

# Cambio climático 2001: Informe de síntesis

---

Editado por:

**Robert T. Watson**

Banco Mundial

y el

**Equipo de autores principales**

---

Basado en un borrador preparado por:

**Equipo de autores principales**

Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, y D. Zhou

**Todos los autores del IPCC**

**Equipo editorial**

David J. Dokken, Maria Noguer, Paul van der Linden, Cathy Johnson, Jiahua Pan, y el Estudio de diseño de GRID-Arendal

---

Contribución de los Grupos de Trabajo I, II, y III al Tercer Informe de Evaluación del  
Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

#### ***Créditos de las imágenes de portada***

**Centro:** La Tierra—en una proyección centrada en Asia—como se ve con el Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite EOS-Terra de la NASA. Los datos de la superficie terrestre se obtuvieron espacialmente a 1 km, y temporalmente durante los meses de mayo y junio del año 2001; la capa de nubes se extrajo de la información suministrada por los sensores del EOS-Terra, GOES 8/10, GMS-5, y Meteosat 5/7; el hielo marino se determinó en un período de 8 días utilizando los datos MODIS; y los datos topográficos del U.S. Geological Survey se sobreponen para visualizar el terreno. Las imágenes las suministraron Reto Stöckli, Science Systems and Applications, Inc., y el Laboratorio de Visualización y Análisis del Centro Goddard de Vuelos Espaciales de la NASA.

**Derecha:** El Delta del Lena, República de Sakha (Yakutia), Rusia, tomado desde dos imágenes del Landsat-7 al mediodía del 27 de julio del año 2000, generados por la Norwegian Mapping Authority y GRID-Arendal, con gama de colores conseguida con los canales infrarrojos para obtener “colores naturales” para los diferentes elementos del paisaje.

**Ángulo inferior izquierdo:** “Agua en un Sentido” (Tailandia). Fotografía proporcionada por Topham/PNUMA/Waranun Chutchawantipakorn.

**Ángulo superior izquierdo:** “En búsqueda del agua” (India). Fotografía proporcionada por Topham/PNUMA/P.K. De.

# Cambio climático 2001: Informe de síntesis

---

## Índice

---

Prólogo	vii
Prefacio	ix
<b>Resumen para responsables de políticas</b>	<b>1</b>
<b>Informe de síntesis</b>	<b>39</b>
Pregunta 1	41
Pregunta 2	47
Pregunta 3	62
Pregunta 4	85
Pregunta 5	95
Pregunta 6	107
Pregunta 7	117
Pregunta 8	135
Pregunta 9	149
<b>Resumen de los Grupos de Trabajo</b>	
Grupo de Trabajo I: Las bases científicas	x-1
Grupo de Trabajo II: Efectos, adaptación, y vulnerabilidad	y-1
Grupo de Trabajo III: Mitigación	z-1
<b>Anexos</b>	<b>163</b>
A. Autores y revisores expertos	164
B. Glosario de términos	173
C. Siglas, abreviaturas y unidades	200
D. Preguntas científicas, técnicas y socioeconómicas seleccionadas por el Grupo de Expertos	204
E. Lista de los principales informes del IPCC	206



## Prólogo

---

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC) fue creado conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Su mandato actual es:

- Evaluar la información científica disponible sobre los impactos, las consecuencias, y los aspectos económicos del cambio climático y las opciones para mitigar dichos cambios y/o adaptarse a ellos.
- Proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico/técnico/socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CnP) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC).

Desde su creación, el IPCC ha producido una serie de Informes de evaluación (1990, 1995, y 2001), Informes especiales, Documentos técnicos y metodologías, tales como las Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, que se han convertido en obras típicas de referencia, ampliamente utilizadas por responsables de la formulación de políticas, científicos y otros expertos y estudiantes.

Este Informe de síntesis completa los cuatro volúmenes del Tercer Informe de Evaluación (TIE). Se ocupa de manera específica de los problemas la que se plantea a los responsables de formulación de políticas, dentro del contexto del Artículo 2 de la CMCC—por ejemplo, en qué medida las actividades humanas han influido y han de influir en el futuro el clima en

la Tierra, los impactos del cambio climático en los sistemas ecológicos y socioeconómicos, y las capacidades técnicas y políticas previstas para abordar el cambio climático antropogénico. Se investiga brevemente los vínculos de una serie de convenios multilaterales sobre medio ambiente. Se basa en los trabajos realizados por cientos de expertos de todas las regiones del mundo, que han participado y participan en los procesos del IPCC. Como es habitual en el IPCC, la preparación de este informe ha sido posible en primer lugar gracias a la dedicación, entusiasmo y cooperación de los expertos en muchos campos, diversos pero relacionados.

Nos gustaría aprovechar la ocasión para expresar nuestra más sincera gratitud a los autores y revisores de los Informes y Documentos Técnicos del IPCC, especialmente del TIE. Igualmente agradecemos a la Junta del IPCC; al Dr. Sundararaman, Secretario del IPCC, y al personal de su Secretaría; así como de las Unidades Técnicas de Apoyo de los tres Grupos de Trabajo. Agradecemos a los gobiernos y organizaciones que contribuyen al Fondo Fiduciario del IPCC y ofrecen su apoyo a los expertos de otras formas. El IPCC ha podido contar en su trabajo con la colaboración de un gran número de expertos procedentes de países en desarrollo y de países con economías en transición; el Fondo Fiduciario permite prestar ayuda económica para sufragar sus gastos de viaje a las reuniones del IPCC.

Agradecemos al Presidente del IPCC, Dr. Robert T. Watson, por orientar los esfuerzos para la finalización del TIE.

---

**G.O.P. Obasi**  
Secretario General  
Organización Meteorológica Mundial

**K. Töpfer**  
Director Ejecutivo  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
y Director General  
Oficina de las Naciones Unidas en Nairobi



## Prefacio

---

Este Informe de síntesis con su Resumen para Responsables de Políticas es la cuarta y última parte del Tercer Informe de Evaluación (TIE) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Reúne e integra, para beneficio de los responsables de la formulación de políticas y otros, y como respuesta a las cuestiones identificadas por gobiernos y acordadas posteriormente por el IPCC, información aprobada y/o aceptada por el IPCC.<sup>i</sup> También ofrece ayuda a los gobiernos que deseen formular, independientemente o en colaboración con otros gobiernos, unas respuestas apropiadas de adaptación y mitigación ante las amenazas que plantea el cambio climático antropogénico.

El Informe de síntesis se basa principalmente en las contribuciones de los tres Grupos de Trabajo del IPCC para el TIE, pero también utiliza información de antiguas evaluaciones del IPCC, Informes Especiales, y Documentos Técnicos. Tiene un formato del tipo ‘Preguntas y Respuestas’, y consta de dos partes: un Resumen para Responsables de Políticas y un documento más completo, que contiene las respuestas in extenso para cada una de las preguntas formuladas por los gobiernos. El Resumen para Responsables de Políticas contiene referencias a los párrafos correspondientes del informe más completo, y a su vez éste contiene referencias a la fuente del material en el que se basa la respuesta—es decir, a los Resúmenes para Responsables de Políticas y los capítulos de contribuciones anteriormente aprobadas y aceptadas de Grupos de Trabajo al TIE y anteriores informes y Documentos Técnicos del IPCC (véase el recuadro adjunto que muestra la nomenclatura utilizada en las referencias).

El IPCC configuró los procedimientos para la aprobación del Resumen para Responsables de Políticas y la adopción de un equilibrio para el Informe de síntesis se formalizó en su XV<sup>a</sup> Reunión (San José, Costa Rica, 15–18 de abril del 1999). Un equipo de autores principales, que participaron en la preparación del TIE, redactaron un borrador del Informe de síntesis y del Resumen para Responsables de Políticas y lo sometieron a consideración de expertos gubernamentales y técnicos. Los borradores revisados se distribuyeron entre los gobiernos antes de ser aprobados e incorporados en la XVIII<sup>a</sup> Reunión del IPCC (Wembley, Reino Unido, 24–29 de septiembre del 2001).

<sup>i</sup> Para la descripción de los términos ver *Procedures for the Preparation, Review, Acceptance, Adoption, Approval and Publication of the IPCC reports* en <http://www.ipcc.ch>.

El Informe de síntesis consta de nueve preguntas de importancia política:

- La Pregunta 1 se ocupa del objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se encuentra en el Artículo 2 (es decir, la clarificación de lo que constituye una ‘interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático’) y proporciona un marco para tratar el problema del cambio climático dentro del contexto del desarrollo sostenible.
- La Pregunta 2 evalúa y, en la medida de lo posible, identifica los causantes de los cambios observados en los sistemas climáticos y ecológicos desde la época preindustrial.
- Las Preguntas 3 y 4 evalúan los impactos sobre el clima de las futuras emisiones de gases de efecto invernadero y de los precursores de aerosoles de sulfato, si no se aplicaran políticas específicas para la mitigación del cambio climático. Estos impactos incluyen los cambios en la variabilidad y los fenómenos extremos, así como las alteraciones en los sistemas ecológicos y socioeconómicos.
- La Pregunta 5 se ocupa de la inercia en el clima y los sistemas ecológicos y sectores socioeconómicos, y las consecuencias de dicha inercia en las medidas de mitigación y adaptación a los efectos.
- La Pregunta 6 evalúa las consecuencias a corto y largo plazo de la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero para los sectores climáticos, ecológicos y socioeconómicos.
- La Pregunta 7 evalúa las tecnologías, políticas y costos de las medidas a corto y largo plazo para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- La Pregunta 8 identifica las interacciones entre el cambio climático, otros problemas ambientales y el desarrollo.
- La Pregunta 9 resume las conclusiones más sólidas y las incertidumbres clave.

Aprovechamos esta oportunidad para agradecer:

- Al equipo de autores principales, que realizaron el borrador de este informe y, con su meticulosidad y esfuerzo, lo finalizaron
- A otros miembros de la Junta del IPCC, que revisaron el informe
- A los principales autores y coordinadores de los equipos de los Grupos de Trabajo, que ayudaron en la redacción de la primera versión del texto
- A los jefes y personal de las Unidades Técnicas de Apoyo de los tres Grupos de Trabajo, y sobre todo a David Dokken, María Noguer, y Paul van der Linden por su apoyo editorial y logístico

- Al jefe y personal de la oficina de la GRID en Arendal, Noruega—y sobre todo a Philippe Rekacewicz—por su trabajo con el equipo de autores en los gráficos incluidos en el Informe de síntesis, y
- Al personal de la Secretaría del IPCC por las innumerables tareas administrativas realizadas.

El Informe de síntesis y su Resumen para Responsables de Políticas, se publica aquí en un volumen único, junto con los Resúmenes para Responsables de Políticas y los Resúmenes Técnicos de las contribuciones al TIE de los Grupos de Trabajo, además de un completo glosario. El Informe de síntesis está también disponible en árabe, chino, francés, ruso y español—los otros idiomas oficiales del IPCC. El Informe de síntesis

puede asimismo obtenerse como publicación separada, al igual que las publicaciones por separado de los resúmenes para responsables de políticas, resúmenes técnicos, y los glosarios de los respectivos informes de los Grupos de Trabajo. El texto completo en inglés de los cuatro volúmenes se ha publicado en formato impreso y en formato digital, con funciones de búsqueda incluidas en un CD-ROM y en <http://www.ipcc.ch>.

**R.T. Watson**  
Presidente del IPCC

**N. Sundararaman**  
Secretario del IPCC

#### Evaluaciones del IPCC citadas en el Informe de síntesis

Px.x	<i>Párrafo pertinente del Informe de síntesis</i>
GTI TIE	<i>Contribución del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe de Evaluación</i>
GTII TIE	<i>Contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación</i>
GTIII TIE	<i>Contribución del Grupo de Trabajo III al Tercer Informe de Evaluación</i>
IEEE	<i>Informe Especial: Escenarios de emisiones</i>
IEUTCS	<i>Informe Especial: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</i>
IECMTT	<i>Informe Especial: Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología</i>
IEAAM	<i>Informe Especial: La aviación y la atmósfera mundial</i>
DES DR	<i>Documento de referencia: Desarrollo, equidad y sostenibilidad</i>
IPCC DT4	<i>Documento Técnico: Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub></i>
IPCC DT3	<i>Documento Técnico: Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas</i>
GTII SIE	<i>Contribución del Grupo de Trabajo II al Segundo Informe de Evaluación</i>

RRP	Resumen para Responsables de Políticas
RT	Resumen técnico
RE	Resumen ejecutivo
DR	Documento de referencia
DT	Documento Técnico

# Cambio Climático 2001: Informe de síntesis

---

## Resumen para Responsables de Políticas

---

### Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

*Este resumen, aprobado de forma detallada en la XVIII<sup>a</sup> Reunión Plenaria del IPCC (Wembley, Reino Unido, 24-25 de septiembre del año 2001), representa la posición oficial del IPCC en lo que se refiere a las principales conclusiones e incertidumbres clave contenidas en las contribuciones de los Grupos de Trabajo al Tercer Informe de Evaluación.*

---

Basado en un borrador preparado por:

Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, D. Zhou, y muchos otros autores y revisores del IPCC

## Introducción

De conformidad con la decisión tomada en su XIII<sup>a</sup> Reunión (Maldivas, 22 y 25–28 de septiembre de 1997) y otras decisiones posteriores, el IPCC decidió:

- Que se incluyera un Informe de síntesis como parte de su Tercer Informe de Evaluación.
- Que el Informe de síntesis aporte un resumen e integre la información contenida en el Tercer Informe de Evaluación, de importancia política pero sin carácter preceptivo, y se base en todos los informes anteriores del IPCC aprobados y aceptados que aborden una amplia serie de preguntas clave de importancia política pero sin carácter preceptivo.
- Que las preguntas se elaboren previa consulta con la Conferencia de las Partes (CdP) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC).

Las siguientes nueve preguntas se basan en las contribuciones de los gobiernos y fueron aprobadas por el IPCC en su XV<sup>a</sup> Sesión (San José, Costa Rica, 15–18 de abril de 1999).

### Pregunta 1

**P1**

¿Cómo puede contribuir el análisis científico, técnico y socioeconómico a la determinación de los factores que constituyen una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático, tal y como hace referencia el Artículo 2 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático?

**Las ciencias naturales, técnicas y sociales pueden proporcionar la información esencial y las pruebas necesarias para decidir qué es una ‘interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático’. Al mismo tiempo, dicha decisión constituye un juicio del valor determinado mediante procesos sociopolíticos, teniendo en cuenta factores como el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad, además de la incertidumbre y el riesgo.**

→ P1.1

**Las bases para determinar lo que constituye una ‘interferencia antropogénica peligrosa’ varían según las regiones, y dependen tanto de la naturaleza y consecuencias locales de los impactos del cambio climático como de la capacidad de adaptación disponible para hacer frente a ese cambio. También dependen de la capacidad de mitigación, ya que tanto la magnitud como la velocidad del cambio son factores importantes.** No hay un conjunto ideal de políticas que pueda ser aplicado de forma universal. Es importante tener en cuenta la solidez de las diferentes medidas políticas frente a una serie de posibilidades futuras, y el grado en que dichas políticas climáticas específicas se pueden integrar con las políticas de desarrollo sostenible más generales.

