

ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL cambio climático

# CAMBIO CLIMÁTICO 2014

## *Mitigación del cambio climático*

### Resumen para responsables de políticas

GT III

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

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

## Resumen para responsables de políticas

#### 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**  
Jefe de operaciones

**Susanne Kadner**  
Jefa científica

**Kristin Seyboth**  
Jefa científica adjunta

**Anna Adler**  
Auxiliar de equipo

**Ina Baum**  
Oficial de proyecto

**Steffen Brunner**  
Economista superior

**Patrick Eickemeier**  
Editor científico

**Benjamin Kriemann**  
Funcionario de tecnología de la  
información

**Jussi Savolainen**  
Administrador del sitio web

**Steffen Schlömer**  
Científico

**Christoph von Stechow**  
Científico

**Timm Zwicker**  
Científico superior

Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III

Foto de la portada: Vista aérea de Shanghai (China) © Ocean / Corbis.

Revisado en febrero de 2015 por el IPCC, Suiza. Se pueden obtener copias electrónicas del presente Resumen para responsables de políticas en el sitio web del IPCC, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch), y en el sitio web de la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del IPCC, [www.mitigation2014.org](http://www.mitigation2014.org).

© 2015 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

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.

# **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.<sup>1</sup> 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.<sup>2</sup> 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 conexas 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.*

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.**<sup>3</sup> 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.<sup>4</sup> 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.**<sup>5</sup> 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

<sup>3</sup> Véase el Resumen para responsables de políticas de GTII IE5.

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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 (GtCO<sub>2</sub>eq) (2,2%) por año entre 2000 y 2010, cifra que contrasta con las 0,4 GtCO<sub>2</sub>eq (1,3%) por año entre 1970 y 2000 (figura RRP.1).<sup>6,7</sup> 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) GtCO<sub>2</sub>eq/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]

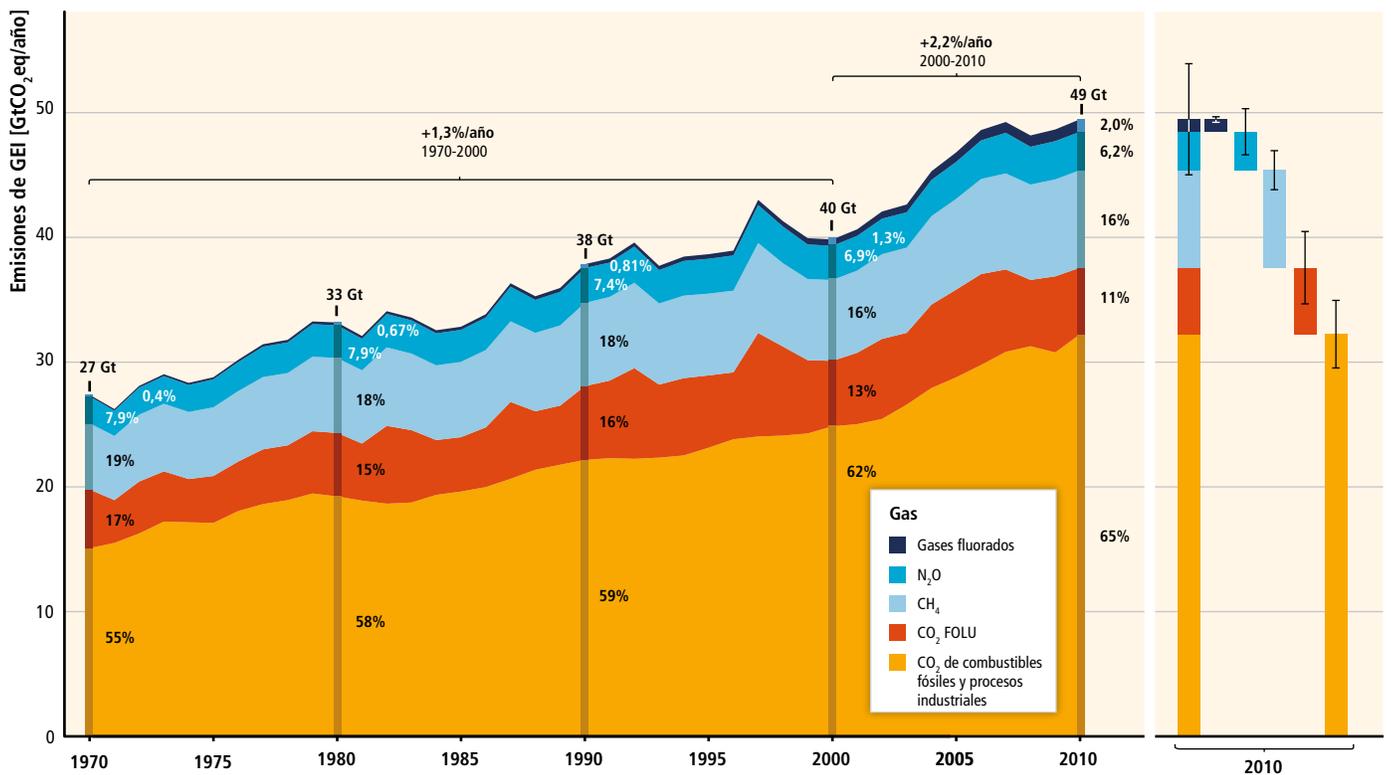
<sup>6</sup> A lo largo del presente Resumen, las emisiones de GEI se ponderan en potenciales de calentamiento global (PCG) con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>) desde el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Todas las métricas entrañan limitaciones e incertidumbres cuando se evalúan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

