraciones después de 2150);

RCP 8,5 Trayectoria alta para la cual el *forzamiento radiativo* alcanza valores superiores a $8,5 \text{ W m}^{-2}$ en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100 y sean constantes las concentraciones después de 2250).

Para una descripción más detallada de futuros *escenarios*, véase GTI IE5 recuadro 1.1. Véanse también *Base/referencia*, *Predicción climática*, *Proyección climática*, *Escenario climático*, *Trayectorias socioeconómicas compartidas*, *Escenario socioeconómico*, *Escenarios del IE-EE* y *Trayectoria de transformación*.

Trayectorias de emisión (*emission trajectories*): Proyección de la evolución a lo largo del tiempo de la emisión de un *gas de efecto invernadero (GEI)* o un grupo de GEI, *aerosoles* y *precursores* de GEI.

Trayectorias de sobrepaso (*overshoot pathways*): Trayectorias de emisiones, concentración o temperatura en que la medida de interés excede temporalmente, o va más allá del objetivo a largo plazo.

Trayectorias socioeconómicas compartidas (*shared socio-economic pathways*): Actualmente, la idea de las trayectorias socioeconómicas compartidas se desarrolla como base para los nuevos *escenarios socioeconómicos* y de emisiones. Se trata de un conjunto de trayectorias que describen futuros alternativos de desarrollo socioeconómico en ausencia de intervención de *política climática*. La combinación de *escenarios socioeconómicos* basados en las trayectorias socioeconómicas compartidas y proyecciones climáticas basadas en *trayectorias de concentración representativas (RCP)* deberían ofrecer un marco integrador útil para el análisis del impacto climático y de las *políticas*. Véanse también *Base/referencia*, *Escenario climático*, *Escenario de mitigación*, *Escenario*, *Escenarios del IE-EE*, *Estabilización* y *Trayectoria de transformación*.

Troposfera (*troposphere*): Parte inferior de la *atmósfera*, comprendida entre la superficie y unos 10 km de altitud en latitudes medias (variando, en promedio, entre 9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos), donde se encuentran las nubes y se producen los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura. Véase también *Estratosfera*.

Turbina de gas de ciclo combinado (*combined-cycle gas turbine*): Planta energética que combina dos procesos para generar electricidad. Primero, la quema de combustible impulsa una turbina de gas y, después, los gases de escape de la turbina se utilizan para calentar agua e impulsar la turbina de vapor.

Umbral climático (*climate threshold*): Límite dentro del *sistema climático* a partir del cual se induce una respuesta no lineal a un determinado forzamiento. Véase también *Cambio climático abrupto*.

Unidad de Cantidad Atribuida (UCA) (*Assigned Amount Unit*): Una UCA equivale a 1 tonelada (métrica) de *emisiones de CO₂-equivalente*, calculadas utilizando el *Potencial de calentamiento global (PCG)*. Véase también *Cantidad atribuida*.

Unidad de reducción de emisiones (URE) (*Emissions Reduction Unit*): Igual a una tonelada (métrica) de *emisiones de CO₂-equivalente* reducidas o *dióxido de carbono (CO₂)* removido de la *atmósfera* mediante un proyecto de *Aplicación conjunta* (definida en el artículo 6 del *Protocolo de Kyoto*), calculada utilizando el *potencial de calentamiento global (PCG)*. Véanse también *Unidad de reducción de emisiones certificada (CER)* y *Comercio de derechos de emisión*.

Unidad de reducción de emisiones certificada (CER) (*Certified Emission Reduction Unit*): Corresponde a 1 tonelada métrica de *emisiones de CO₂-equivalente* reducidas o de *dióxido de carbono (CO₂)* removido de la *atmósfera* mediante el proyecto de *Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)* (definido en el artículo 12 del *Protocolo de Kyoto*), y se calcula empleando los *potenciales de calentamiento global (PCG)*. Véanse también *Unidad de reducción de emisiones (URE)* y *Comercio de derechos de emisión*.

Uso del suelo (cambio, directo e indirecto) (*land use (change, direct and indirect)*): El término uso del suelo denota el conjunto de disposiciones, actividades e insumos (conjunto de actividades humanas) adoptados para cierto tipo de cubierta terrestre. Este término se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la gestión de los suelos (p. ej., pastoreo, y extracción y conservación de madera). En los asentamientos urbanos se refiere a los usos del suelo dentro de las ciudades y sus barrios exteriores. El uso del suelo urbano 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.