→ P1.2

**El Tercer Informe de Evaluación (TIE) proporciona una evaluación de nuevos datos y pruebas científicas que puedan ayudar a los responsables de formulación de políticas que deben determinar lo que constituye una ‘interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático’.** En primer lugar, proporciona unas nuevas proyecciones sobre las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero en la atmósfera, pautas regionales y mundiales de cambios y la velocidad de los cambios en las temperaturas, las precipitaciones, el nivel del mar y los fenómenos climáticos extremos. También examina la posibilidad de cambios repentinos e irreversibles en la circulación de los océanos y en las principales capas de hielo. En segundo lugar, suministra una evaluación de los impactos biofísicos y socioeconómicos del cambio climático, en lo que se refiere a los riesgos a sistemas únicos y amenazados, los riesgos asociados con fenómenos meteorológicos extremos, la distribución de los impactos, los impactos agregados y los riesgos de fenómenos a gran escala y de grandes impactos. En tercer lugar, proporciona una

→ P1.3-6

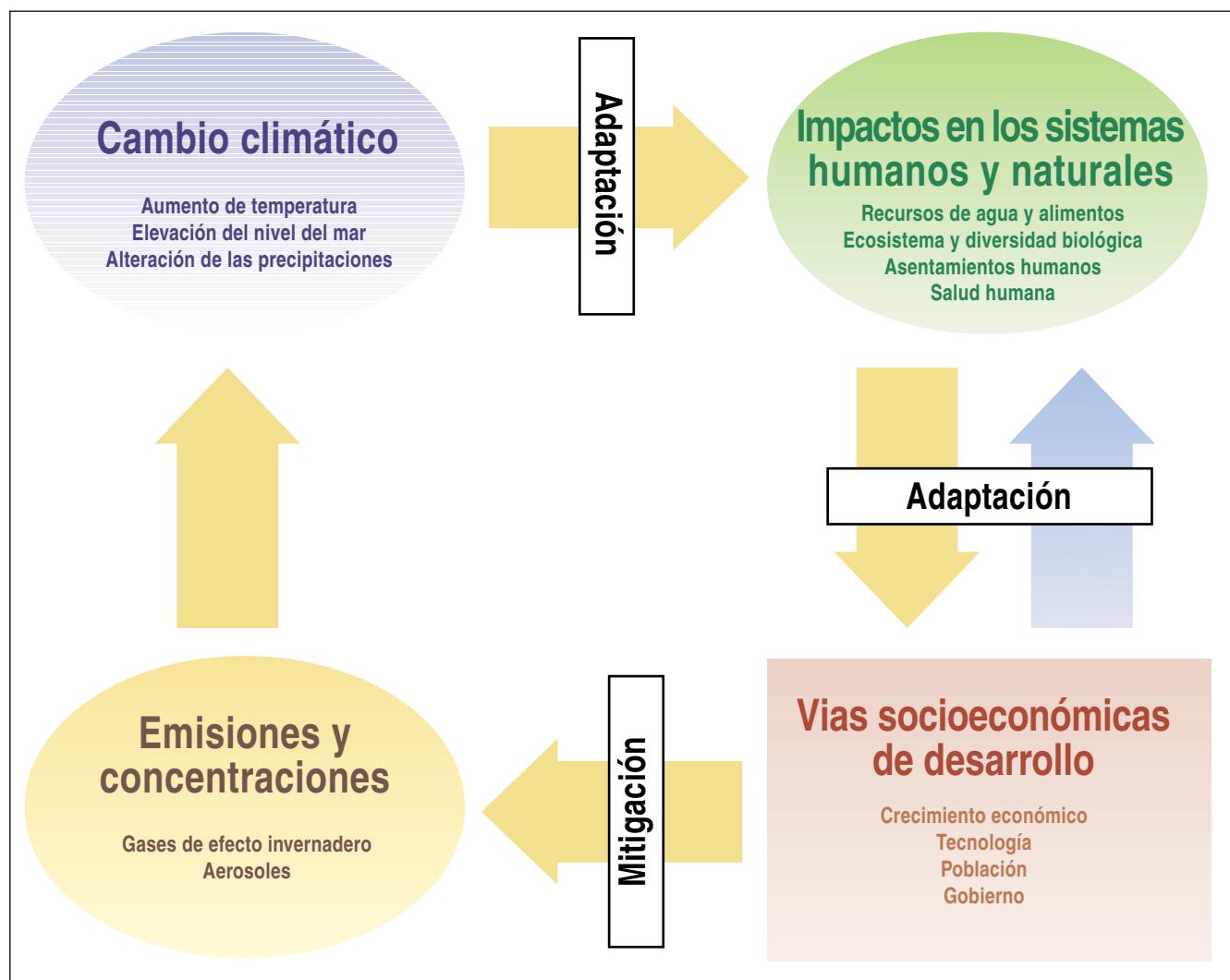
evaluación sobre las posibilidades de lograr una amplia gama de niveles de concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero mediante medidas de mitigación, así como información sobre cómo se puede reducir la vulnerabilidad mediante la adaptación al cambio.

**Un enfoque integrado del cambio climático tiene en cuenta la dinámica del ciclo completo de causas y efectos interrelacionados en todos los sectores afectados (véase la Figura RRP-1).** El TIE proporciona información y pruebas de importancia política en lo que se refiere a todos los cuadrantes de la Figura RRP-1. Una importante nueva contribución del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IEEE) fue el estudio de vías alternativas de desarrollo y las emisiones relacionadas de gases de efecto invernadero. El TIE evalúa el trabajo preliminar sobre los vínculos entre adaptación, mitigación y vías de desarrollo. Sin embargo, el TIE no ofrece una evaluación totalmente integrada sobre el cambio climático ya que nuestros conocimientos de dicho problema son todavía incompletos.

→ P1.7

**La adopción de decisiones sobre el cambio climático es esencialmente un proceso secuencial que se desarrolla en condiciones de incertidumbre general.** En este proceso se debe trabajar en condiciones de incertidumbre que incluyen los riesgos de cambios

→ P1.8



**Figura RRP-1: Cambio climático—un marco integrado.** Representación esquemática y simplificada de un marco de evaluación integrado para la consideración de los cambios climáticos antropogénicos. Las flechas amarillas muestran el ciclo de causa a efecto entre los cuatro cuadrantes mostrados en la figura, y la flecha azul indica la respuesta de la sociedad ante los impactos del cambio climático. Véase una descripción más detallada de este marco, al pie de la Figura 1–1.

→ P1 Figura 1–1

irreversibles y/o no lineales, ponderar los riesgos de medidas excesivas o insuficientes, y considerar en detalle las consecuencias (ambientales y económicas), su probabilidad, y la actitud de la sociedad frente a dichos riesgos.

**El cambio climático forma parte de la cuestión más general del desarrollo sostenible. Por esto, las políticas climáticas pueden ser más eficaces cuando se integran en estrategias más amplias concebidas para hacer más sostenibles las vías de desarrollo nacional y regional.** Esto sucede porque los impactos de la variabilidad y los cambios del clima, las respuestas de política al problema, y el desarrollo socioeconómico asociado afectan a la capacidad de los países para alcanzar objetivos sostenibles de desarrollo. De manera inversa, la persecución de estos objetivos tendrá un efecto en las posibilidades y resultados de las políticas climáticas. En particular, las características socioeconómicas y tecnológicas de las diferentes vías de desarrollo determinarán en gran medida las emisiones, la velocidad y magnitud del cambio climático, sus impactos, la capacidad para adaptarse y la capacidad para mitigar sus consecuencias.

→ P1.9-10

**El TIE evalúa la información disponible sobre el tiempo, las oportunidades, los costos, beneficios e impactos de varias opciones de mitigación y adaptación.**

Indica que existen oportunidades para que los países que actúen de forma independiente y en cooperación con otros, puedan reducir los costos de mitigación y adaptación, y asegurar los beneficios asociados con el desarrollo sostenible.

→ P1.11

## Pregunta 2

**P2**

- (a) ¿Cuáles son las pruebas, causas y consecuencias de los cambios en el clima terrestre desde la época preindustrial? ¿Ha cambiado el clima de la Tierra desde la época preindustrial a escala regional y/o mundial? Si ha sido así, ¿qué parte puede atribuirse a la actividad humana y qué parte a los fenómenos naturales? ¿En qué nos basamos para definir esta atribución de responsabilidades?
- (b) ¿Qué se conoce sobre las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los cambios climáticos desde la época preindustrial, y especialmente en los últimos 50 años?

**El sistema climático del planeta ha cambiado de manera importante a escala nacional y mundial desde la época preindustrial, y algunos de estos cambios se pueden atribuir a actividades humanas.**

→ P2.2

**Las actividades humanas han hecho aumentar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles desde la época preindustrial.** Las concentraciones atmosféricas de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero — como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), y el ozono ( $\text{O}_3$ ) troposférico — alcanzaron los niveles más altos jamás registrados durante el decenio de 1990, debido principalmente al consumo de combustibles fósiles, la agricultura, y cambios en el uso de las tierras (véase el Cuadro RRP-1). El forzamiento radiactivo proveniente de los gases antropogénicos de efecto invernadero es positivo, aunque queda una pequeña gama de incertidumbre; el de los efectos directos de los aerosoles es negativo y más reducido y el forzamiento negativo procedente de los efectos indirectos de los aerosoles en las nubes puede que sea elevado, aunque aún no se ha cuantificado bien.

→ P2.4-5

**Un número cada vez mayor de observaciones ofrecen una visión cada vez más completa del calentamiento de la Tierra y de otros cambios en el sistema climático (véase el Cuadro RRP-1).**

→ P2.6

Cuadro RRP-1	Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX. <sup>a</sup>
Indicador	Cambios observados
<i>Indicadores de concentración</i>	
Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub>	288 ppm durante el período 1000-1750 a 368 ppm en el año 2000 (31 ± 4 por ciento de aumento).
Intercambio en la biosfera terrestre de CO <sub>2</sub>	Fuente acumulada de unas 30 Gt C entre los años 1800 y 2000, pero sumidero neto de unos 14 ± 7 Gt C durante el decenio de 1990.
Concentración atmosférica de CH <sub>4</sub>	700 ppb durante el período 1000-1750 a 1.750 ppb en el año 2000 (aumento del 151 ± 25 por ciento).
Concentración atmosférica de N <sub>2</sub> O	270 ppb durante el período 1000-1750 a 316 ppb en el año 2000 (aumento del 17 ± 5 por ciento).
Concentración troposférica de O <sub>3</sub>	Aumento del 35 ± 15 por ciento entre los años 1750- 2000, con variaciones según las regiones.
Concentración estratosférica del O <sub>3</sub>	Una disminución en los años 1970- 2000, con variaciones según la altitud y latitud.
Concentraciones atmosféricas de HFC, PFC, y SF <sub>6</sub>	Aumento en todo el mundo durante los últimos 50 años.
<i>Indicadores meteorológicos</i>	
Temperatura media mundial de la superficie	Aumento en el 0,6 ± 0,2º C en el siglo XX; la superficie de la Tierra se ha calentado más que los océanos ( <i>muy probable</i> ).
Temperatura en la superficie del Hemisferio Norte	Aumento durante el siglo XX más que en otro siglo de los últimos 1.000 años; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio ( <i>probable</i> ).
Temperatura diurna de la superficie	Disminución en el período 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas ( <i>probable</i> ).
Días calurosos/índice de calor	Aumento ( <i>probable</i> ).
Días de frío/heladas	Disminución en casi todos las zonas terrestres durante el siglo XX ( <i>muy probable</i> ).
Precipitaciones continentales	Aumento en un 5-10 por ciento en el siglo XX en el Hemisferio Norte ( <i>muy probable</i> ), aunque han disminuido en algunas regiones (como en África del Norte y occidental y partes del Mediterráneo).
Precipitaciones fuertes	Aumento en latitudes medias y altas en el Norte ( <i>probable</i> ).
Frecuencia e intensidad de las sequías	Aumento del clima seco estival y las consiguientes sequías en algunas zonas ( <i>probable</i> ). En algunas regiones, como en partes de Asia y África, parecen haberse acentuado la frecuencia e intensidad de las sequías en los últimos decenios.



Recuadro RRP-1	Indicaciones sobre confianza y probabilidad.
	<p>Cada vez que procede, los autores del Tercer Informe de Evaluación han asignado niveles de confianza que representan su juicio colectivo sobre la validez de una conclusión basada en las pruebas observadas, los resultados de simulaciones, y los conocimientos teóricos examinados. En el texto del Informe de síntesis al TIE en relación con las conclusiones del GTI se han empleado las siguientes expresiones: prácticamente cierto (más de un 99 por ciento de posibilidad que el resultado sea verdadero); muy probable (90-99 por ciento de posibilidad); probable (66-90 por ciento de posibilidad); medianamente probable (33-66 por ciento de posibilidad); improbable (10-33 por ciento de posibilidad); muy improbable (1-10 por ciento de posibilidad); y excepcionalmente improbable (menos del 1 por ciento de posibilidad). Una gama explícita de incertidumbre (±) es una gama probable. Las estimaciones de confianza relacionadas con las conclusiones del GTII son: muy alta (95 por ciento o mayor), alta (67-95 por ciento), media (33-67 por ciento), baja (5-33 por ciento), y muy baja (5 por ciento o menos). No se han asignado niveles de confianza en el GTIII.</p>



P2 Recuadro 2-1

**Es muy probable que, a escala mundial, el decenio de 1990 fuera el período más cálido, y 1998, el año más caluroso, según los registros instrumentales (1861-2000) (véase el Recuadro RRP-1).** El aumento de la temperatura de la superficie terrestre durante el siglo XX en el Hemisferio Norte ha sido probablemente superior al de cualquier otro siglo en los últimos mil años (véase el Cuadro RRP-1). En el Hemisferio Sur, los datos para los años antes de 1860 son muy incompletos, por lo que es difícil comparar el calentamiento reciente



P2.7

<b>Cuadro RRP-1</b> Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX. <sup>a</sup> (continued)	
<i>Indicadores</i>	<i>Cambios observados</i>
<i>Indicadores físicos y biológicos</i>	
Media mundial del nivel del mar	Aumento a una velocidad media anual de 1 a 2 mm durante el siglo XX.
Duración de las capas de hielo en ríos y lagos	Disminución de unas 2 semanas en el siglo XX, en las latitudes medias y altas del Hemisferio Norte ( <i>muy probable</i> ).
Extensión y espesor del hielo marino en el Ártico	Disminución en un 40 por ciento en los últimos decenios desde finales del verano a principios del otoño ( <i>probable</i> ) y disminución de su extensión en un 10-15 por ciento desde el decenio de 1950, en primavera y verano.
Glaciares no polares	Retiro generalizado durante el siglo XX.
Capa de nieve	Disminución de su extensión en un 10 por ciento desde que se registran observaciones por satélite en los años 1960 ( <i>muy probable</i> ).
Permafrost	Fusión, calentamiento y degradación en las zonas polares, subpolares y regiones montañosas.
Fenómenos asociados con El Niño	Mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20-30 años, en relación con los últimos 100 años.
Época de crecimiento	Aumento de 1 a 4 días por decenio durante los últimos 40 años en el Hemisferio Norte, especialmente en las latitudes altas.
Área de distribución de plantas y animales	Desplazamiento de plantas, insectos, pájaros y peces hacia los polos o hacia altitudes más altas.
Cría, floración y migración	Adelanto de la floración, la llegada de las primeras aves, la época de cría y la aparición de los insectos en el Hemisferio Norte.
Decoloración de arrecifes de coral	Aumento de la frecuencia, especialmente durante los fenómenos asociados con El Niño.
<i>Indicadores Económicos</i>	
Pérdidas económicas relacionadas con fenómenos meteorológicos	Aumento de las pérdidas mundiales, ajustadas a la inflación, en un orden de magnitud durante los últimos 40 años (véase la Figura 2-7 en P2). Una parte de la tendencia ascendente está vinculada a factores socioeconómicos, y otra parte, a factores climáticos.

<sup>a</sup> Este cuadro sólo proporciona ejemplos de cambios fundamentales observados, y no es una lista exhaustiva. Incluye cambios atribuidos a los cambios climáticos antropogénicos y cambios que pueden haber sido causados por variaciones naturales o por cambios antropogénicos. Se indican los niveles de confianza cuando el Grupo de Trabajo correspondiente los evalúan de forma explícita. Un cuadro idéntico en el Informe de síntesis del TIE contiene referencias cruzadas a los informes del GTI y del GTII.

con los cambios producidos en los últimos 1.000 años. Los cambios de temperatura no se han producido de manera homogénea en todo el mundo, sino que han variado según las diferentes regiones y diferentes partes de la baja atmósfera.