<sup>7</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles llegaron a 32 (±2,7) GtCO<sub>2</sub>/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) GtCO<sub>2</sub>eq/año antropógenas de GEI emitidas en 2010, el CO<sub>2</sub> sigue siendo el principal GEI antropógeno y representa el 76% (38±3,8 GtCO<sub>2</sub>eq/año) del total de GEI antropógenos emitidos en 2010. El 16% (7,8±1,6 GtCO<sub>2</sub>eq/año) proviene del metano (CH<sub>4</sub>), el 6,2% (3,1±1,9 GtCO<sub>2</sub>eq/año) del óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el 2% (1,0±0,2 GtCO<sub>2</sub>eq/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 CO<sub>2</sub>.<sup>8</sup> [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 (GtCO<sub>2</sub>eq/año) por grupos de gases, 1970-2010: CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO<sub>2</sub> procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); gases fluorados<sup>8</sup> 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 incertidumbres 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo son de gran magnitud, del orden de ±50%. Las incertidumbres para las emisiones globales de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub>-equivalente sobre la base del PCG<sub>100</sub><sup>6</sup> desde el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Los datos de las emisiones de FOLU representan emisiones terrestres de CO<sub>2</sub> debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO<sub>2</sub> procedente 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]

<sup>8</sup> En el presente Resumen, los datos sobre los GEI distintos del CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> entre 1750 y 2010 se han producido en los últimos 40 años (nivel de confianza alto).** En 1970 las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la combustión en antorcha desde 1750 fueron de 420±35 GtCO<sub>2</sub>; en 2010 ese total acumulado se triplicó hasta alcanzar los 1 300±110 GtCO<sub>2</sub>. Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU)<sup>9</sup> desde 1750 pasaron de 490±180 GtCO<sub>2</sub> en 1970 a 680±300 GtCO<sub>2</sub> en 2010. [5.2]

**Las emisiones antropógenas anuales de GEI han aumentado en 10 GtCO<sub>2</sub>eq 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) GtCO<sub>2</sub>eq emitidas en 2010, el 35% (17 GtCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones de GEI se liberaron en el sector del suministro de energía, el 24% (12 GtCO<sub>2</sub>eq, emisiones netas) en AFOLU, el 21% (10 GtCO<sub>2</sub>eq) en la industria, el 14% (7,0 GtCO<sub>2</sub>eq) en el transporte y el 6,4% (3,2 GtCO<sub>2</sub>eq) 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%<sup>7</sup>, 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 CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 siguió siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente (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]

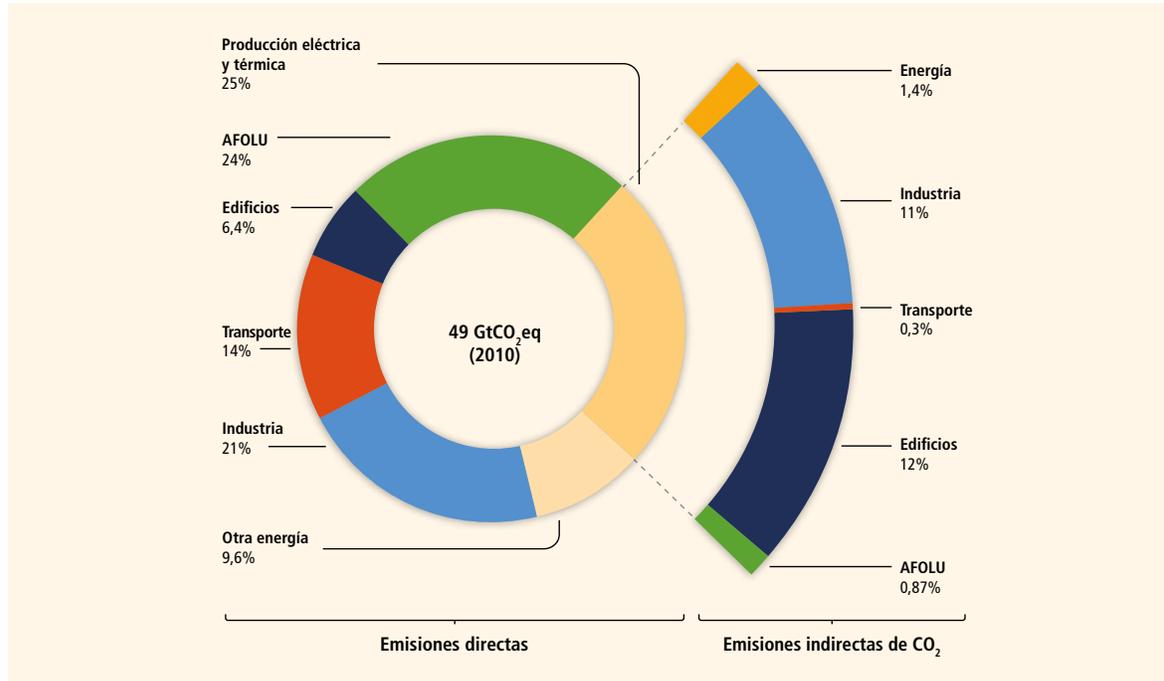
**Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas. En los escenarios de referencia en que no se 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 preindustriales<sup>10</sup> (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)<sup>11</sup> (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 CO<sub>2</sub>eq en 2030 y se alcanzan niveles de concentración de CO<sub>2</sub>eq entre 750 y más

<sup>9</sup> La silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) —también denominada uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (LULUCF)— es el subconjunto de emisiones y remociones 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).

<sup>10</sup> 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.