Cambio de uso del suelo (*land use change*): Cambio del uso o gestión del suelo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta de tierra. Las modificaciones de la cubierta terrestre y del uso del suelo pueden afectar al *albedo* de la superficie, a la evapotranspiración, a las *fuentes* y *sumideros* de *gases de efecto invernadero (GEI)* o a otras propiedades del sistema climático y pueden, por consiguiente, producir un *forzamiento radiativo* u otros impactos en 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, 2000).

Cambio indirecto de uso del suelo (iLUC) (*indirect land use change*): Se refiere a cambios en el 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 la tierra se desvía de su uso agrícola para dedicarla a la producción de biocombustible, puede que se proceda al desmonte de otro terreno para sustituir la producción agrícola inicial. Véanse también *Forestación*, *Deforestación* y *Reforestación*.

Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (LULUCF) (*land use, land use change and forestry*): Sector del inventario de los *gases de efecto invernadero (GEI)* que abarca las *emisiones* y *remociones* de GEI resultantes de las actividades directas del ser humano en relación con el *uso del suelo*, el *cambio de uso del suelo* y la silvicultura, exceptuando las *emisiones agrícolas*. Véase también *Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)*.

Valor actualizado (*present value*): Las cantidades monetarias disponibles en diferentes fechas en el futuro se descuentan para actualizar su valor al momento actual, y se suman para obtener el valor actua-

lizado de una serie de flujos futuros de efectivo. Véase también *Descuento*.

Variabilidad climática (*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*.

Vatios por metro cuadrado (W/m^2) (*watts per square meter*): Véase *Forzamiento radiativo*.

Vector energético (*energy carrier*): Sustancia que facilita la realización de un trabajo mecánico o la transferencia de calor. Entre los vectores energéticos cabe citar los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos (p. ej., la *biomasa*, el carbón, el petróleo, el gas natural o el hidrógeno); los fluidos presurizados/calentados/enfriados (aire, agua o vapor), y la corriente eléctrica.

Vehículo híbrido (*hybrid vehicle*): Cualquier vehículo que emplea dos fuentes de propulsión, en particular un vehículo que combina un motor de combustión interna con un motor eléctrico

Viabilidad institucional (*institutional feasibility*): Se compone de dos partes principales: 1) la magnitud de la carga de trabajo administrativa, tanto para las autoridades públicas como para las entidades reguladas, y 2) la medida en que la *política* se considera legítima, gana aceptación, y es adoptada y ejecutada.

Siglas, abreviaturas y símbolos químicos

AFOLU	agricultura, silvicultura y otros usos del suelo	HCFC	hidroclorofluorocarbonos
AI	países incluidos en el anexo I	HFC	hidrofluorocarbonos
ALC	América Latina y el Caribe	IA	Ingresos altos
AML	América Latina	IB	Ingresos bajos
AMN	América del Norte	I+D	investigación y desarrollo
APC	países de Asia con planificación centralizada y China	IE4	Cuarto Informe de Evaluación
ASM	Asia Meridional	IE5	Quinto Informe de Evaluación
ASP	Asia Sudoriental y Pacífico	IMA	Ingresos medianos altos
ASO	Asia Oriental	IMB	Ingresos medianos bajos
ASS	África Subsahariana	KRV	kilómetros recorridos por vehículo
BECCS	bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono	LULUCF	uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura
CAC	captura y almacenamiento de dióxido de carbono	MDL	Mecanismo para un desarrollo limpio
CER	reducciones certificadas de las emisiones	MEF	Foro de las principales economías sobre energía y clima
CFC	clorofluorocarbonos	MRV	medición, notificación y verificación
CH₄	metano	n.d.	no disponible
CMIP5	quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados	NAI	países no incluidos en el anexo I
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	N2O	óxido nitroso
CO₂	dióxido de carbono	NOx	óxido de nitrógeno
CO₂eq	CO ₂ -equivalente	OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
DBO	demanda bioquímica de oxígeno	OAF	Oriente Medio y África
DCC	distrito comercial central	OAS	Oriente Medio y África septentrional
DSM	desechos sólidos municipales	OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
EET	economías en transición	OCDEP	OCDE, Pacífico
EE. UU.	Estados Unidos	OMC	Organización Mundial del Comercio
EOC	Europa Occidental	OMI	Organización Marítima Internacional
EOR	Europa Central y Oriental	PC1	primer período de compromiso
EUS	ex Unión Soviética	PC2	segundo período de compromiso
FOLU	silvicultura y otros usos del suelo	PCG	potencial de calentamiento global
GEA	Global Energy Assessment	PCG₁₀₀	potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años
GEI	gases de efecto invernadero	PIB	producto interno bruto
GMI	Iniciativa Global del Metano	PK	Protocolo de Kyoto
GNC	gas natural comprimido	PMA	países menos adelantados
Gt	gigatonelada	PME	pequeña y mediana empresa
GTIII	Grupo de trabajo III	RCDE UE	régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea
GTIII IE5	contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación	REDD	Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal
H₂	hidrógeno	REEEP	Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética
hab	habitante	SO₂	dióxido de azufre
HadCRUT4	conjunto 4 de datos reticulares de la temperatura en superficie del Centro Hadley/Unidad de investigación climática	SRREN	Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático
		tCO₂	toneladas de CO ₂
		VUD	vehículos utilitarios deportivos