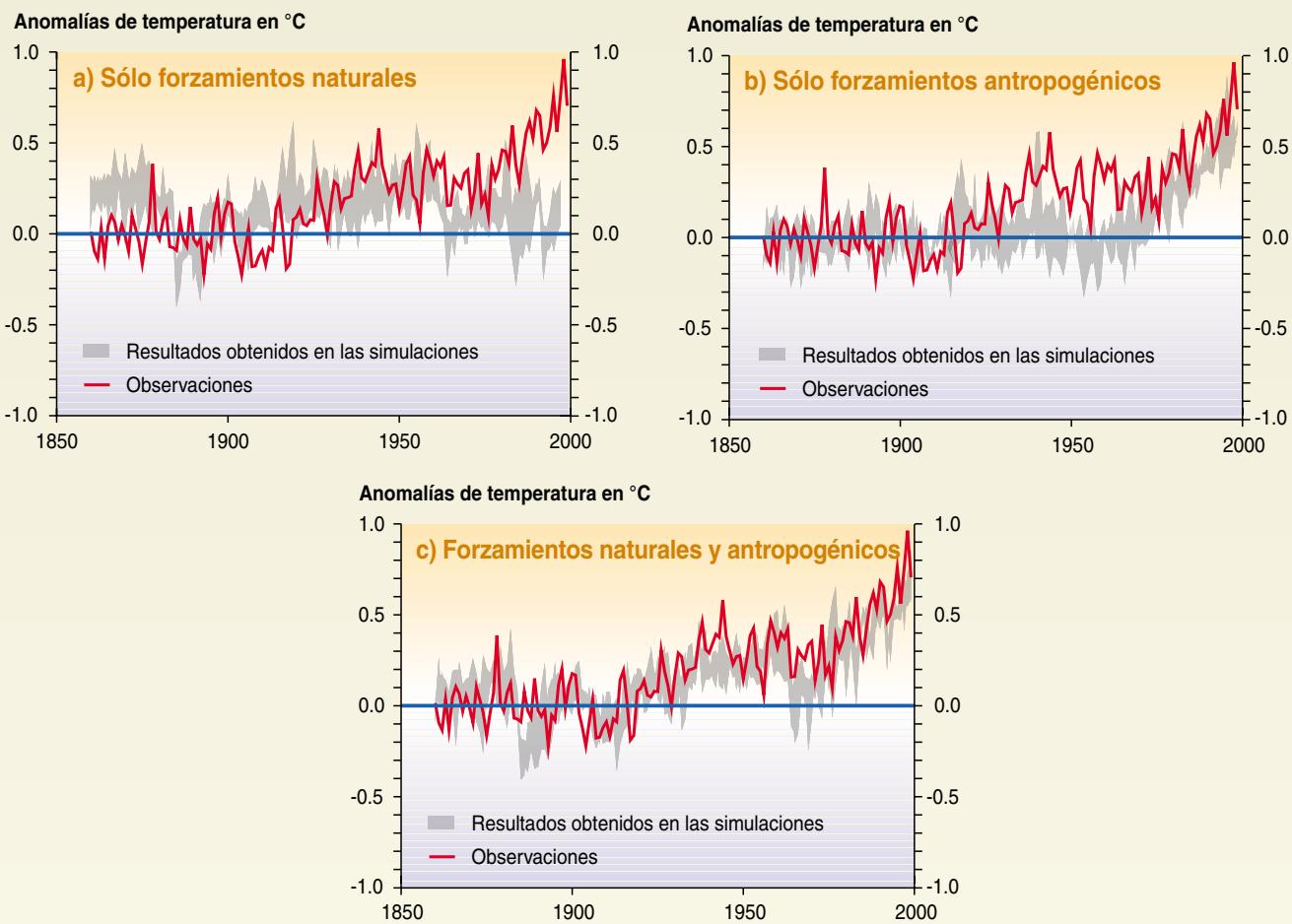
**Existen pruebas nuevas y más convincentes de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se puede atribuir a actividades humanas.** Los estudios de detección y atribución han encontrado sistemáticamente pruebas de señales antropogénicas en los registros climáticos de los últimos 35 a 50 años. Estos estudios tienen en cuenta las incertidumbres sobre el forzamiento antropogénico producido por los aerosoles de sulfato y por otros factores naturales (volcanes y radiación solar), pero no recogen los impactos de otros tipos de aerosoles antropogénicos y de cambios en el uso de las tierras. El forzamiento debido a los sulfatos y a fenómenos naturales es negativo en este período y no puede explicar el calentamiento, mientras que la mayoría de estos estudios determinan que, durante los últimos 50 años, la velocidad y la magnitud estimadas del calentamiento debido únicamente a los gases de efecto invernadero son comparables con el calentamiento observado, o incluso lo superan. La mejor correspondencia entre las simulaciones y las observaciones durante los últimos 140 años se encuentra cuando se combinan todos los factores naturales y antropogénicos, como se desprende de la Figura RRP-2.

→ P2.9-11

**Los cambios en nivel del mar, las zonas cubiertas por las nieves, la extensión de las capas de hielo y la precipitación guardan relación con un clima cada vez más**

→ P2.12-19

## Comparación entre las simulaciones y las observaciones del aumento de temperatura desde el año 1860



**Figura RRP–2: La simulación de la variación de temperaturas (°C) y la comparación de los resultados con los cambios registrados nos permiten comprender mejor las causas que producen los principales cambios.** Se puede utilizar una simulación climática para simular los cambios de temperatura debidos a factores naturales y antropogénicos. Las simulaciones representadas por la banda en a) se basaron únicamente en forzamientos naturales: variaciones solares y actividad volcánica. Las que se muestran en la banda b) se basaron en forzamientos antropogénicos: gases de efecto invernadero y una estimación de aerosoles de sulfato, y las abarcadas por la banda c) se basaron en forzamientos naturales y antropogénicos. Podemos ver en b) que la incorporación de forzamientos antropogénicos proporciona una explicación para una gran parte de los cambios de temperatura observados durante el siglo pasado, pero la mejor coincidencia con las observaciones se obtiene en c), cuando se incluyen tanto los forzamientos naturales como los antropogénicos. Estos resultados muestran que los forzamientos incluidos son suficientes para explicar los cambios observados, pero no excluyen la posibilidad de que otros forzamientos hayan podido contribuir en alguna manera.

➔ P2 Figura 2-4

**caliente cerca de la superficie terrestre.** Entre los ejemplos de este fenómeno se incluyen un ciclo hidrológico más activo, con precipitaciones más intensas y con distintas pautas, la retirada generalizada de glaciares no polares, el ascenso del nivel del mar y un aumento de la temperatura marina, y una disminución de las superficies nevadas y de las capas de hielo marino, tanto en su extensión como en su espesor (véase el Cuadro RRP–1). Por ejemplo, es muy probable que el calentamiento del siglo XX haya contribuido de manera importante a la elevación observada en el nivel del mar, a través de la expansión térmica de los océanos y la fusión generalizada de los hielos terrestres. Con los límites de las incertidumbres actuales, las simulaciones y las observaciones coinciden en la falta de una aceleración importante en la elevación del nivel del mar durante el siglo XX. No se ha registrado ningún cambio en la extensión general de los hielos marinos en la región antártica entre 1978 y 2000. Además, debido a los análisis contradictorios y

la información insuficiente, no es posible evaluar los cambios en la intensidad de los ciclones tropicales y extratropicales, y ni de las tormentas locales en latitudes medias. Algunos de los cambios observados son de tipo regional, y otros pueden ser fruto de variaciones climáticas internas, forzamientos naturales, o actividades humanas regionales, y no pueden atribuirse exclusivamente a la influencia humana a escala mundial.

**Los cambios observados en los climas regionales han afectado a muchos sistemas biológicos y físicos, y existen indicios preliminares que sugieren que los sistemas sociales y económicos también se han visto afectados.**

→ P2.20 & P2.25

**Los recientes cambios regionales en el clima, sobre todo los aumentos de temperatura, han afectado ya a los sistemas hidrológicos, así como a los ecosistemas terrestre y marítimo en muchas partes del mundo (véase el Cuadro RRP-1).** Los cambios observados en estos sistemas<sup>1</sup> guardan coherencia en las diferentes localidades y/o regiones y coinciden con los efectos proyectados de los cambios de temperaturas regionales. La probabilidad de que los cambios observados en la dirección esperada (sin referirse a su magnitud) puedan producirse por pura casualidad es ínfima.

→ P2.21-24

**El incremento de los costos socioeconómicos relacionados con los daños ocasionados por fenómenos meteorológicos y variaciones regionales del clima indica que somos cada vez más vulnerables a los cambios climáticos.** Unas indicaciones preliminares sugieren que algunos sistemas sociales y económicos se han visto afectados por los aumentos recientes en inundaciones y sequías, y ha habido mayores pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos catastróficos. Sin embargo, como estos sistemas también se ven afectados por los cambios en los factores socioeconómicos, tales como los desplazamientos demográficos y los cambios en el uso de las tierras, resulta difícil cuantificar los impactos relacionados con el cambio climático (ya sea antropogénico o natural) y con los factores socioeconómicos.

→ P2.25-26

### Pregunta 3

P3

¿Qué se conoce sobre las consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas durante los próximos 25, 50 y 100 años, tanto a escala mundial como a escala regional, que están asociadas con la gama de emisiones de gases de efecto invernadero que se proyectan en los escenarios descritos en el TIE (en caso que no hubiera intervenciones de política climática)?

En la medida de lo posible, hay que evaluar:

- Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima, y el nivel del mar
- Los impactos y costos y beneficios de los cambios en el clima y la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y sobre los sectores socioeconómicos (particularmente la agricultura y el agua)
- La gama de opciones para la adaptación, al cambio incluidos los costos, beneficios y los retos que se presentan
- Los temas de desarrollo, sostenibilidad y equidad asociados con los impactos y con la adaptación a nivel regional y mundial.

<sup>1</sup> Existen 44 estudios regionales sobre más de 400 plantas y animales, sobre todo en América del Norte, Europa y en la región polar Sur, por períodos que varían de 20 a 50 años. También hay 16 estudios regionales que se ocupan de cerca de 100 procesos físicos en la mayor parte de las regiones del mundo, y cubren períodos de 20 a 150 años.

**En todos los escenarios de emisiones proyectados por el IPCC se prevé que tanto las concentraciones de dióxido de carbono como la temperatura media de la superficie del planeta y el nivel del mar aumenten durante el siglo XXI.<sup>2</sup>**

→ P3.2

Para los seis escenarios ilustrativos de emisiones del IEEE, la concentración proyectada de CO<sub>2</sub> en el año 2100 oscila entre 540 y 970 ppm, comparada con cerca de 280 ppm en la época preindustrial, y cerca de 368 ppm en el año 2000. Las diferentes hipótesis socioeconómicas (demográficas, sociales, económicas y tecnológicas) dan como resultado niveles diferentes de gases de efecto invernadero y aerosoles en el futuro. Una mayor incertidumbre, sobre todo respecto a la persistencia de los procesos actuales de eliminación (los sumideros de carbono) y la magnitud del impacto de la respuesta climática en la biosfera terrestre, produce una variación de -10 a ± 30 por ciento en la concentración estimada en cada escenario para el año 2010. Por lo tanto, la gama total sería de 490 a 1.260 ppm—de un 75 a un 350 por ciento por encima de la concentración del año 1750 (época preindustrial). Se proyecta que las concentraciones de los gases principales de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> hacia el año 2100 varíen considerablemente en los seis escenarios ilustrativos del IEEE (véase la Figura RRP-3).

→ P3.3-5

Las proyecciones que utilizan los escenarios de emisiones del IEEE en una gama de simulaciones climáticas dan como resultado un aumento de la temperatura media de la superficie del planeta de 1,4–5,8 °C en el período 1990–2100. Esta cantidad es de 2 a 10 veces superior al valor central del calentamiento observado durante el siglo XX, y es muy probable que la velocidad proyectada del calentamiento no tenga precedentes durante, al menos, los últimos 10.000 años, basándose en datos del paleoclima. Se proyecta que los aumentos de temperatura sean mayores que los estimados en el Segundo Informe de Evaluación (SIE), que estaban comprendidos entre 1,0 a 3,5°C y se extrajeron de seis escenarios del IS92. Las mayores temperaturas proyectadas y la gama más amplia se deben principalmente a las emisiones inferiores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) proyectadas en los escenarios del IEEE en comparación con los escenarios IS92. Durante los períodos 1990–2025 y 1990–2050, los aumentos proyectados son de 0,4–1,1°C y 0,8–2,6°C respectivamente. Para el año 2100, la gama de las respuestas de la temperatura de la superficie del planeta en las diferentes simulaciones climáticas para el mismo escenario de emisiones es comparable a la gama de los diferentes escenarios de emisiones del IEEE para una simulación climática única. La Figura RRP-3 indica que los escenarios del IEEE que dan como resultado emisiones más importantes muestran las mayores proyecciones de aumento de temperatura. Es muy probable que casi todas las zonas terrestres se calienten más rápidamente que la media mundial, especialmente durante las zonas situadas en latitudes septentrionales altas en invierno.

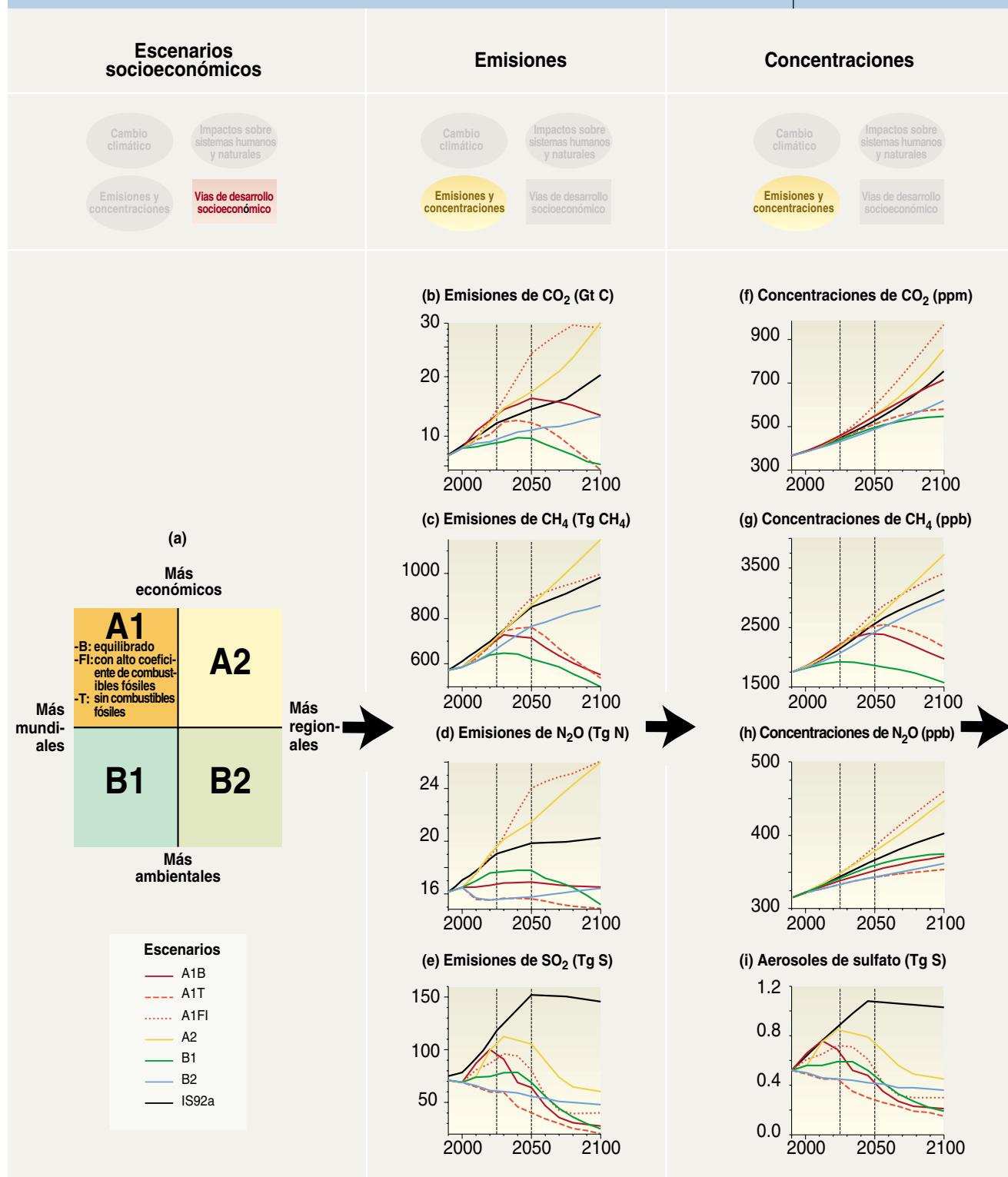
→ P3.6-7 & P3.11

Se proyecta que durante el siglo XXI, aumente la precipitación media anual en todo el mundo pero que a escala regional los aumentos y las disminuciones sean generalmente de un 5–10 por ciento. Es probable que las precipitaciones aumenten en las