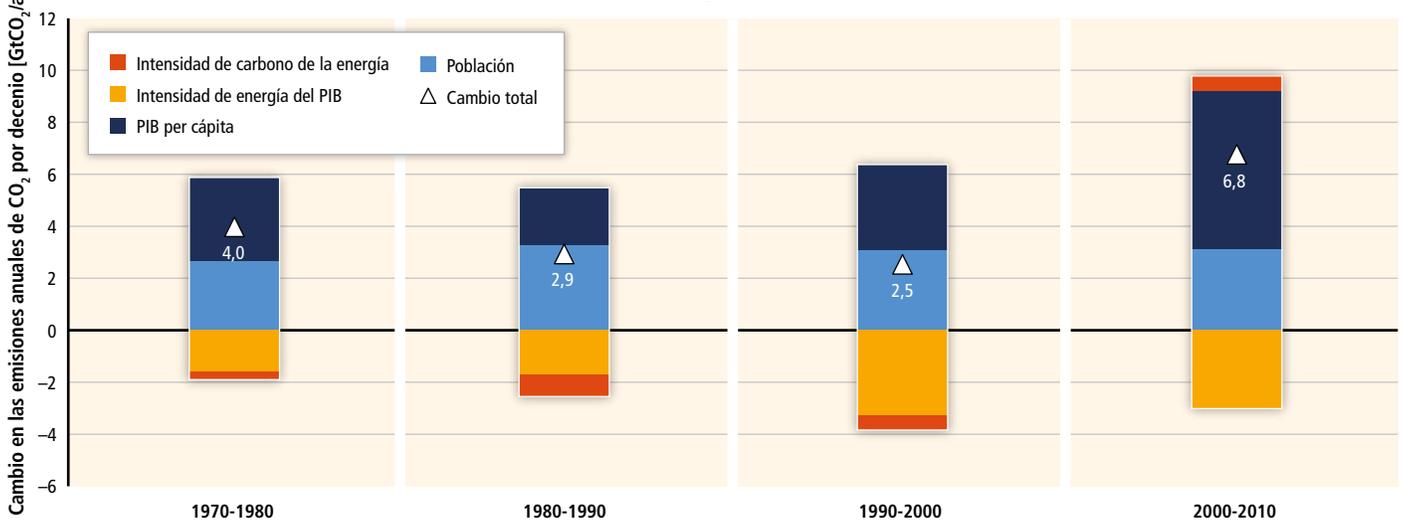
<sup>11</sup> La incertidumbre climática refleja los percentiles 5° a 95° de los cálculos de los modelos climáticos descritos en el cuadro RRP.1.

**Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos**



**Figura RRP.2** Emisiones antropógenas de GEI totales (GtCO<sub>2</sub>eq/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 CO<sub>2</sub> (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 CO<sub>2</sub> debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO<sub>2</sub> procedente del subsector de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) descritas en el capítulo 11 de este informe. Las emisiones se convierten en CO<sub>2</sub>-equivalente sobre la base del PCG<sub>100</sub><sup>6</sup> 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]

**Descomposición del cambio en las emisiones anuales totales de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles por decenio**



**Figura RRP.3** Descomposición del cambio decenal en las emisiones anuales totales de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> por año [GtCO<sub>2</sub>/año]; el ingreso se convierte en unidades comunes utilizando paridades de poder adquisitivo. [figura 1.7]

de 1 300 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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.<sup>12</sup> A efectos de comparación, se calcula que la concentración de CO<sub>2</sub>eq en 2011 es de 430 ppm (intervalo de incertidumbre de 340-520 ppm).<sup>13</sup> [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

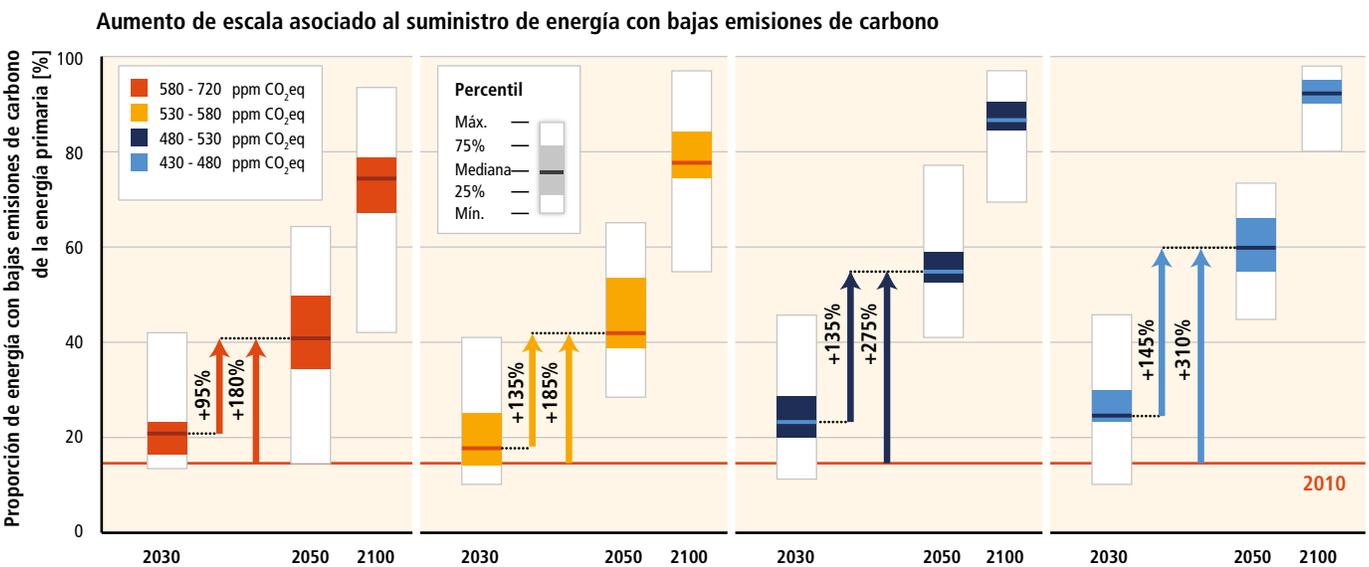
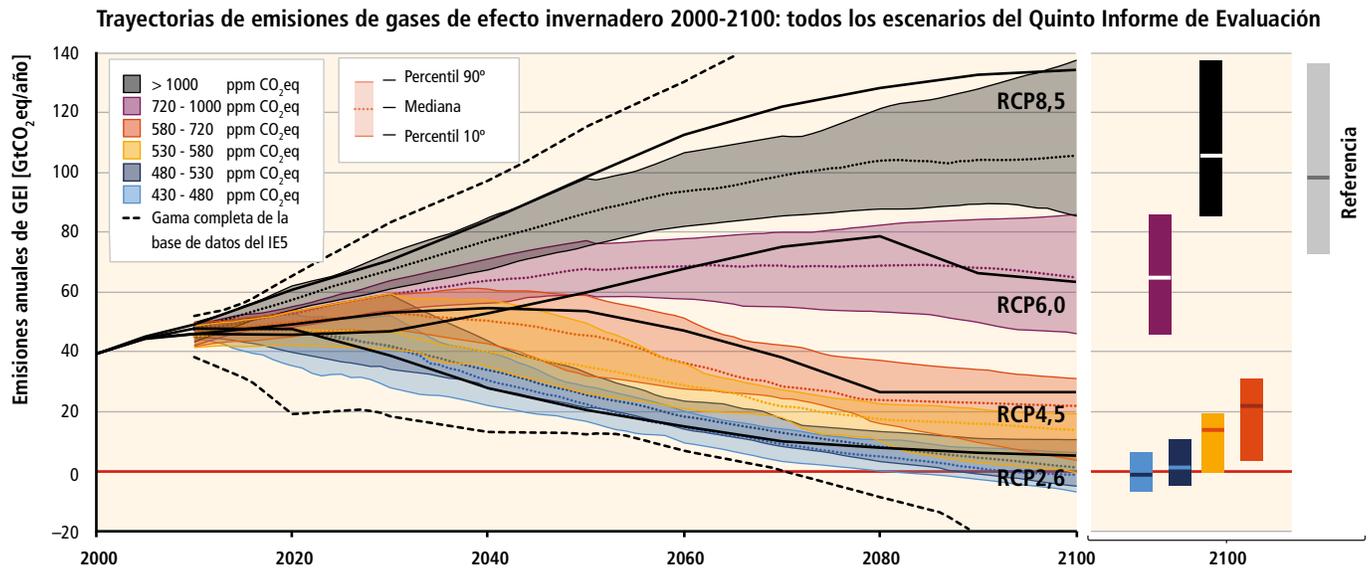
**Hay múltiples escenarios que contemplan diversas opciones tecnológicas y de comportamiento, con diferentes características y consecuencias para el desarrollo sostenible, que son coherentes con distintos niveles de mitigación.** Para esta evaluación, se han reunido alrededor de 900 escenarios de mitigación en una base de datos sobre modelos integrados publicados.<sup>14</sup> Esta gama contempla niveles de concentración atmosférica en 2100 que van de 430 ppm de CO<sub>2</sub>eq a más de 720 ppm de CO<sub>2</sub>eq, 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 CO<sub>2</sub>eq (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 CO<sub>2</sub>eq (nivel de confianza alto).** En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de alrededor de 500 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq

<sup>12</sup> 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/m<sup>2</sup>) en el caso del escenario RCP2,6; 4,5 W/m<sup>2</sup> en el caso del escenario RCP4,5; 6,0 W/m<sup>2</sup> en el caso del escenario RCP6,0; y 8,5 W/m<sup>2</sup> 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.

<sup>13</sup> 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/m<sup>2</sup>, con un intervalo de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m<sup>2</sup>. [GTI figura RRP.5, GTI 8.5, GTI 12.3]

<sup>14</sup> 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 (GtCO<sub>2</sub>eq/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 CO<sub>2</sub>-equivalente y concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente, véase el Glosario de GTIII IES.

antes de 2100, y en tal caso es *tan probable como improbable* que se alcance ese objetivo.<sup>15</sup> En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de entre 530 y 650 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq. En esos escenarios la temperatura llega a

<sup>15</sup> Los escenarios de mitigación, incluidos aquellos que alcanzan en 2100 concentraciones de aproximadamente 550 ppm de CO<sub>2</sub>eq o superiores, pueden temporalmente sobrepasar los niveles de concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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,<sup>16</sup> y por niveles de emisiones en 2100 cercanos a cero GtCO<sub>2</sub>eq o negativos. En los escenarios en que se alcanzan aproximadamente 500 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq, 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 CO<sub>2</sub>eq 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.<sup>17</sup> 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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).<sup>18</sup> La remoción de dióxido de carbono también es dominante en muchos escenarios en los que no se sobrepasan los niveles de concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa. 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 CO<sub>2</sub>eq), pero no excluyen**

<sup>16</sup> 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 CO<sub>2</sub>). 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.

<sup>17</sup> 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].

<sup>18</sup> 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 CO<sub>2</sub> que se podrían compensar parcialmente con los métodos de remoción en una escala secular. Los métodos de remoción de CO<sub>2</sub> 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.<sup>1,2</sup> [cuadro 6.3]

Concentraciones en 2100 [ppm de CO <sub>2</sub> eq]	Subcategorías	Posición relativa de las RCP <sup>5</sup>	Emisiones acumuladas de CO <sub>2</sub> [GtCO <sub>2</sub> ]		Cambio en las emisiones de CO <sub>2</sub> eq en comparación con 2010 [%] <sup>4</sup>		Cambio de temperatura (en relación con 1850-1900) <sup>5,6</sup>				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	Cambio de temperatura en 2100 [°C] <sup>7</sup>	Probabilidad de permanecer por debajo del nivel de temperatura después de 2100 <sup>8</sup>			
								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 <sub>2</sub> eq										
450 (430-480)	Rango total <sup>10</sup>	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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> eq		1070-1460	1240-2240	-47 a -19	-81 a -59	2,0-2,2 (1,4-3,6)	Improbable	Más improbable que probable <sup>12</sup>	Probable	Probable
	Sobrepasando 580 ppm de CO <sub>2</sub> 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 <sup>11</sup>	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 <sup>11</sup>	Improbable	Más improbable que probable	

<sup>1</sup> El 'rango total' para los escenarios de 430-480 ppm de CO<sub>2</sub>eq corresponde al intervalo de los percentiles 10º-90º de la subcategoría de esos escenarios mostrados en el cuadro 6.3.

<sup>2</sup> Los escenarios de referencia (véase RRP.3) están en las categorías de >1 000 y 720-1 000 ppm de CO<sub>2</sub>eq. 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 CO<sub>2</sub>eq, 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.

<sup>3</sup> A efectos de comparación de las estimaciones de las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> 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] GtCO<sub>2</sub>) 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]

<sup>4</sup> 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 CO<sub>2</sub>eq incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y gases fluorados).

<sup>5</sup> 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 CO<sub>2</sub>eq 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).

<sup>6</sup> 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].

<sup>7</sup> 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].

<sup>8</sup> 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%.

<sup>9</sup> En la concentración de CO<sub>2</sub>-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).