Referencias

- Brunner, P. H. y H. Rechberger (2004).** Practical handbook of material flow analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **9**(5), 337-338.
- Cobo, J.R.M. (1987).** *Study of the problem of discrimination against indigenous populations*. Sub-commission on Prevention of Discrimination and Protection of Minorities. Nueva York: Naciones Unidas, 1987.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987).** *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Consejo Ártico (2013).** Glossary of terms. En: *Arctic Resilience Interim Report 2013*. Stockholm Environment Institute y Stockholm Resilience Centre, Estocolmo, Suecia.
- Consejo empresarial mundial de desarrollo sostenible e Instituto de Recursos Mundiales (WRI). (2004).** *The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Ginebra y Washington, DC.
- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1994).** *Artículo 1: Términos utilizados*. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. 17 de junio de 1994: París, Francia.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2000).** Informe de la Conferencia de las Partes sobre su séptimo período de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 10 de noviembre de 2001. Adición. Segunda parte: Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes. (FCCC/CP/2001/13/Add.1).
- Ehrlich, P. R. y J.P. Holdren (1971).** Impact of population growth. *Science*, **171**(3977), 1212-1217.
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005).** *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*. Instituto de Recursos Mundiales, Washington, D.C. [Apéndice D, pág. 893].
- Grupo Asesor sobre energía y cambio climático del Secretario General de las Naciones Unidas (AGECC) (2010).** *Energy for a Sustainable Future*. Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Hertel, T. T. W. (1997).** *Global trade analysis: modeling and applications*. T. W. Hertel (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Heywood, V.H. (ed.) (1995).** *The Global Biodiversity Assessment*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- IPCC (1992).** *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander, y S.K. Varney (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 116 págs.
- (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, y K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 572 págs.
- (2000). *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, y D.J. Dokken (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 377 págs.
- (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, y C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 881 págs.
- (2003). *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, y F. Wagner (eds.)]. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japón, 32 págs.
- (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, preparado por el Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* [Eggleston H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara y K. Tanabe K. (eds.)]. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japón.
- (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.
- (2012). *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, y M. Mastrandrea (eds.)]. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III del IPCC, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Alemania, 99 págs.
- Manning, M.R., M. Petit, D. Easterling, J. Murphy, A. Patwardhan, H-H. Rogner, R. Swart, y G. Yohe (eds.) (2004).** *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options*. Workshop Report. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza.
- Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, y F.W. Zwiers (2010).** Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Publicado en línea en: <http://www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/index.html#UR>
- Michaelowa, A., M. Stronzik., F. Eckermann, y A. Hunt (2003).** Transaction costs of the Kyoto Mechanisms. *Climate policy*, **3**(3), 261-278.
- Moss, R., y S. Schneider (2000).** Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting. En: *IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi, y K. Tanaka (eds.)]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza, págs. 33 a 51.
- 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*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza, 132 págs.

- 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.
- Nakićenović, N. y R. Swart (eds.) (2000). Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 599 págs.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2000). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2000*. Roma, Italia.
- Rogner, H. H. (1997). An assessment of world hydrocarbon resources. *Annual review of energy and the environment*, **22**(1), 217-262.
- Weyant, J. P. y T. Olavson (1999). Issues in modeling induced technological change in energy, environmental, and climate policy. *Environmental Modeling & Assessment*, **4**(2-3), 67-85.
- Wiedmann, T. y J. Minx (2007). A definition of carbon footprint. *Ecological economics research trends*, **1**, 1-11.
- Wiener, J. B. y J. D. Graham (2009). *Risk vs. risk: Tradeoffs in protecting health and the environment*. Harvard University Press, Cambridge, MA, Estados Unidos de América