→ P3.8 & P3.12

→ **Figura RRP-3: Las diferentes hipótesis socioeconómicas de los escenarios del IEEE tienen como resultado niveles diferentes de emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles.** Estas emisiones alteran a su vez las concentraciones de dichos gases y aerosoles en la atmósfera, lo que lleva a unos cambios de los forzamientos radiativos del sistema climático. Los forzamientos radiativos producidos por los escenarios del IEEE llevan a un aumento de la temperatura y una elevación del nivel del mar, lo que tiene a su vez otra serie de efectos secundarios. Los escenarios del IEEE no incluyen iniciativas climáticas adicionales ni la probabilidad de que se produzcan. Como los escenarios del IEEE sólo estuvieron disponibles muy poco tiempo antes de la finalización del TIE, la evaluación de los impactos se funda aquí en simulaciones climáticas que tienden a basarse en escenarios de cambios climáticos en equilibrio (por ejemplo 2xCO<sub>2</sub>), y sólo una serie relativamente pequeña de experimentos utilizan un escenario provisional de aumento anual de CO<sub>2</sub> del 1 por ciento, o los escenarios utilizados por el SIE (como la serie IS92). Los impactos pueden, a su vez, afectar las vías de desarrollo socioeconómico, por ejemplo, a través de la adaptación y la mitigación. Los recuadros marcados con un tono más oscuro en la parte superior de la Figura muestran cómo se relacionan los diferentes aspectos con el marco de evaluación integrado para el examen del cambio climático (véase la Figura RRP-1).

<sup>2</sup> Las proyecciones de la variabilidad del clima, fenómenos extremos y cambios repentinos/no lineales se tratan en la Pregunta 4.



## A1FI, A1T y A1B

El conjunto de guión y escenario A1 describe un mundo futuro con un muy rápido crecimiento económico, una población que alcanza su punto máximo a mediados de siglo y decrece posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficaces. Los principales problemas son la convergencia entre las regiones, el desarrollo de la capacidad y un

aumento de las interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de las diferencias regionales en el ingreso per cápita. El conjunto del escenario A1 se desarrolla en tres grupos que muestran las direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos en A1 se distinguen por un énfasis en las tecnologías: con alto

coeficiente de combustibles fósiles (A1FI), fuentes de energía no derivada de combustibles fósiles (A1T) y un equilibrio en todas las fuentes (A1B) (en donde se define el 'equilibrio' como la no dependencia de un tipo de energía en particular, o la aplicación de niveles parecidos de mejora a todas las fuentes de energía y tecnologías para usos finales).

**Forzamientos radiativos****Cambio de temperatura y nivel del mar****Reasons for Concern**

Cambio climático

Emisiones y concentraciones

Impactos sobre sistemas humanos y naturales

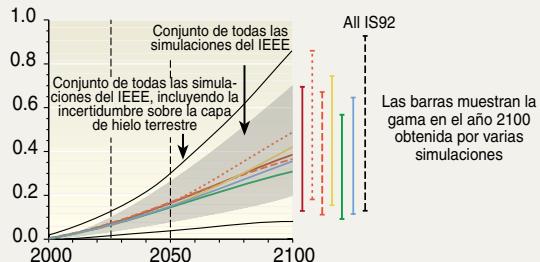
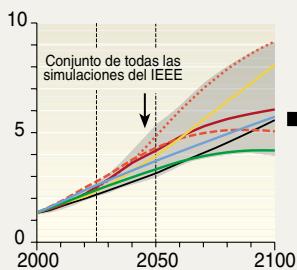
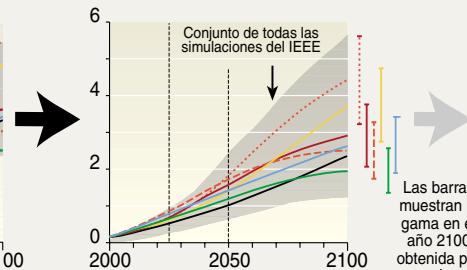
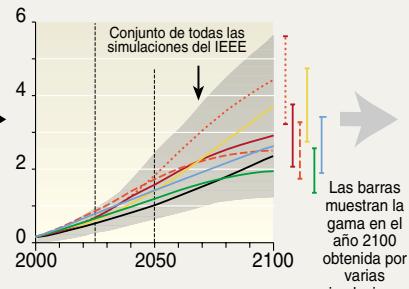
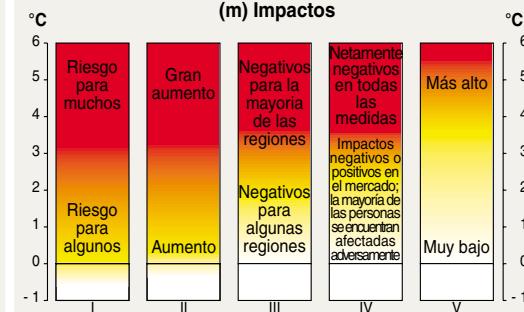
Vías de desarrollo socioeconómico

Cambio climático

Emisiones y concentraciones

Impactos sobre sistemas humanos y naturales

Vías de desarrollo socioeconómico

**(l) Elevación del nivel del mar (m)****(j) Forzamiento radiativo ( $\text{Wm}^{-2}$ )****(k) Cambio de temperatura (°C)****Motivos de preocupación (m) Impactos**

- I Riesgos a sistemas únicos y amenazados
- II Riesgos de fenómenos climáticos extremos
- III Distribución de los impactos
- IV Impactos agregados
- V Riesgos de futuras discontinuidades a gran escala

**Escenarios**

- A1B
- - A1T
- · - A1FI
- A2
- B1
- B2
- IS92a

**A2**

El conjunto de guión y escenario A2 es muy heterogéneo. El principal problema es la independencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fecundidad en todas las regiones convergen muy lentamente, lo que produce un aumento constante de población. El desarrollo económico se encuentra orientado principalmente hacia las regiones y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico se encuentran más fragmentados y son más lentos que en otros guiones.

**B1**

El conjunto de guión y escenario B1 describe un mundo convergente y con la misma población mundial, que alcanza su punto máximo a mitad de siglo y disminuye posteriormente, tal y como sucede en el guión A1, pero muestra un cambio rápido en las estructuras económicas, hacia una economía de servicios e información, con reducciones en las tecnologías con un alto coeficiente de materiales y la incorporación de tecnologías limpias y que utilizan eficientemente los recursos. Este escenario hace hincapié en encontrar soluciones globales a las cuestiones de sostenibilidad económica, social y ambiental, incluido un mejoramiento en términos de equidad, pero sin contar con iniciativas climáticas adicionales.

**B2**

El conjunto de guión y escenario B2 describe una situación en donde se pone énfasis en las soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental. Indica un mundo en que la población mundial aumenta constantemente, aunque a un ritmo menor que en A2, con niveles intermedios de desarrollo económico, y un cambio tecnológico más lento y más diverso que en B1 y A1. El escenario también se orienta a la protección ambiental y la equidad social, pero se centra en la situación local y regional.

regiones situadas en latitudes altas tanto en verano como en invierno. También se proyectan aumentos en latitudes septentrionales medias, en la zona tropical de África y en el Antártico durante el invierno, y en el Asia meridional y oriental en verano. Las precipitaciones durante el invierno continuarán descendiendo en Australia, América Central y África meridional. Es muy probable que en la mayoría de las zonas en donde se proyecta un aumento de la precipitación media se observen mayores variaciones de precipitaciones de un año a otro.

**Se proyecta que los glaciares y las capas de hielo continúen su retirada generalizada durante el siglo XXI.** Se prevé que en el Hemisferio Norte disminuyan aún más la capa de nieve, el permafrost, y la extensión del hielo marino. Es posible que la *placa de hielo* antártica aumente su masa, mientras que la de Groenlandia la pierda (véase la Pregunta 4).

→ P3.14

**Se proyecta que el nivel medio mundial del mar se eleve en un 0,09–0,88 m entre los años 1990 y el 2100 para la gama completa de escenarios del IEEE, pero con importantes variaciones regionales.** Esta elevación se debe en primer lugar al aumento de la temperatura de los océanos y la fusión de los glaciares y las capas de hielo. Para los períodos 1990–2025 y 1990–2050, la elevación proyectada es de 0,03–0,14 m y de 0,05–0,32, respectivamente.

→ P3.9 & P3.13

**El cambio climático proyectado tendrá consecuencias ambientales y socioeconómicas positivas y negativas, pero cuanto mayores sean los cambios climáticos y su ritmo, predominarán los efectos negativos.**

→ P3.15

**Los impactos adversos serán más graves cuanto mayores sean las emisiones acumuladas de gases de efecto invernadero y sus consiguientes cambios climáticos (*confianza media*).** Aunque en algunas regiones y sectores puede haber efectos positivos si el cambio climático es escaso, la magnitud de estos beneficios debería disminuir a medida que el cambio climático se agrave. Por el contrario, se proyecta que la gravedad y magnitud de los efectos adversos aumente junto con el grado de cambio climático. Si se considera por región, se proyecta que los efectos adversos predominen en gran parte del mundo, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales.

→ P3.16

**Según las proyecciones, en general el cambio climático debería aumentar los peligros para la salud humana, sobre todo en la población con menores recursos económicos en países tropicales y subtropicales.** El cambio climático puede afectar directamente a la salud humana (menos problemas relacionados con el frío en países cálidos, pero aumento de los problemas por el calor; pérdida de vidas humanas por inundaciones y tormentas) e indirectamente por cambios en la gama de enfermedades transmitidas por vectores (como las producidas por mosquitos),<sup>3</sup> en los elementos patógenos del agua, la calidad del agua y del aire, y la disponibilidad y calidad de los alimentos (*confianza media a alta*). Los impactos reales sobre la salud estarán muy influidos por las condiciones ambientales locales y las circunstancias socioeconómicas, y por la gama de opciones de adaptación sociales, institucionales, tecnológicas y de comportamiento para disminuir las amenazas a la salud.

→ P3.17

**La productividad ecológica y la diversidad biológica se verán alteradas por los cambios climáticos y la elevación del nivel del mar, con un riesgo creciente de extinción de algunas especies vulnerables (*confianza media a alta*).** Se proyecta que aumenten los problemas graves en los ecosistemas debido a factores como incendios, sequías, plagas, invasión de especies, tormentas y descoloramiento de los corales. Los problemas causados por el cambio climático, cuando se añaden a otros que sufren los sistemas ecológicos, pueden causar daños muy significativos o incluso la pérdida total de algunos ecosistemas únicos y la

→ P3.18-20

<sup>3</sup> Ocho estudios han realizado simulaciones de los efectos de cambios climáticos en este tipo de enfermedades—cinco sobre paludismo y tres sobre el dengue. Siete utilizan enfoques biológicos o basados en procesos, y uno utiliza un enfoque empírico o estadístico.

extinción de especies en peligro. El incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> ha de aumentar la productividad neta de las plantas, pero los cambios climáticos y las variaciones en los regímenes asociadas con estos cambios pueden llevar a un aumento o descenso de la productividad neta de los ecosistemas (*confianza media*). Algunas simulaciones mundiales proyectan que la absorción neta de carbono por los ecosistemas terrestres aumente durante la primera mitad del siglo XXI, para estabilizarse o disminuir posteriormente.

**Las simulaciones de cultivos de cereales indican que en algunas zonas templadas la producción potencial aumenta con pequeños aumentos de temperatura, pero disminuye si los cambios son grandes (*confianza de media a baja*). En la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales, se proyecta que el rendimiento de las cosechas disminuya con la mayoría de los incrementos de temperatura previstos (*confianza media*)**. Si además existe una importante disminución de las precipitaciones en sistemas tropicales/subtropicales secos/húmedos, la disminución del rendimiento en las cosechas será aún más evidente. Estas estimaciones tienen en cuenta algunas respuestas adaptativas por parte de los cultivadores y los efectos beneficiosos de la fertilización con CO<sub>2</sub>, pero no los impactos del aumento proyectado de las plagas y los cambios extremos de clima. Se sabe muy poco sobre la capacidad de los ganaderos para adaptar sus ganados a los problemas fisiológicos asociados con los cambios climáticos. Se proyecta que el aumento de varios °C hará que suba el precio de los alimentos en todo el mundo, lo que puede incrementar el riesgo de hambre en las poblaciones vulnerables.

→ P3.21

**El cambio climático ha de agravar la escasez de agua en muchas zonas del mundo en que ese recurso ya es insuficiente.** En general la demanda de agua está aumentando debido al crecimiento demográfico y al desarrollo económico, pero en algunos países está disminuyendo, gracias a una mayor eficacia en su utilización. Se proyecta que el cambio climático reduzca en gran medida las reservas de agua disponibles (como se refleja en las proyecciones de la escorrentía) en muchas de las zonas mundiales en que actualmente es insuficiente, pero que aumente en otras (*confianza media*) (véase la Figura RRP-4). La calidad del agua dulce se podría ver degradada por la subida de la temperatura del agua (*confianza alta*), en algunas regiones ello podría estar compensado con un aumento del caudal.

→ P3.22

**Se estima que los efectos agregados en el sector comercial, medidos por los cambios en el Producto Interno Bruto (PIB), sean negativos en muchos países en desarrollo en todos los escenarios de un aumento de la temperatura media mundial (*confianza baja*), y se prevé que en los países desarrollados sean mixtos si el aumento de temperaturas es de tan sólo unos pocos °C (*confianza baja*), y negativos si el calentamiento es mayor (*confianza de media a baja*)**. En estas estimaciones generalmente no se tienen en cuenta los efectos de los cambios en la variabilidad climática y fenómenos extremos, no se contemplan los impactos de las diferentes velocidades del cambio climático y sólo se consideran parcialmente los impactos sobre bienes y servicios no comercializados en el mercado, y se incluyen las ganancias que pueden experimentar algunos como la compensación de las pérdidas sufridas por otros.