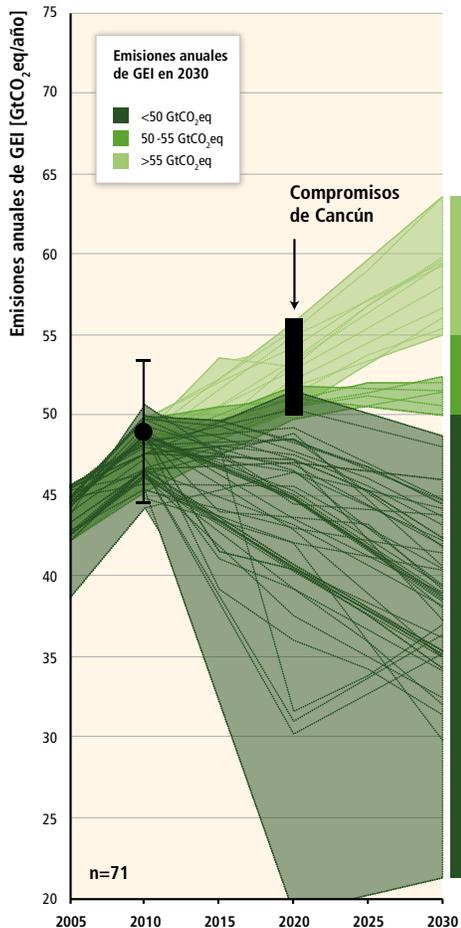
<sup>10</sup> La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasan el límite de la categoría de 480 ppm de concentraciones de CO<sub>2</sub>eq.

<sup>11</sup> 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.

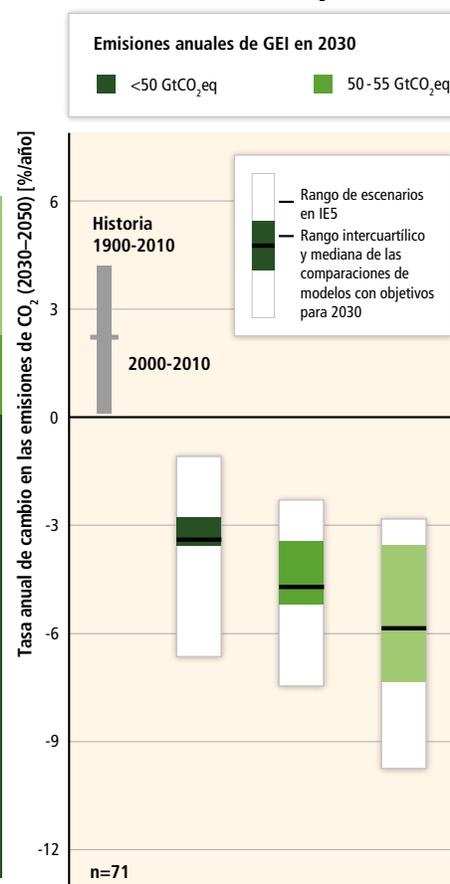
<sup>12</sup> Los escenarios de la categoría 580-650 ppm de CO<sub>2</sub>eq comprenden tanto escenarios que sobrepasan el nivel de concentración como escenarios que no lo sobrepasan en el extremo superior de la categoría (como RCP4,5). La probabilidad obtenida de la evaluación del último tipo de escenarios 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.



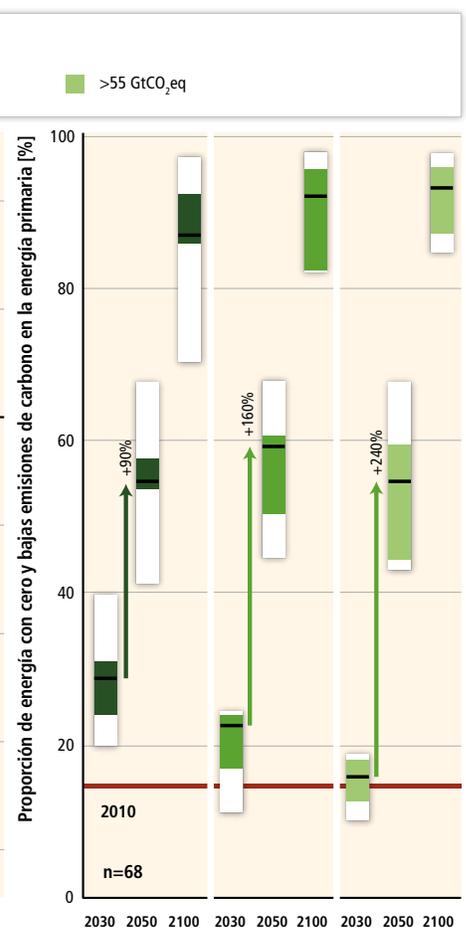
Trayectorias de emisiones de GEI hasta 2030



Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción del promedio de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>eq 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 (GtCO<sub>2</sub>eq/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 CO<sub>2</sub> 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 GtCO<sub>2</sub>/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]