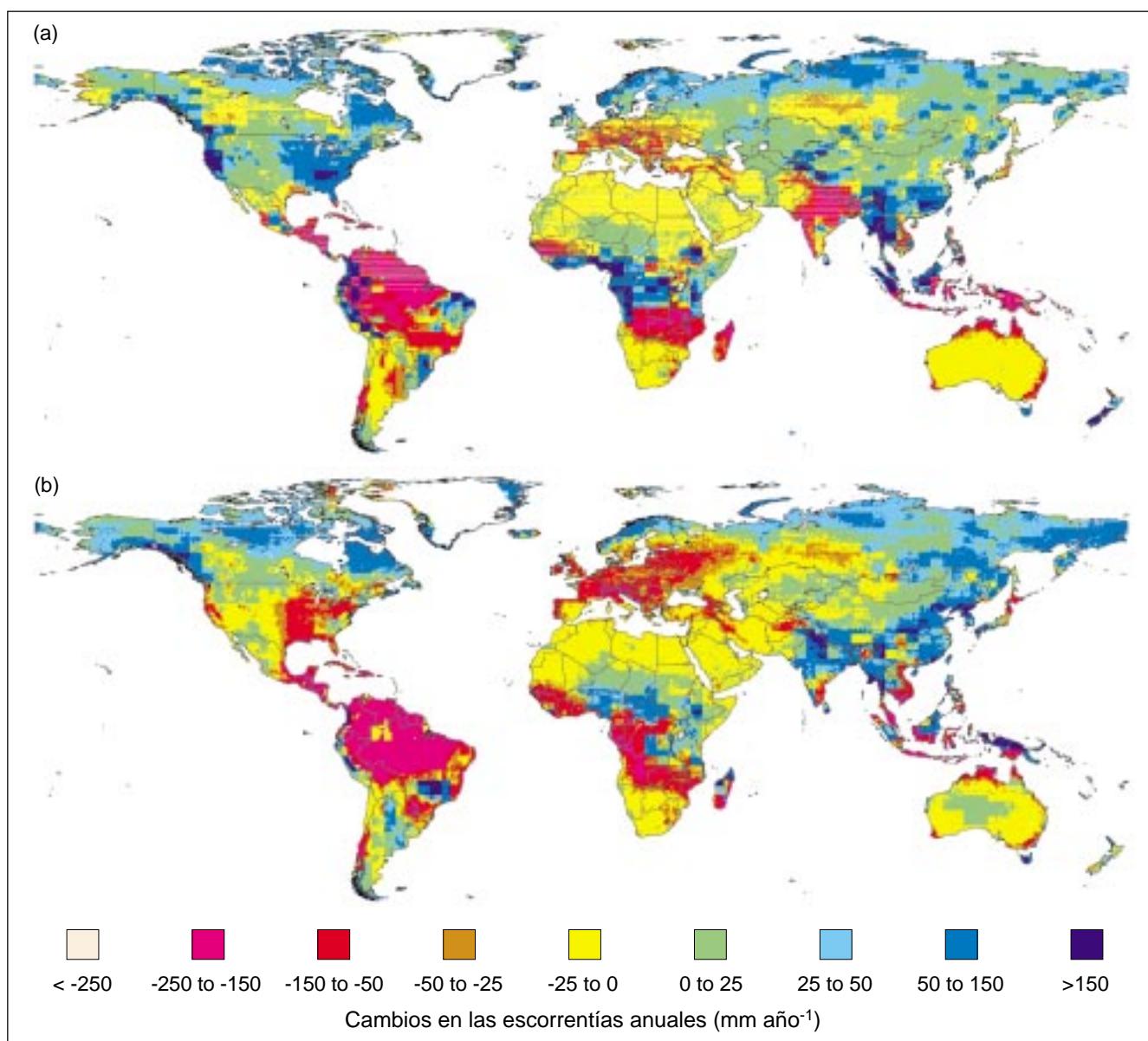
→ P3.25

**La población que vive en pequeñas islas y/o en zonas costeras bajas corre un gran riesgo de sufrir graves consecuencias sociales y económicas derivadas del ascenso del nivel del mar y los episodios de tormentas.** Muchos asentamientos humanos estarán más expuestos a un aumento de la erosión e inundaciones costeras, y decenas de miles de personas que viven en deltas, zonas costeras bajas o en pequeñas islas corren el riesgo de ser desplazadas de dichos lugares. También corren gran riesgo los recursos críticos para la supervivencia en costas o islas, como las playas, aguas dulces, pesquerías, arrecifes y atolones coralinos y los hábitat de especies silvestres.

→ P3.23

**Los impactos del cambio climático recaerán de forma desproporcionada en los países en desarrollo y las poblaciones más desfavorecidas de todos los países, lo que ha de aumentar aún más las desigualdades en materia de salud y acceso**

→ P3.33



**Figura SMP-4: Los cambios proyectados en la cantidad media anual de escorrentía para el año 2050, en relación con la cantidad media de escorrentías de los años 1961–1990, siguen en gran medida los cambios proyectados en las precipitaciones.** Los cambios en las escorrentías se han calculado a partir de una simulación hidrológica que utiliza como insumos las proyecciones climáticas de dos versiones de la simulación general de circulación atmosférica-oceánica del Centro Hadley (AOGMC) para un escenario de un aumento de las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  de un 1 por ciento: a) la media de conjunto HadCM2 y b) HadCM3. Los aumentos proyectados en las escorrentías en latitudes altas y en la zona de Asia sudoriental y las disminuciones en Asia Central, en el área mediterránea, África meridional y Australia muestran una gran coherencia con todos los experimentos del Centro Hadley, y con las proyecciones de precipitaciones obtenidas de otros experimentos de la AOGCM. Para otras zonas del mundo, los cambios en precipitación y escorrentía dependen de los escenarios y simulaciones empleados.

→ P3 Figura 3-5

**a alimentos adecuados, agua limpia y otros recursos.** La población de los países en desarrollo se encuentra expuesta de forma general a un riesgo relativamente elevado de sufrir los impactos adversos producidos por el cambio climático. Además, la pobreza y otros factores crean una serie de condiciones precarias para la adaptación en la mayoría de los países en desarrollo.

**La capacidad de adaptación puede reducir los efectos adversos del cambio climático y, a menudo, producir efectos beneficiosos secundarios, pero no ha de evitar todos los daños.**

→ P3.26

**Como respuesta al cambio climático se han identificado numerosas opciones de adaptación que podrían reducir sus efectos adversos y mejorar sus efectos positivos, pero estas opciones pueden suponer costos.** No se ha finalizado la cuantificación de los beneficios y costos y de su variación en las diferentes regiones y entidades.

→ P3.27

**Un cambio climático más rápido y de mayores proporciones ha de plantear mayores problemas de adaptación y mayores riesgos que un cambio más lento y menos marcado.** Los sistemas naturales y humanos han desarrollado la capacidad de adaptarse a una gama de condiciones climáticas, con un riesgo de daños relativamente bajo, y una alta capacidad de recuperación. Sin embargo, los cambios climáticos que tienen como resultado una mayor frecuencia en la producción de fenómenos, fuera de los niveles históricos registrados en dichos sistemas, aumentan el riesgo de daños graves y una recuperación incompleta o incluso un desmoronamiento del sistema.

→ P3.28

## Pregunta 4

P4

¿Qué se sabe sobre la influencia regional y mundial de la creciente concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y aerosoles, y del proyectado cambio del clima inducido por el hombre en:

- La frecuencia y magnitud de las fluctuaciones climáticas, incluyendo la variabilidad diaria, estacional, interanual y a lo largo de los decenios de fenómenos como El Niño/Oscilación meridional y otros?
- La duración, localización, frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, tales como olas de calor, sequías, inundaciones, fuertes precipitaciones, avalanchas, tormentas, tornados y ciclones tropicales?
- El riesgo de cambios repentinos/no lineales, por ejemplo, en las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, la circulación de los océanos y la extensión de las capas de hielo y del permafrost? En caso afirmativo, ¿se puede cuantificar el riesgo?
- El riesgo de cambios repentinos/no lineales en los sistemas ecológicos?

**Se proyecta un aumento en la variabilidad climática y algunos fenómenos extremos.**

→ P4.2-8

**Según las simulaciones, se proyecta que un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero tenga como resultado una variabilidad diaria, estacional, interanual y a lo largo de decenios.** Se prevé que en muchas zonas disminuya la gama de temperaturas diurnas, y que haya una reducción de la variabilidad diaria de la temperatura del aire en invierno, y un aumento de la variabilidad diaria en verano en las zonas terrestres del Hemisferio Norte. Muchas simulaciones proyectan un aumento de las condiciones medias tipo El Niño en la zona tropical del Pacífico. No se está claramente de acuerdo sobre los cambios en la frecuencia o la estructura de las pautas oceánicas-atmosféricas que ocurren de manera natural, como la Oscilación del Atlántico Norte (OAN).

→ P4.3-8

**Las simulaciones proyectan que la creciente concentración atmosférica de gases de efecto invernadero tenga como resultado cambios en la frecuencia, intensidad y duración de fenómenos extremos, como un aumento de los días calurosos, las olas de calor y las precipitaciones fuertes, y una disminución de los días fríos.** Muchos de estos cambios proyectados podrían provocar un aumento del riesgo de inundaciones y sequías en muchas regiones, e impactos predominantemente adversos en los sistemas ecológicos, los sectores socioeconómicos y la salud humana (véase el Cuadro RRP-2 para más información). Los estudios realizados con simulaciones de alta resolución sugieren que en algunas zonas podrían aumentar los vientos fuertes y la intensidad de las precipitaciones de los ciclones tropicales. No

→ P4.2-7

existe suficiente información sobre cómo pueden cambiar los fenómenos meteorológicos extremos a muy pequeña escala (como las tormentas, tornados, granizo, tormentas de granizo y relámpagos).

**El forzamiento de los gases de efecto invernadero en el siglo XXI podría poner en marcha cambios posiblemente repentinos, a gran escala, no lineales y de graves resultados en los sistemas físicos y biológicos en los próximos decenios como a lo largo de los milenios, con una amplia gama de probabilidades asociadas.**

→ P4.9

**Algunos de los cambios proyectados repentinos y no lineales en los sistemas físicos y en las fuentes naturales y sumideros de gases de efecto invernadero podrían ser irreversibles, pero no conocen cabalmente algunos de los procesos subyacentes.** Se prevé que la probabilidad de los cambios proyectados aumente con la velocidad,

→ P4.10-16

Cuadro RRP-2	Ejemplos de fenómenos de variabilidad climática y episodios climáticos extremos, y ejemplos de sus impactos (Cuadro RRP-1 del TIE GTII).
<i>Cambios proyectados durante el siglo XXI en fenómenos climáticos extremos y su probabilidad</i>	<i>Ejemplos representativos de impactos proyectados<sup>a</sup> (todos con confianza alta de que se produzcan en algunas zonas)</i>
Temperaturas máximas más altas, más días calurosos y olas de calor <sup>b</sup> en casi todas las zonas terrestres ( <i>muy probable</i> )	Aumento de la incidencia de muertes y enfermedades graves en ancianos y la población urbana pobre. Aumento de problemas producidos por el calor en el ganado y la fauna silvestre. Cambio de destinos turísticos. Aumento de riesgo de daños en varios cultivos. Aumento de la demanda de energía para aparatos de refrigeración y disminución de la fiabilidad del suministro eléctrico.
Aumento (cada vez mayor) de las temperaturas mínimas, con menos días fríos, días con heladas y olas de frío <sup>b</sup> en casi todas las zonas terrestres ( <i>muy probable</i> )	Disminución de la morbilidad y mortalidad producida por problemas relacionados con el frío. Disminución del riesgo de daños en algunos cultivos, y aumento del riesgo en otros. Ampliación del área de distribución y actividad de algunas plagas y enfermedades transmitidas por vectores. Menor demanda de electricidad para calefacción.
Aumento de las precipitaciones intensas ( <i>muy probable</i> ) en muchas zonas	Aumento de los daños ocasionados por inundaciones, deslizamiento de tierras, avalanchas y lodo. Aumento de la erosión del suelo. Aumento de las escorrentías tras inundaciones, que podría aumentar la recarga de agua, de algunos acuíferos en cauces de avenidas. Aumento de presión en los sistemas oficiales y privados de seguros contra inundaciones y socorro en casos de desastre.
Aumento del clima seco estival en la mayoría de las zonas interiores continentales de latitud media, y del riesgo asociado de sequías ( <i>probable</i> )	Disminución del rendimiento de las cosechas. Aumento de los daños en los cimientos de edificios, debido a la contracción del suelo. Disminución de la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Aumento del riesgo de incendios forestales.
Aumento de la intensidad máxima de los ciclones tropicales y de la intensidad media y máxima de las precipitaciones ( <i>probable</i> ) en algunas zonas <sup>c</sup>	Aumento del riesgo a la vida humana, debido a epidemias infecciosas y muchos otros tipos de riesgos. Aumento de la erosión costera y daños en edificios e infraestructuras en las costas. Aumento de los daños en ecosistemas costeros, tales como arrecifes de coral y manglares.
Aumento de las sequías e inundaciones asociadas con El Niño en varias zonas ( <i>probable</i> ) (véase también sequías y episodios de precipitaciones intensas)	Disminución de la productividad agrícola y ganadera en regiones propensas a sequías e/o inundaciones. Disminución de potencial de energía hidroeléctrica en zonas propensas a las sequías.
Aumento de la variabilidad en precipitaciones monzónicas en Asia ( <i>probable</i> )	Aumento de la magnitud de las inundaciones y sequías en zonas templadas y tropicales de Asia.
Aumento de la intensidad de tormentas en latitudes medias (poca coincidencia entre las simulaciones actuales) <sup>b</sup>	Aumento de los riesgos en la vida y salud humanas. Aumento de las pérdidas de bienes e infraestructuras. Aumento de los daños en ecosistemas costeros.

<sup>a</sup> Estos efectos pueden disminuirse con medidas de respuesta apropiadas.

<sup>b</sup> Información del Resumen Técnico del TIE GTI (Sección F.5).

<sup>c</sup> Es posible que haya cambios en la distribución regional de los ciclones tropicales, pero ello no se han confirmado.

magnitud y duración del cambio climático. Entre los ejemplos de estos tipos de cambio figuran los siguientes:

- Puede que se produzcan grandes cambios inducidos por el clima, en los suelos y la vegetación, y que ocurran otros debido a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de plantas y suelos, y cambios en las propiedades de la superficie (por ejemplo, el albedo).
- La mayoría de las simulaciones proyectan un debilitamiento de la circulación termohalina en los océanos, con el resultado de una reducción del transporte de calor a las latitudes altas europeas, pero ninguna muestra una paralización definitiva para finales del siglo XXI. Sin embargo, más allá del 2100, algunas simulaciones sugieren que la circulación termohalina se podría paralizar completamente, y posiblemente de manera irreversible, en algunos de los hemisferios, si el cambio en el forzamiento radiactivo es lo suficientemente fuerte y dura el tiempo necesario.
- Es probable que la placa de hielo del Antártico aumente su masa durante el siglo XXI, pero tras un calentamiento sostenido podría perder una masa importante y, por consiguiente, contribuir a una elevación del nivel del mar de varios metros durante los próximos 1.000 años.
- En contraste con lo que ocurre con la placa de hielo del Antártico, es probable que la placa de hielo de Groenlandia pierda masa durante el siglo XXI y contribuya con unos centímetros a la elevación del nivel del mar. Las capas de hielo continuarán reaccionando al calentamiento climático, y contribuirán a la elevación del nivel del mar durante miles de años después de estabilizarse el clima. Las simulaciones climáticas indican que el calentamiento mundial sobre Groenlandia sea de una a tres veces la media mundial. Las simulaciones de las capas de hielo proyectan que si un calentamiento local de más de 3°C se mantiene durante milenios, podría producirse la fusión casi completa de la placa de hielo de Groenlandia, con una consiguiente elevación del nivel del mar de unos 7 m. Si un calentamiento mundial de 5,5° se mantuviera durante 1.000 años, la fusión de la placa de hielo de Groenlandia podría contribuir a la elevación del nivel del mar en unos 3 m.
- Un calentamiento continuo aumentaría la fusión del permafrost en las regiones polares, subpolares y montañosas y podría hacer este terreno vulnerable a hundimientos y deslizamientos, con los consiguientes efectos en las infraestructuras, los cursos hídricos y los ecosistemas de los humedales.