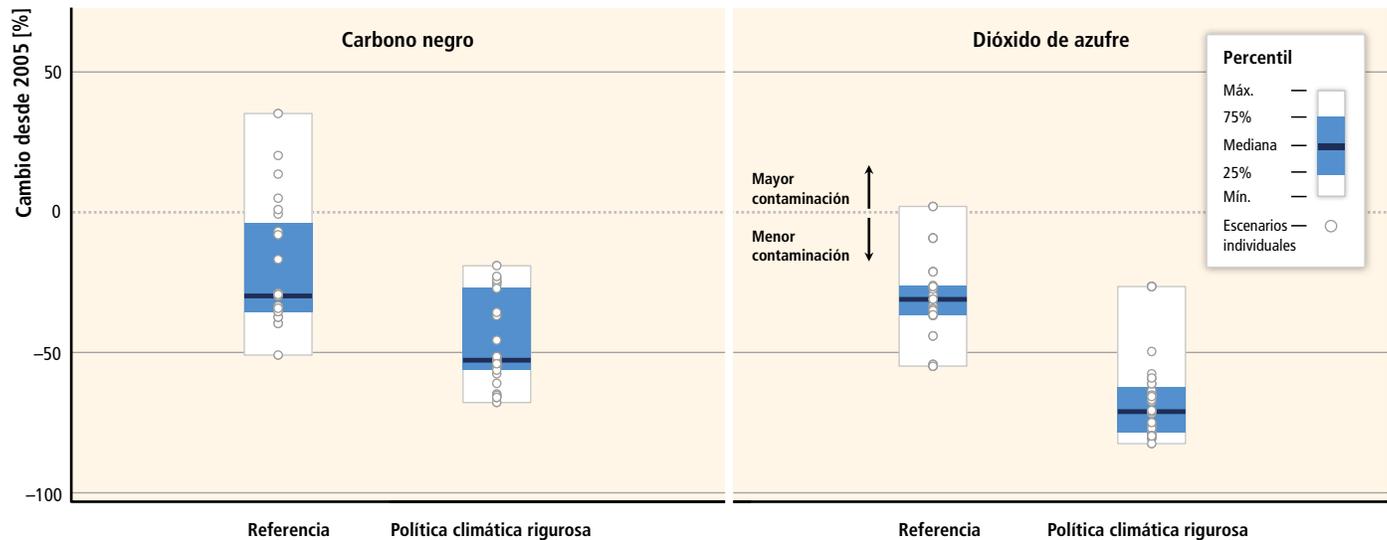
**Cuadro RRP.2** | Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos<sup>1</sup> y estimación de los aumentos de los costos debidos a una supuesta limitada disponibilidad de las tecnologías específicas y una demora de la mitigación adicional. Las estimaciones de costos presentadas en este 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 descontados<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> 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.<sup>4</sup> Estos escenarios con demoras en la mitigación adicional se agrupan por niveles de emisión de menos o más de 55 GtCO<sub>2</sub>eq en 2030, y dos rangos de concentración en 2100 (430-530 ppm de CO<sub>2</sub>eq y 530-650 ppm de CO<sub>2</sub>eq). 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.<sup>5</sup> [figuras RT.12, RT.13, 6.21, 6.24, 6.25, anexo II.10]

	Pérdidas de consumo en escenarios costo-efectivos <sup>1</sup>				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 <sub>2</sub> eq]	2030	2050	2100	2010-2100	Sin CAC	Eliminación gradual de la energía nuclear	Energía solar/eólica limitada	Bioenergía limitada	≤55 GtCO <sub>2</sub> eq		>55 GtCO <sub>2</sub> eq	
									2030-2050	2050-2100	2030-2050	2050-2100
<b>450 (430-480)</b>	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)
<b>500 (480-530)</b>	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				
<b>550 (530-580)</b>	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)
<b>580-650</b>	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 CO<sub>2</sub>eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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 ( $\text{SO}_2$ ) 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  $\text{CO}_2\text{eq}$  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  $\text{CO}_2\text{eq}$ ) se caracterizan normalmente por emisiones anuales de GEI en 2030 de aproximadamente entre 30  $\text{GtCO}_2\text{eq}$  y 50  $\text{GtCO}_2\text{eq}$  (figura RRP.5, parte de la izquierda). Los escenarios que contemplan emisiones anuales de GEI por encima de 55  $\text{GtCO}_2\text{eq}$  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  $\text{GtCO}_2\text{eq}$  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 CO<sub>2</sub>eq 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 mitigación<sup>19</sup>– 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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.<sup>20</sup> [6.3, 7.11]

**Los escenarios de mitigación en los que se llega a alrededor de 450 o 500 ppm de CO<sub>2</sub>eq 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]

<sup>19</sup> 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.

<sup>20</sup> En estos escenarios, las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> oscilan entre 680 y 800 GtCO<sub>2</sub> para el período 2011-2050 y entre 90 y 310 GtCO<sub>2</sub> para el período 2011-2100. Las emisiones globales de CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq. [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

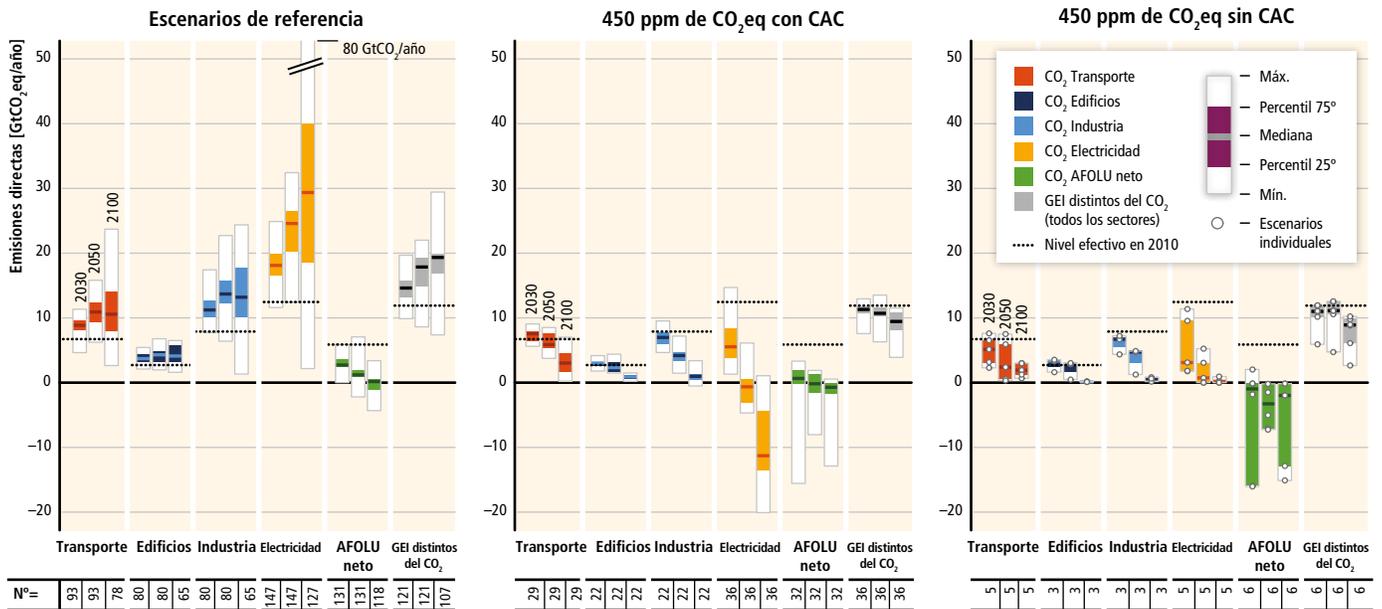
### RRP.4.2.1 Trayectorias y medidas de mitigación intersectoriales