**Los cambios en el clima podrían hacer aumentar el riesgo de cambios repentinos y no lineales en muchos ecosistemas, con efectos sobre su diversidad biológica, productividad, y funcionamiento.** Cuanto mayor sea la magnitud y la velocidad del cambio, mayor será el riesgo de impactos adversos. Por ejemplo:

- Los cambios en los regímenes de alteración y los desplazamientos de hábitat específicamente adaptados al clima pueden causar el desmoronamiento de ecosistemas terrestres y marinos, al cambiar radicalmente su composición y funcionamiento, y agravar el riesgo de extinción de especies.
- Un incremento sostenido de la temperatura del agua de sólo 1° C, ya sea solo o combinado con otros problemas (como la contaminación o el encenagamiento excesivos), podría hacer que los arrecifes de coral expulsen sus algas (y se descoloren), e incluso que con el tiempo mueran.
- El aumento de temperaturas por encima de un valor de umbral, que varía de cultivo en cultivo, puede afectar a etapas clave en el desarrollo de algunos cultivos (como la esterilidad de la espiguilla en el arroz, la pérdida de viabilidad del polen en el maíz, y el desarrollo de los tubérculos en las patatas) y menoscabar así el rendimiento de dichos cultivos. Las pérdidas económicas pueden ser de gran importancia si las temperaturas sobrepasan estos valores críticos, incluso durante períodos cortos.

→ P4.17-19

## Pregunta 5

**P5**

**¿Qué se sabe sobre la inercia y las escalas temporales asociadas con los cambios en los sistemas climáticos y ecológicos, y los sectores socioeconómicos y sus interacciones?**

**La inercia es una característica inherente y extendida de la interacción de los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos. Por lo**

→ P5.1-4, P5.8, P5.10-12, & P5.14-17

**tanto, algunos impactos del cambio climático antropogénico, pueden tomar mucho tiempo antes de manifestarse y algunos pueden ser irreversibles si el cambio climático no está limitado en velocidad y magnitud antes de que se sobrepasen pasen ciertos valores de umbral, de los que se tienen escasos conocimientos.**

### La inercia en los sistemas climáticos

**La estabilización de las emisiones de CO<sub>2</sub> en niveles parecidos a los actuales no ha de llevar a la estabilización de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, pero la estabilización de las emisiones de gases de corta vida y de efecto invernadero—por ejemplo, el CH<sub>4</sub>—sí podría tener ese efecto dentro de unos decenios.** La estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en un nivel preciso una reducción final de las emisiones netas mundiales de CO<sub>2</sub> a un porcentaje mínimo de las emisiones actuales. Cuanto más bajo sea el nivel elegido para la estabilización, más pronto deben comenzar las reducciones de esas emisiones (véase la Figura RRP-5).

→ P5.3 & P5.5

**Tras la estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, se proyecta que la temperatura del aire en la superficie terrestre continúe elevándose unas décimas de grado por siglo, durante un siglo o incluso más, mientras que el nivel del mar puede continuar ascendiendo durante muchos siglos (véase la Figura RRP-5).** Debido al lento transporte de calor en los océanos y a la lenta respuesta de las capas de hielo, precisan largos períodos para llegar a un nuevo equilibrio del sistema climático.

→ P5.4

**Algunos cambios en el sistema climático—que es perfectamente posible que ocurran después del siglo XXI—podrían ser irreversibles.** Por ejemplo, una fusión importante de las capas de hielo (véase la Pregunta 4) y cambios fundamentales en las pautas de circulación de los océanos (véase la Pregunta 4) podrían no ser reversibles durante muchas generaciones. El valor de umbral clave para que ocurran cambios fundamentales en la circulación de los océanos podría situarse a un nivel de temperatura más bajo si el calentamiento fuera rápido, en vez de gradual.

→ P5.4 & P5.14-16

### Inercia en los sistemas ecológicos

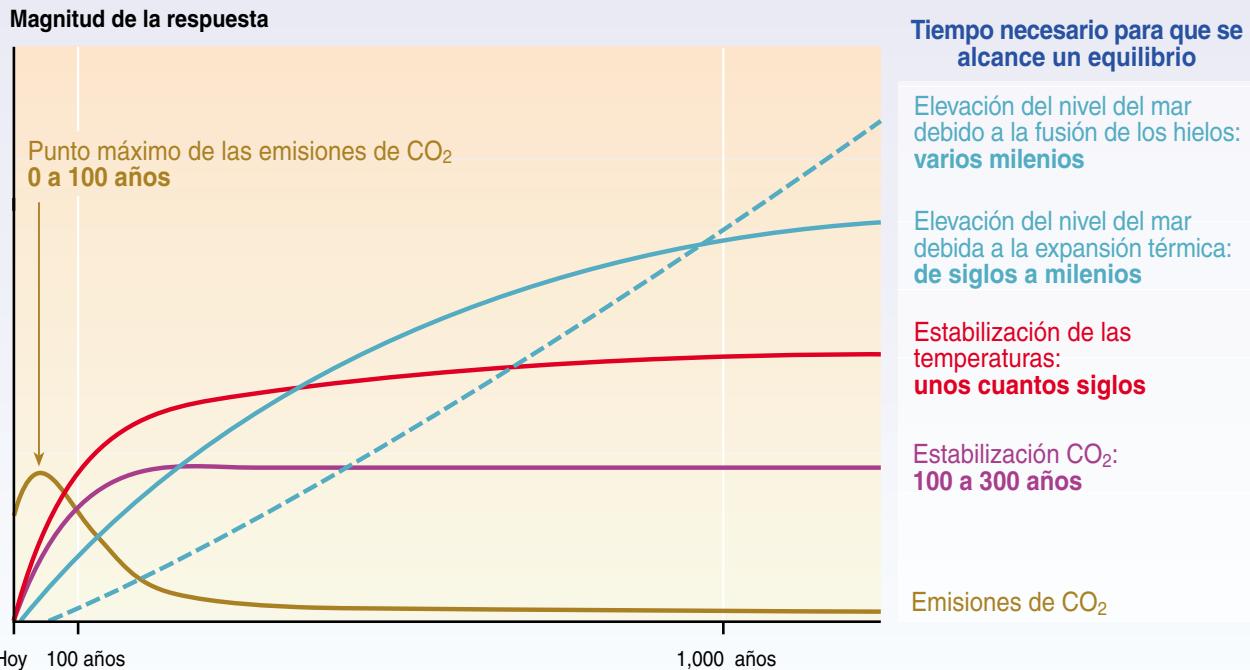
**Algunos ecosistemas muestran los efectos del cambio climático de forma rápida, mientras que otros lo hacen más lentamente.** Por ejemplo, la decoloración de los arrecifes de coral puede ocurrir en una estación excepcionalmente cálida, pero organismos de larga vida tales como los árboles pueden ser capaces de sobrevivir durante decenios a un cambio de clima, pero no de regenerarse. Ante un cambio climático (incluyendo cambios en la frecuencia de fenómenos extremos) los ecosistemas pueden deteriorarse como consecuencia de las diferencias en los tiempos de respuesta de las especies.

→ P5.8 & P3 Cuadro 3-2

**Algunas simulaciones del ciclo de carbono proyectan que la absorción neta de carbono terrestre en el mundo puede alcanzar su punto máximo durante el siglo XXI, y luego descender o estabilizarse.** La absorción neta reciente de CO<sub>2</sub> en los ecosistemas terrestres del mundo es resultado de desfase entre un mejor crecimiento de las plantas y su muerte y descomposición. El crecimiento de las plantas en la actualidad ha mejorada en parte como resultado de los efectos fertilizantes y de un uso elevado de CO<sub>2</sub> y la acumulación de nitrógeno, así como los cambios en el clima y en los usos de las tierras. Esta absorción va a disminuir a medida que los bosques alcancen su madurez, se saturen los efectos fertilizantes y la descomposición alcance el mismo nivel que el crecimiento. Es probable que el cambio climático reduzca aún más la absorción neta de carbono terrestre en el mundo. Aunque el calentamiento reduce la absorción de CO<sub>2</sub> por los océanos, se proyecta que los sumideros de carbono en los océanos persistan con el incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico, al menos durante el siglo XXI. El transporte del carbono desde la superficie hasta el fondo de los océanos tarda muchos siglos en producirse, y se necesitan varios milenarios hasta que se deposite en los sedimentos oceánicos.

→ P5.6-7

## Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, las temperaturas y el nivel del mar seguirán subiendo mucho después de reducirse las emisiones



**Figura RRP-5: Despues de reducirse las emisiones de CO<sub>2</sub> y de que se establezcan las concentraciones atmosféricas, la temperatura de la atmósfera en la superficie terrestre ha de continuar incrementándose lentamente durante un siglo o más.**

La expansión térmica de los océanos continuará incluso mucho después de haberse reducido las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la fusión de las capas de hielo seguirá contribuyendo durante muchos siglos a la elevación del nivel del mar. Esta figura es una ilustración genérica de la estabilización a cualquier nivel entre 450 y 1.000 ppm y, por lo tanto, no incluye unidades en el eje de respuestas. Las respuestas a las trayectorias de estabilización en esta serie muestran unos períodos en general similares, pero los efectos son progresivamente más importantes cuando existen mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>.

→ P5 Figura 5-2

### Inercia en los sistemas socioeconómicos

#### Al contrario de lo que sucede en los sistemas ecológicos, la inercia en los sistemas humanos no es fija: se puede cambiar por las políticas y opciones individuales.

La capacidad para aplicar políticas sobre el cambio climático depende de la interacción entre las estructuras sociales y económicas y los valores, las instituciones, las tecnologías y las infraestructuras establecidas. El sistema combinado generalmente se desarrolla de una forma relativamente lenta. Puede responder rápidamente bajo presión, aunque a veces esto tiene un alto costo (si, por ejemplo, los bienes de capital se retiran antes de tiempo). Si el cambio es más lento, los costos pueden ser menores debido a los avances tecnológicos o porque el valor del equipo de capital se amortiza totalmente. Desde que se percibe la necesidad de respuesta a un importante reto, y se planifica, estudia y desarrolla una solución, hasta que se pone en práctica, hay normalmente una demora que varía entre años y decenios. Las medidas preventivas, basadas en juicios informados, pueden mejorar la posibilidad de que se encuentre disponible una tecnología apropiada cuando se necesite.

→ P5.10-13

#### Se puede acelerar el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías con la transferencia de tecnología y unas políticas favorables de investigación y fiscales.

El cambio de tecnología se puede ver retrasado por sistemas ‘cerrados’ que disfrutan de ventajas comerciales gracias a instituciones, servicios e infraestructuras ya existentes, así como de sus recursos disponibles. La pronta implantación de las tecnologías permite una reducción de costos en la curva de aprendizaje.

→ P5.10 & P5.22

## Consecuencias políticas de la inercia

**La inercia y la incertidumbre en los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos imponen prever determinados márgenes de seguridad a la hora de establecer estrategias, objetivos y calendarios para evitar niveles peligrosos de interferencias en el sistema climático.** Los niveles de estabilización fijados, por ejemplo, para la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, la temperatura o el nivel del mar, se pueden ver afectados por:

- La inercia del cambio climático, que ha de prolongar el cambio climático durante un período después de haberse aplicado las medidas para mitigar los efectos de dicho fenómeno
- La incertidumbre sobre la situación de los posibles valores de umbral, a partir de los cuales los cambios sean irreversibles y el comportamiento del sistema en la zona próxima a dicho umbral
- El intervalo entre la adopción de los objetivos de mitigación y el momento en el que se alcanzan.

De forma parecida, la adaptación se ve afectada por el intervalo entre la identificación de los impactos del cambio climático, el desarrollo de estrategias eficaces y la aplicación de medidas de adaptación.

→ P5.18-20 & P5.23

**La inercia en los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos hace que la adaptación sea inevitable y necesaria en algunos casos, y la inercia afecta la combinación óptima de estrategias de mitigación y adaptación.** La inercia tiene consecuencias diferentes para la adaptación y para la mitigación, ya que la adaptación está orientada principalmente a los impactos del cambio climático localizados, mientras que la mitigación se ocupa de los impactos en todo el sistema climático. Estas consecuencias influyen en la combinación más económica y equitativa de la política que se adopte. Las estrategias de protección y la adopción de decisiones secuenciales (medidas iterativas, evaluación y revisión de las medidas) pueden ser apropiadas cuando se combina la inercia y la incertidumbre. Cuando hay inercia, las medidas bien fundamentadas para adaptarse o mitigar las consecuencias del cambio climático son más eficaces y, en algunas circunstancias, pueden incluso ser más económicas, si se adoptan sin demora.

→ P5.18-21

**La omnipresencia de la inercia y la posibilidad de irreversibilidad en la interacción de los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos son la principal explicación de los beneficios de adoptar medidas preventivas para la mitigación y la adaptación al cambio.** Si la aplicación de estas medidas se demora se pueden perder una serie de oportunidades para poner en práctica opciones de mitigación y adaptación.

→ P5.24

## Pregunta 6

**P6**

- a) ¿De qué manera la magnitud y oportunidad de introducción de una gama de medidas para reducir las emisiones determinan y afectan la velocidad, la magnitud y los impactos del cambio climático, y repercuten en la economía regional y mundial, teniendo en cuenta las emisiones presentes y pasadas?
- b) ¿Qué se conoce, a partir de estudios de sensibilidad, sobre las consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas, a escala regional y mundial, si las concentraciones de gases de efecto invernadero (en equivalentes al dióxido de carbono) se estabilizaran en niveles que varíen entre los actuales y el doble o incluso más, teniendo en cuenta en la medida de lo posible los efectos de los aerosoles? Para cada escenario de estabilización, incluidas las diferentes vías hacia la estabilización, evalúe los niveles de costos y beneficios relacionados con los escenarios tratados en la Pregunta 3, en cuanto a:
  - Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima y el nivel del mar, incluyendo los cambios producidos después de 100 años

- Los impactos, costos y beneficios económicos de los cambios en el clima y en la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y los sectores socioeconómicos (especialmente agricultura y agua)
- La gama de opciones para la adaptación, incluyendo los costos y beneficios y los problemas que se planteen
- La gama de tecnologías, políticas y prácticas que se podrían utilizar para lograr cada uno de estos niveles de estabilización, con una evaluación de los costos y beneficios nacionales y mundiales, y una comparación de dichos costos y beneficios, ya sea de forma cualitativa o cuantitativa, con el daño ambiental que se podría evitar con la reducción de las emisiones
- Los problemas de desarrollo, sostenibilidad y equidad asociados con los impactos, la adaptación y la mitigación del cambio climático a nivel regional y mundial.

**La velocidad y la magnitud del calentamiento y la elevación del nivel del mar proyectadas se pueden atenuar con una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.**

→ P6.2

**Cuanto mayores sean las reducciones de las emisiones y cuanto antes se introduzcan, menor y más lento serán el calentamiento y la elevación del nivel del mar.** El cambio climático futuro se determina a partir de las emisiones actuales, pasadas y futuras. Las diferencias en los cambios de temperaturas proyectados entre los escenarios que incluyen la reducción de gases de efecto invernadero y los que no la incluyen son pequeñas durante los primeros decenios, pero aumentan con el tiempo si dichas reducciones se mantienen.

→ P6.3

**La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de los gases que controlan su concentración podría ser necesaria para estabilizar los forzamientos radiactivos.** Por ejemplo, en el caso de los más importantes gases de efecto invernadero antropogénicos, las simulaciones del ciclo de carbono indican que para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 450, 650 o 1.000 ppm se precisaría que las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> mundiales se redujeran por debajo de los niveles del año 1990 en unos decenios, un siglo o cerca de dos siglos, respectivamente, y que siguieran decreciendo constantemente en adelante (véase la Figura RRP–6). Dichas simulaciones muestran que las emisiones podrían alcanzar sus niveles máximos dentro de uno o dos decenios (450 ppm) y aproximadamente dentro de un siglo (1.000 ppm) a partir de hoy. A largo plazo, podría ser necesario que las emisiones de CO<sub>2</sub> también se redujeran a una fracción muy pequeña de las emisiones actuales. Los beneficios de los diferentes niveles de estabilización se tratan con más detalle en la Pregunta 6, y los costos de estos niveles de estabilización se abordan en la Pregunta 7.

→ P6.4

**Existe una gran incertidumbre sobre el grado de calentamiento que podría resultar tras una estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero.** Dichas dudas son el resultado de la combinación de tres incertidumbres acerca de la sensibilidad del clima ante los aumentos de gases de efecto invernadero.<sup>4</sup> La Figura RRP–7 muestra los niveles eventuales de estabilización de CO<sub>2</sub> y la gama correspondiente de cambios de temperatura estimados que pudieran producirse en el 2100 y en equilibrio.

→ P6.5

**Se estima que las reducciones de emisiones que permitirían con el tiempo estabilizar la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico a un nivel por debajo de 1.000 ppm, basándose**

→ P6.6

<sup>4</sup> La respuesta de la temperatura media mundial en equilibrio a la duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico se utiliza a menudo como una medida de sensibilidad climática. Las temperaturas mostradas en las Figuras RRP–6 y RRP–7 se extraen de una simulación simple calibrada para dar la misma respuesta que una serie de simulaciones complejas que tienen una sensibilidad climática comprendida entre 1,7 y 4,2°C. Esta gama se puede comparar a la gama comúnmente aceptada de 1,5–4,5°C.

en los perfiles mostrados en la Figura RRP–6, y suponiendo que las emisiones de otros gases que no sean CO<sub>2</sub> siguen la proyección A1B del IEEE hasta el año 2100 y se mantienen constantes posteriormente, limitaría el incremento de la temperatura media mundial a 3,5°C o incluso menos hasta el año 2100. Se estima que la temperatura media de la superficie del planeta puede aumentar en un 1,2 a 3,5°C hasta el año 2100 para los perfiles en que las concentraciones de CO<sub>2</sub> se estabilicen a niveles de 450 a 1.000 ppm. Así pues, aunque todos los perfiles de estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> analizados podrían evitar, durante el siglo XXI, que se produzcan los niveles más altos de las proyecciones de calentamiento del IEEE (1,4–5,8°C para el año 2100), debe decirse que en la mayoría de esos perfiles las concentraciones de CO<sub>2</sub> continuarían incrementándose más allá del año 2100. Puede ser que

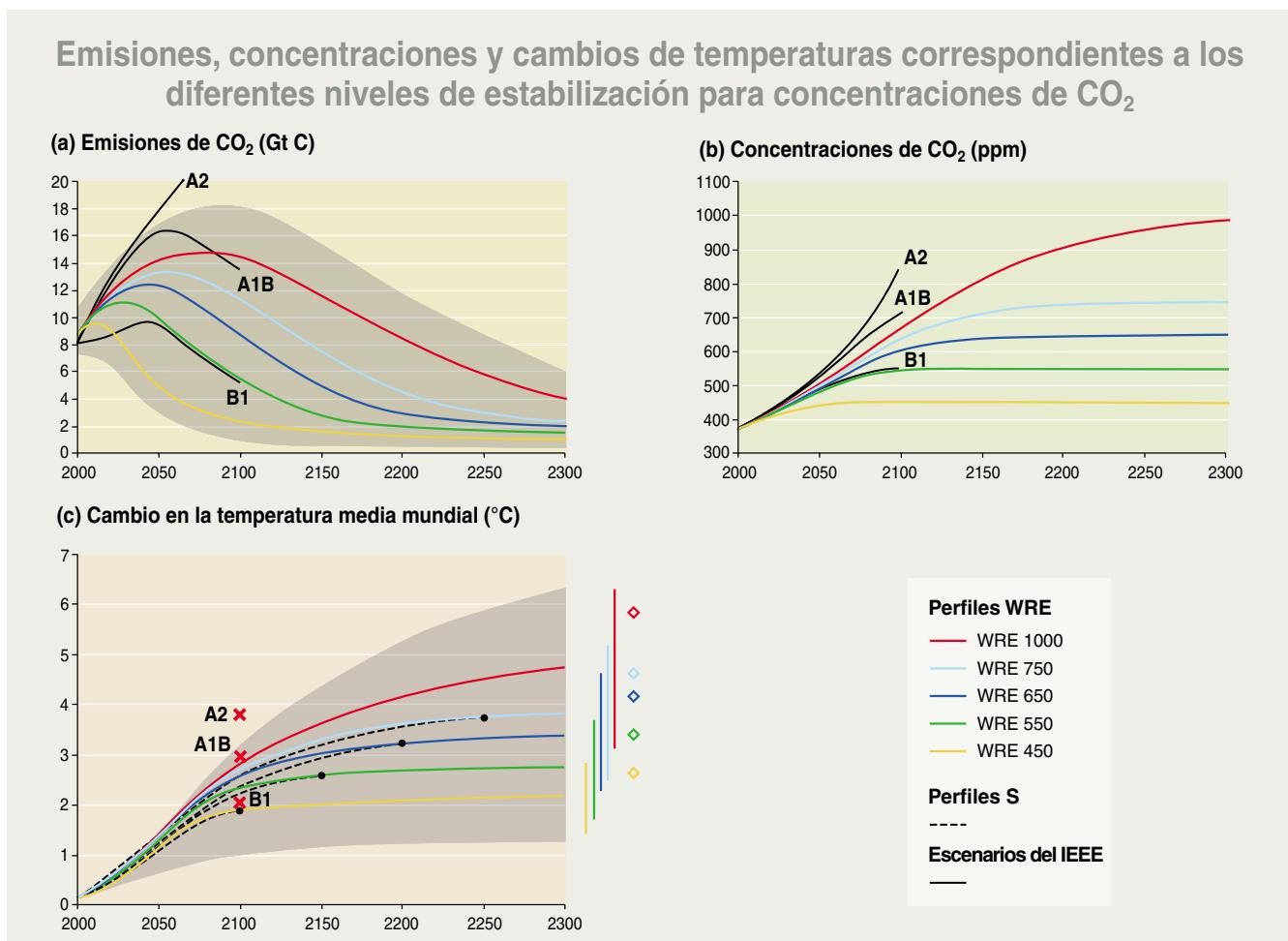


Figura RRP–6: La estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> requeriría una reducción importante de las emisiones por debajo de los niveles actuales, y frenaría la velocidad del calentamiento.

P6 Figura 6–1

- Emisiones de CO<sub>2</sub>:** Las vías temporales de las emisiones de CO<sub>2</sub> que conducirían a una estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> a varios niveles se determinan para los perfiles de estabilización WRE utilizando simulaciones del ciclo de carbono. La zona sombreada muestra el nivel de incertidumbre.
- Concentraciones de CO<sub>2</sub>:** Se muestran las concentraciones de CO<sub>2</sub> especificadas por WRE.
- Cambios de la temperatura media mundial:** Los cambios de temperatura se estiman utilizando una simulación climática sencilla para los perfiles de estabilización WRE. El calentamiento continúa después de estabilizarse las concentraciones de CO<sub>2</sub> (que se indican con puntos negros), pero a un nivel cada vez menor. Se supone que las emisiones de otros gases que no son CO<sub>2</sub> siguen la proyección A1B del IEEE hasta el año 2100, y que posteriormente sean constantes. Este escenario se eligió por encontrarse en el punto medio de la gama de escenarios del IEEE. Las líneas de puntos muestran los cambios de temperatura proyectados para los perfiles S (que no se muestran en los paneles a) y b)). El área sombreada muestra el efecto de una gama de sensibilidad climática en los cinco casos de estabilización. Las barras de color en la parte derecha muestran la incertidumbre para cada caso de estabilización en el año 2300. Los rombos en la parte derecha muestran el punto medio de equilibrio para el calentamiento (a muy largo plazo) en cada nivel de estabilización de CO<sub>2</sub>. Para facilitar la comparación, también se muestran las emisiones, las concentraciones y los cambios de temperatura para tres de estos escenarios del IEEE.

tarde muchos siglos en producirse la subida de la temperatura del equilibrio final, que está comprendida entre 1,5 y 3,9°C por encima de los niveles de 1990 para una estabilización a 450 ppm, y entre 3,5 y 8,7°C por encima de los niveles de 1990 para una estabilización a 1.000 ppm.<sup>5</sup> Además, para un objetivo específico de estabilización de la temperatura existe una amplia gama de incertidumbres asociadas con el nivel requerido de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (véase la Figura RRP-7). El nivel necesario de estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> para obtener un objetivo determinado de temperatura también depende de los niveles de otros gases que no sean CO<sub>2</sub>.

**El nivel del mar y las capas de hielo continuarán respondiendo al calentamiento durante muchos siglos después de que se estabilicen las concentraciones de gases de efecto invernadero.** La elevación proyectada del nivel del mar debido a la expansión térmica en equilibrio es de 0,5 a 2m para un aumento en concentraciones de CO<sub>2</sub> desde el nivel preindustrial de 280 a 560 ppm, y de 1 a 4 m para un aumento de concentraciones de CO<sub>2</sub> de 280 a 1.120 ppm. El aumento observado en el siglo XX fue de 0,1 a 0,2 m. La elevación del nivel del mar proyectada sería mayor si se tuviera en cuenta el efecto del aumento de las concentraciones de otros gases de efecto invernadero. Existen otros factores que contribuyen a la elevación del nivel del mar en escalas temporales de siglos a milenios. Las simulaciones evaluadas en el TIE predicen una elevación del nivel del mar de varios metros debido a la fusión de las capas de hielo polares (véase la Pregunta 4) y del hielo terrestre incluso para niveles de estabilización de CO<sub>2</sub> equivalentes a 550 ppm.

→ P6.8

**La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para estabilizar su concentración atmosférica podría retrasar y reducir los daños causados por el cambio climático.**

→ P6.9

**La reducción (mitigación) de las emisiones de gases de efecto invernadero podría atenuar las presiones que reciben los sistemas naturales y humanos debido al cambio climático.** Si se reduce la velocidad del aumento de la temperatura media mundial y la elevación del nivel del mar, podríamos conseguir más tiempo para la adaptación. Por ello, se prevé que las medidas de mitigación demoren y reduzcan los daños causados por el cambio climático y, por lo tanto, produzcan beneficios ambientales y socioeconómicos. Las medidas de mitigación y sus costos asociados se evalúan en las respuestas a la Pregunta 7.

→ P6.10

**Las medidas de mitigación para estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero podrían generar mayores beneficios, al reducir los daños.** La estabilización en niveles inferiores reduce el riesgo de sobrepasar los umbrales de temperatura en los sistemas biofísicos en que existan. Se estima, por ejemplo, que la estabilización de CO<sub>2</sub> en 450 ppm puede producir en el año 2100 un aumento en la temperatura media mundial de unos 0,75–1,25°C menos de lo proyectado para una estabilización a 1.000 ppm (véase la Figura RRP-7). En equilibrio, la diferencia sería de 2–5°C. La extensión geográfica del daño o pérdida de los sistemas naturales y el número de sistemas afectados—que aumenta con la magnitud y la velocidad del cambio climático—podrían ser menores a un nivel inferior de estabilización. De forma parecida, a un nivel inferior de estabilización se prevé que la gravedad de los impactos debidos a cambios climáticos extremos sea inferior, que menos regiones sufran impactos netos adversos en el sector comercial, que los efectos agregados mundiales sean menores y que se reduzcan los fenómenos a gran escala y de grandes consecuencias.

→ P6.11

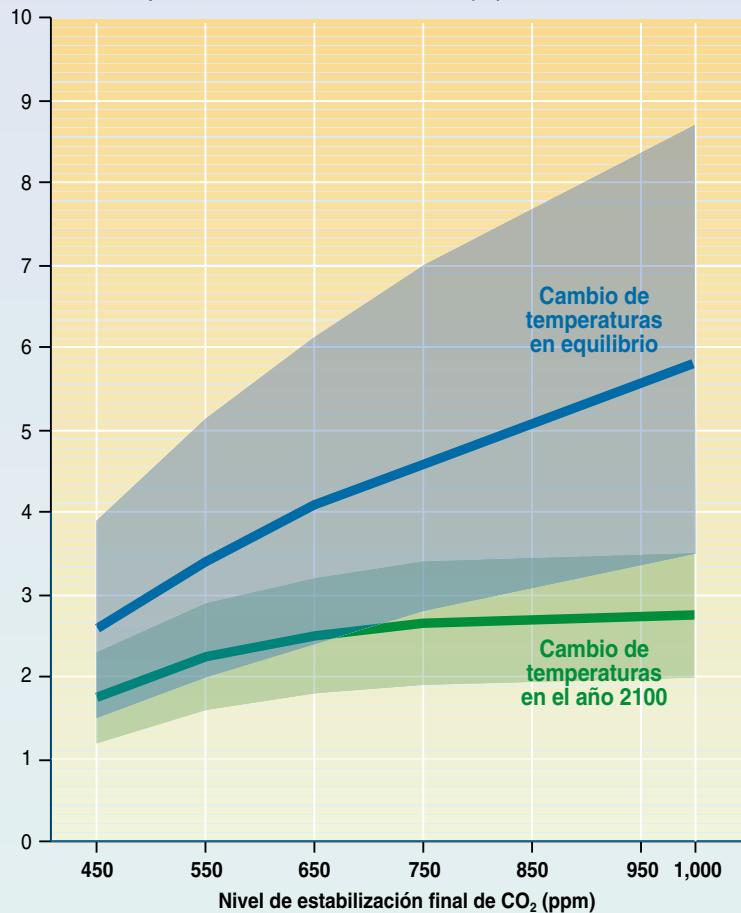
**Aún no existen estimaciones completas y cuantitativas de los beneficios de la estabilización en diversos niveles de concentración atmosférica de gases de efecto invernadero.** Se han realizado grandes avances para entender el carácter cualitativo de los impactos del cambio climático. Debido a la incertidumbre sobre la sensibilidad climática y sobre

→ P6.12

<sup>5</sup> Para todos estos escenarios, la contribución de otros gases de efecto invernadero y aerosoles al equilibrio del calentamiento es de 0,6°C para una sensibilidad climática baja y de 1,4°C para una sensibilidad climática alta. El aumento resultante del forzamiento radiativo es equivalente al que ocurre con un 28 por ciento adicional en las concentraciones finales de CO<sub>2</sub>.

**Existe una amplia zona de incertidumbre sobre el grado de calentamiento que podría resultar de cualquier concentración estabilizada de gases de efecto invernadero**

Cambio de temperaturas con relación al año 1990 ( $^{\circ}\text{C}$ )



**Figura RRP–7: Las concentraciones de  $\text{CO}_2$  para la estabilización podrían disminuir el calentamiento, pero en un grado incierto.** Los cambios de temperatura con relación a 1990, mostrados en a) el año 2100, y b) en equilibrio, se estiman sobre la base de una simulación climática sencilla para los perfiles WRE, como en la Figura RRP–6. Las estimaciones mínimas y máximas para cada nivel de estabilización suponen una sensibilidad climática de  $1,7$  y  $4,2^{\circ}\text{C}$  respectivamente. La línea central es una media de las estimaciones máximas y mínimas.

→ P6 Figura 6-2

las pautas geográficas y estacionales de los cambios de las temperaturas, precipitaciones y otras variables y fenómenos climáticos, no se pueden determinar los impactos del cambio climático únicamente para escenarios específicos de emisiones. También existe una gran incertidumbre sobre los procesos claves y la sensibilidad y las capacidades de adaptación de los sistemas ante los cambios climáticos. Además, algunos impactos como los cambios en la composición y funcionamiento de los sistemas ecológicos, la extinción de especies y cambios en la salud humana, y la disparidad en la distribución de los impactos en diferentes regiones y poblaciones, no se pueden fácilmente expresar en unidades monetarias o de otro tipo. Debido a estas limitaciones, no se han determinado de forma completa los beneficios de las diferentes medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, incluidas las orientadas a estabilizar las concentraciones de estos gases en niveles determinados y, por lo tanto, no se pueden comparar directamente esos beneficios con los costos de la mitigación, a los fines de estimar los efectos económicos netos de dicha mitigación.