**En los escenarios de referencia, las proyecciones indican que las emisiones de GEI crecerán en todos los sectores, excepto las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)<sup>21</sup> (*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 CO<sub>2</sub>, las emisiones netas de CO<sub>2</sub> 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).<sup>22</sup> [6.3.1.4, 6.8, figura RT.15]

<sup>21</sup> Las emisiones netas de CO<sub>2</sub> de AFOLU comprenden las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> del sector AFOLU, incluidas las del suelo forestal, y, en algunas evaluaciones, los sumideros de CO<sub>2</sub> en los suelos agrícolas.

<sup>22</sup> 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 CO<sub>2</sub> y de GEI distintos del CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> por sector y GEI distintos del CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq en 2100 sin CAC, por lo que es menor el número de escenarios del gráfico de la derecha. [figuras 6.34 y 6.35]

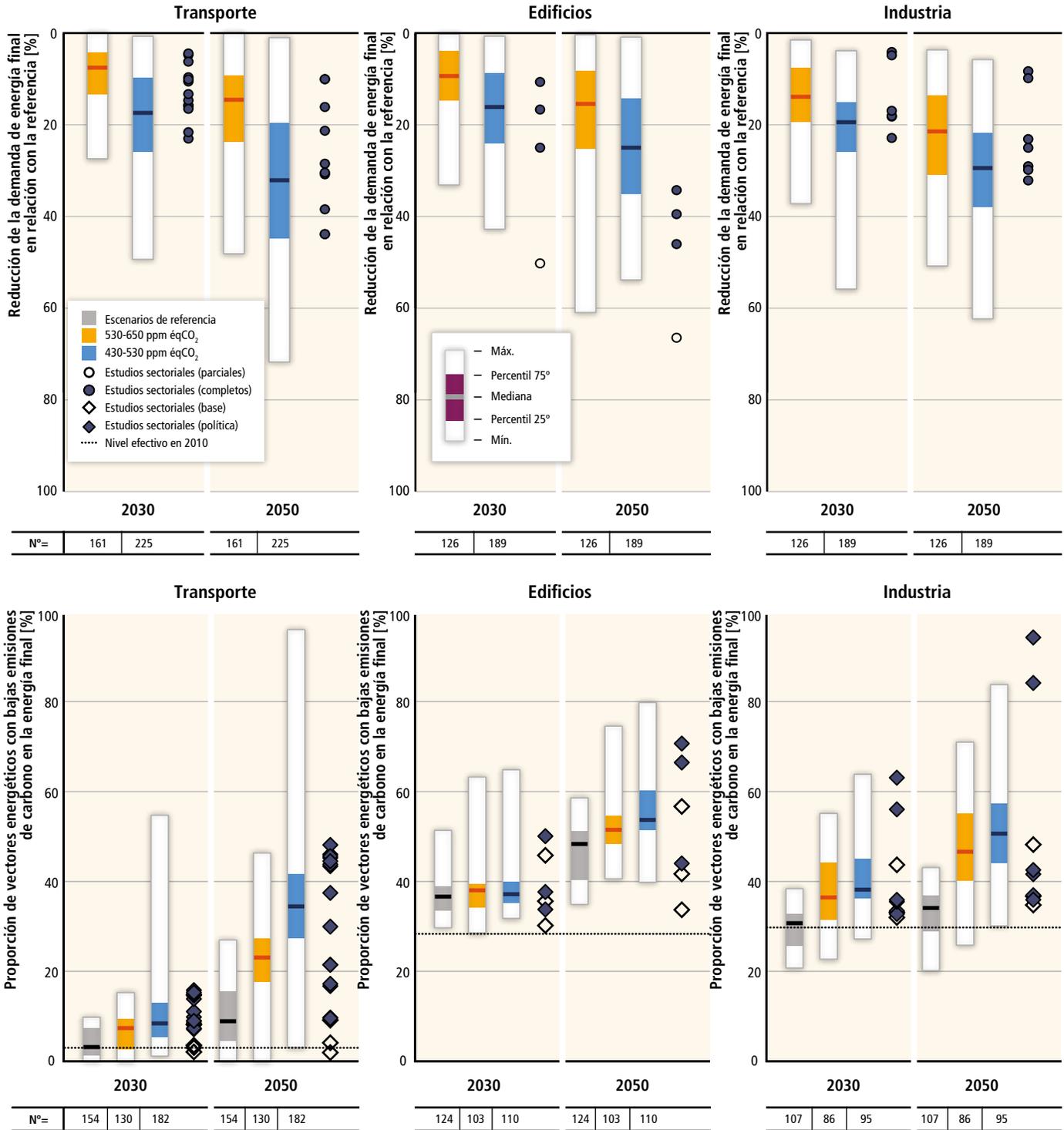
**Los cambios en los desarrollos de infraestructura y los productos de larga vida que bloquean a las sociedades en trayectorias de grandes emisiones de GEI pueden ser muy complicados o conllevar grandes costos, con lo que se refuerza la importancia de la acción temprana para aspirar a una mitigación 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>eq 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 estructural<sup>23</sup> (*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 CO<sub>2</sub> 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 GtCO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub>eq); 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]

<sup>23</sup> 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 CO<sub>2</sub>eq 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, sobre las posibles consecuencias de una acumulación de presión dentro de formaciones geológicas provocada por el almacenamiento de CO<sub>2</sub> (por ejemplo una sismicidad inducida) y sobre las posibles repercusiones en la salud humana y el medio ambiente del CO<sub>2</sub> 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 GtCO<sub>2</sub> en 2010, y las proyecciones apuntan a que las emisiones de CO<sub>2</sub> de referencia aproximadamente se duplicarán en 2050 (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Este crecimiento en las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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<sub>x</sub>) 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/tCO<sub>2</sub> 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 edificios<sup>24</sup> fue responsable de alrededor del 32% del uso de la energía final y de emisiones de 8,8 GtCO<sub>2</sub>, incluidas emisiones directas e indirectas, y las proyecciones indican que la demanda de energía del sector aproximadamente se duplicará y las emisiones de CO<sub>2</sub> 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]

<sup>24</sup> 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 GtCO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> predominan en las emisiones de GEI de la industria, pero también existen considerables oportunidades de mitigación para los gases distintos del CO<sub>2</sub> (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En 2010 las emisiones de la industria de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y gases fluorados fueron de 0,9 GtCO<sub>2</sub>eq. 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 GtCO<sub>2</sub>eq 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 (~10-12GtCO<sub>2</sub>eq/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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 GtCO<sub>2</sub>eq/año<sup>25</sup> en 2030 para los esfuerzos de mitigación congruentes con precios por emisiones de carbono<sup>26</sup> de hasta 100 dólares de Estados Unidos/tCO<sub>2</sub>eq, de las cuales alrededor de un tercio podrán lograrse a menos de 20 dólares/tCO<sub>2</sub>eq (*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 GtCO<sub>2</sub>eq/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+<sup>27</sup> 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%.

<sup>25</sup> Rango completo de todos los estudios: 0,49-11 GtCO<sub>2</sub>eq/año

<sup>26</sup> 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).

<sup>27</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 tránsito<sup>28</sup>. [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]

<sup>28</sup> 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 CO<sub>2</sub>eq 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]

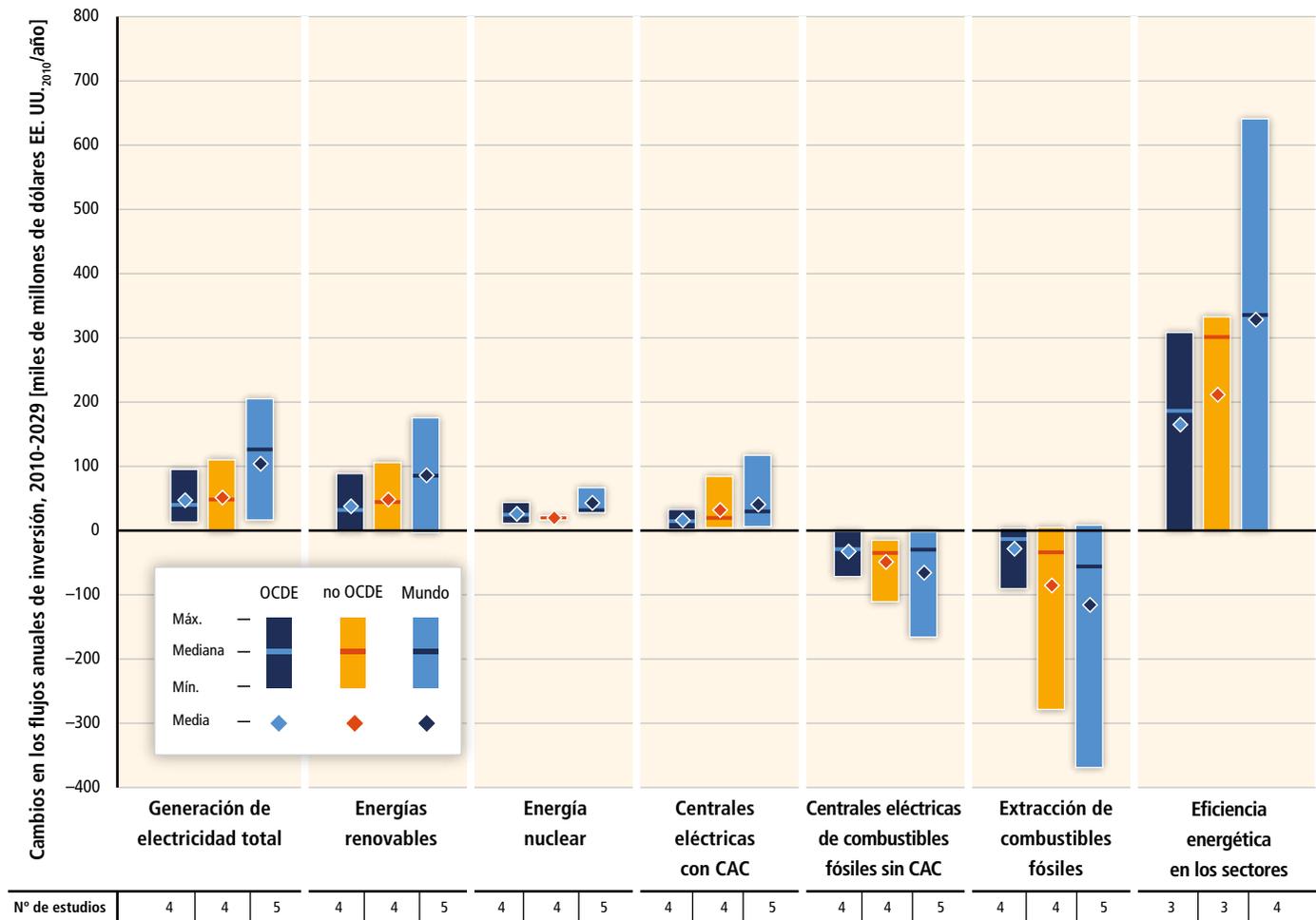
**No hay ninguna definición ampliamente convenida de lo que constituye financiación climática, pero existen estimaciones de los flujos financieros asociados con la mitigación del cambio climático y la adaptación a él.** Las evaluaciones publicadas de los actuales flujos financieros anuales cuyo efecto 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 CO<sub>2</sub>eq 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 tradicional<sup>29</sup> y la combustión más eficiente de combustibles sólidos se reducen las emisiones de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), 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

<sup>29</sup> 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]