**La adaptación es una estrategia necesaria a todas las escalas, como complemento de los esfuerzos para la mitigación del cambio climático. Si ambos elementos se utilizan de forma conjunta, pueden ayudar a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible.**

→ P6.13

**La adaptación puede servir de complemento a la mitigación, en una estrategia económica para reducir los riesgos derivados del cambio climático.** Las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, incluso la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a bajos niveles, no han de prevenir completamente el cambio climático ni la elevación del nivel del mar, ni evitar algunos de sus impactos. Como respuesta a los cambios climáticos y a la elevación del nivel del mar se producirán muchas adaptaciones reactivas, y algunas ya han ocurrido. Además, el desarrollo de estrategias de adaptación planificadas para abordar los riesgos y aprovechar de las oportunidades puede servir de complemento a las medidas de mitigación para atenuar los efectos del cambio climático. Sin embargo, la adaptación puede suponer algunos costos, y no siempre se evitan todos los daños. Los costos de la adaptación se pueden disminuir con medidas de mitigación que contribuyan a reducir y frenar los cambios climáticos a los que, en caso contrario, se verían expuestos los sistemas.

→ P6.14-15

**Se proyecta que el cambio climático tenga diferentes impactos tanto dentro un país determinado como entre distintos países. El problema del cambio climático plantea el tema muy importante de la equidad.** Si se diseñan adecuadamente, las medidas de mitigación y adaptación pueden contribuir a los objetivos de equidad y de desarrollo sostenible dentro y entre los diferentes países, y entre generaciones. Se espera que la reducción de fenómenos climáticos extremos beneficie a todos los países, sobre todo a los países en desarrollo, considerados más vulnerables al cambio climático que los países desarrollados. La mitigación del cambio climático también podría reducir los riesgos que presuponen para las generaciones futuras las actividades de la generación actual.

→ P6.16-18

## Pregunta 7

**P7**

¿Qué se conoce sobre las posibilidades, los costos y beneficios y el marco temporal para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero?

- ¿Cuáles serían los costos sociales y económicos y las consecuencias, en términos de equidad, de las opciones sobre políticas y medidas, y de los mecanismos del Protocolo de Kyoto que se deberían considerar para abordar los cambios climáticos a nivel regional y mundial?
- ¿Qué opciones de investigación y desarrollo, inversiones y otras políticas se podrían considerar como las más eficaces para mejorar el desarrollo e implementación de tecnologías para hacer frente al cambio climático?
- ¿Qué tipos de opciones económicas y políticas se podrían considerar para superar los obstáculos actuales y potenciales, y para estimular la transferencia de tecnología de los sectores públicos y privados y su implantación en diferentes países, y qué efectos tendrían sobre las emisiones proyectadas?
- ¿Cómo afectaría la aplicación oportuna de las opciones indicadas a los costos y beneficios asociados y a las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero en el próximo siglo, o incluso después?

**Existen muchas oportunidades, incluidas opciones tecnológicas, para reducir las emisiones a muy corto plazo, pero también existen obstáculos a su implementación.**

→ P7.2-7

**Desde el SIE de 1995 se han realizado importantes adelantos técnicos en cuanto a las posibilidades de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y**

→ P7.3

**este progreso ha sido más rápido de lo que se había anticipado.** Se podrían lograr reducciones netas de emisiones mediante una serie de tecnologías (por ejemplo una conversión más eficaz en la producción y el uso de la energía, la adopción de tecnologías que no emiten o emiten escasas cantidades de gases de efecto invernadero, el secuestro y almacenamiento de carbono, y una mejora del uso de las tierras y prácticas forestales). Se están haciendo avances en una amplia gama de tecnologías en etapas diferentes de desarrollo, que varían entre la introducción en el mercado de turbinas y la rápida eliminación de gases que son subproductos industriales, el desarrollo de la tecnología de células energéticas y la demostración del almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub>.

**Para que la aplicación de las opciones para la mitigación de gases de efecto invernadero sea satisfactoria se deberán superar los obstáculos técnicos, económicos, políticos, culturales, sociales, de comportamiento y/o institucionales que impiden aprovechar completamente las oportunidades tecnológicas, económicas y sociales de dichas opciones.** Las oportunidades potenciales de mitigación y los tipos de obstáculo varían según las regiones, los sectores y el tiempo, debido a la gran variación en la capacidad de mitigación. La mayoría de los países se podrían beneficiar de formas innovadoras de financiación, aprendizaje social, innovación, reformas institucionales, la supresión de obstáculos comerciales y la erradicación de la pobreza. Además, las oportunidades futuras dependen principalmente, en los países industrializados, de la eliminación de obstáculos sociales y de comportamiento; en los países con economías en transición, de la racionalización de precios; y en países en desarrollo, de la racionalización de precios, unida a un mayor acceso a datos e información, la disponibilidad de tecnologías avanzadas y de recursos financieros, y el desarrollo de la formación y las capacidades. Sin embargo, en un país determinado las oportunidades pueden surgir de la supresión de cualquier combinación de obstáculos.

→ P7.6

**Las respuestas nacionales a los cambios climáticos pueden ser más eficaces si en la práctica adoptan la forma de una serie de instrumentos políticos para limitar o reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero.** Estos instrumentos políticos nacionales pueden consistir—según las circunstancias nacionales—en impuestos sobre emisiones/carbono/energía, permisos comercializables o no comercializables, políticas sobre el uso de las tierras, concesión y/o eliminación de subvenciones, sistemas de depósitos/devoluciones, normas de tecnología o rendimiento, obligaciones de una combinación de energía, la prohibición de productos, acuerdos voluntarios, gasto e inversión por parte del gobierno, y apoyo a la investigación y el desarrollo.

→ P7.7

**La estimación de los costos varía entre diferentes simulaciones y estudios debido a varias razones.**

→ P7.14-19

**Por diferentes razones, existen diferencias e incertidumbres importantes en las estimaciones cuantitativas de los costos de mitigación. Las estimaciones de costos difieren debido a a) la metodología<sup>6</sup> empleada en el análisis y b) los factores e hipótesis subyacentes incorporados en el análisis.** Si se incorporan ciertos factores, las estimaciones serán más altas, mientras que si se incorporan otros, serán más bajas. La incorporación de factores como diversos gases de efecto invernadero, de sumideros, cambios técnicos inducidos y de comercio de emisiones<sup>7</sup> pueden reducir los costos estimados. Además, los estudios sugieren que algunas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero se pueden limitar a un costo social neto nulo o negativo, hasta el punto en que las políticas pueden aprovechar

→ P7.14 & P7.20

<sup>6</sup> El SIE describe dos tipos de enfoques para la estimación de costos; un enfoque de abajo arriba, que se desarrolla a partir de las evaluaciones de tecnologías y sectores específicos, y una simulación de arriba abajo, que parte de unas relaciones macroeconómicas. Véase el Recuadro 7-1 del TIE.

<sup>7</sup> Enfoque basado en el mercado para lograr unos objetivos ambientales, en virtud del cual los países que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, por debajo de lo que se precisa, pueden utilizar o comercializar las reducciones en exceso para compensar las emisiones en otra fuente dentro o fuera del país. Aquí el término se utiliza en sentido amplio e incluye el comercio en “permisos” de emisiones, y la colaboración basada en proyectos.

las oportunidades de las medidas “útiles en todo caso”, tales como la corrección de imperfecciones en el mercado, la inclusión de beneficios secundarios y el reciclado eficiente de los ingresos fiscales. Una cooperación internacional que facilite las reducciones económicas de emisiones puede reducir los costos de mitigación. En cambio, si toman en cuenta los impactos macroeconómicos importantes a corto plazo, las limitaciones sobre el uso de los mecanismos de mercado nacionales e internacionales, los altos costos de transacciones, la inclusión de costos suplementarios y las medidas ineficientes de reciclado de impuestos, los costos estimados pueden ser más altos. Como ningún análisis incorpora todos los factores de importancia que afectan a los costos de mitigación, es posible que los costos estimados no reflejen los costos reales de la implementación de las medidas de mitigación.

## **Los estudios examinados por el TIE sugieren importantes oportunidades para la reducción de los costos de la mitigación.**

→ P7.15-16

**Los estudios de abajo arriba indican que existen unas importantes oportunidades para reducir los costos de la mitigación.** Según los estudios de abajo arriba, se podrían lograr reducciones de las emisiones mundiales anuales de 1,9–2,6 Gt C<sub>eq</sub> (equivalentes a gigatoneladas de carbono), y de 3,6–5,0 Gt C<sub>eq</sub><sup>8</sup> en los años 2010 y 2020 respectivamente. La mitad de esa reducción potencial de emisiones se podría lograr para el año 2020, con beneficios directos (energía ahorrada) que sobrepasan los costos directos (capital neto, costos de explotación y mantenimiento); la otra mitad se lograría a un costo neto directo de hasta USD 100 por t C<sub>eq</sub> (a precios de 1998). Estas estimaciones de costos netos directos se realizan utilizando unos tipos de descuento del 5 al 12 por ciento (comparables a los tipos de descuento del sector público). La tasa de rendimiento interna privada varía enormemente, y es a menudo mucho mayor, lo que afecta el ritmo de incorporación de estas tecnologías por parte de entidades privadas. Según los escenarios de emisiones, esto podría permitir reducir las emisiones mundiales por debajo de los niveles del año 2000 en el período 2010–2020, con los costos directos netos estimados. La consecución de estos niveles de reducción supone costos adicionales de aplicación, que en algunos casos pueden ser enormes, así como la posible necesidad de políticas de apoyo, un aumento de investigación y desarrollo, una transferencia eficaz de tecnología y la superación de otros tipos de obstáculos. Los diferentes estudios mundiales, regionales, nacionales, sectoriales y de proyectos evaluados en el GTII TIE tienen diferente alcance y parten de diferentes hipótesis. No existen estudios realizados para cada sector y región.

→ P7.15 & P7 Cuadro 7-1

**Los bosques, las tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen muchas posibilidades de mitigación del carbono. La conservación y secuestro de carbono, aunque no necesariamente con carácter permanente, pueden dar tiempo para que se desarrollen y pongan en práctica otras medidas.** La mitigación biológica puede producirse mediante tres estrategias: a) la conservación de los yacimientos de carbono ya existentes, b) el secuestro mediante un aumento de la capacidad de los yacimientos de carbono<sup>9</sup>, y c) el uso de productos biológicos obtenidos de manera sostenible. Las posibilidades mundiales de las opciones biológicas para la mitigación se sitúan en el orden de 100 Gt C (acumulado) para el año 2050, lo que es equivalente a un 10 a 20 por ciento de las emisiones proyectadas provenientes de combustibles fósiles durante ese mismo período, aunque existen grandes incertidumbres en relación con estas cifras. La consecución de este potencial depende de la disponibilidad de tierras y agua, además de la rapidez con que se incorporen prácticas de gestión de dichas tierras. Las mayores posibilidades para la mitigación biológica del carbono atmosférico se dan en las regiones tropicales y subtropicales. Las estimaciones hasta la fecha de los costos para la mitigación biológica varían considerablemente, desde USD 0,1 hasta unos USD 20 por t C en varios países tropicales, y de USD 20 a USD 100 por t C en países no tropicales. Los métodos de análisis financiero y del cálculo de carbono no

→ P7.4 & P7.16

<sup>8</sup> Las estimaciones de la reducción de emisiones se realizan con referencia a una tendencia base que es similar en magnitud al escenario IEEE B2.

<sup>9</sup> Los cambios en el uso de las tierras podrían influir en la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>. Hipotéticamente, si todo el carbono emitido por los cambios históricos de uso de las tierras se pudiera poner de nuevo en la biosfera terrestre durante lo que queda de este siglo (por ejemplo, con la reforestación) las concentraciones de CO<sub>2</sub> se reducirían en unos 40 o 70 ppm.

han podido compararse. Además, en muchos casos, los cálculos de costos no abarcan, entre otras cosas, los costos infraestructurales, los tipos de descuento apropiados, la vigilancia, los costos del acopio y la aplicación de datos, los costos de oportunidad de la tierra y el mantenimiento, y otros costos recurrentes, que a menudo se han excluido o pasado por alto. Se ha determinado que la parte inferior de la gama tiende a la baja, aunque el conocimiento y el tratamiento de los costos están mejorando con el tiempo. Las opciones de mitigación biológica pueden reducir o incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub>.

**Las estimaciones de los costos en que incurrirán los países del Anexo B para la aplicación del Protocolo de Kyoto varían según los estudios y las regiones, y dependen en gran medida—entre otros factores—de las hipótesis empleadas sobre el uso de los mecanismos de Kyoto y de sus interacciones con las medidas nacionales (véase la Figura RRP–8 que muestra la comparación de los costos regionales de mitigación de países del Anexo II).** La gran mayoría de los estudios mundiales que informan y comparan estos costos se basan en simulaciones internacionales de tipo energético-económico. Nueve de estos estudios sugieren los siguientes efectos en el PIB. En ausencia de comercio de emisiones entre los países del Anexo B, estos estudios muestran una reducción en PIB<sup>10</sup> proyectado de 0,2–2 por ciento en el año 2010 para diferentes regiones del Anexo II. En la hipótesis de un comercio completo de emisiones entre países del Anexo B, las reducciones estimadas en el año 2010 oscilan entre el 0,1 y el 1,1 por ciento del PIB proyectado. Los estudios de simulaciones mundiales muestran unos costos marginales nacionales para cumplir con los compromisos de Kyoto de USD 20 a USD 600 por t C, sin comercio, y de USD 15 a USD 150 por t C, con comercio entre los países del Anexo B. Para la mayoría de los países con economías en transición, los efectos en el PIB oscilan entre un aumento insignificante y considerable. Sin embargo, para algunos países con economías en transición, la implementación del Protocolo de Kyoto tendrá un impacto en el PIB similar al del los países del Anexo II. Cuando se realizaron estos estudios, la mayoría de las simulaciones no incluían los sumideros, los gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub>, el Mecanismo para el Desarrollo Limpio (CDM), las opciones de costos negativos, los beneficios secundarios o el reciclado orientado de los ingresos, y la incorporación de todos estos factores reduciría los costos estimados. Por otra parte, estas simulaciones se basan en hipótesis que subestiman los costos, porque suponen un uso completo del comercio de emisiones sin costos de transacción, tanto dentro de los países del Anexo B como entre ellos, que las respuestas de mitigación sean perfectamente eficientes y que las economías empiecen a ajustarse a la necesidad de cumplir con los objetivos de Kyoto, entre 1990 y 2000. La reducción de costo de los mecanismos de Kyoto podría depender de los diferentes detalles de su implementación, incluyendo la compatibilidad de mecanismos nacionales e internacionales, las limitaciones y los costos de transacción.

→ P7.17-18

**Las limitaciones de emisiones en países del Anexo I tienen impactos secundarios bien establecidos,<sup>11</sup> aunque variados, sobre países que no forman parte del Anexo I.** Los análisis indican reducciones en el PIB proyectado y en los ingresos proyectados de los países exportadores de petróleo que no forman parte del Anexo I. El estudio que muestra los costos más bajos indica una reducción del 0,2 por ciento del PIB proyectado, sin comercio de emisiones, y menos del 0,05 por ciento del PIB proyectado, con comercio de emisiones de países del Anexo B en el año 2010.<sup>12</sup> El estudio que muestra los costos más altos indica para el mismo año una

→ P7.19

<sup>10</sup> Las reducciones de PIB proyectadas guardan relación con el PIB de base previsto de cada simulación. Las simulaciones evaluaron sólo reducciones de CO<sub>2</sub>. En cambio, las estimaciones de los análisis de abajo arriba incluyeron todos los gases de efecto invernadero. Se pueden utilizar muchos tipos de medidas para mostrar los costos. Por ejemplo, si los costos anuales de los países desarrollados asociados con el cumplimiento de los objetivos fijados en Kyoto con un comercio completo de emisiones entre países del Anexo B se sitúan en el 0,5 por ciento del PIB, esto representa USD 125 mil millones por año, o USD 125 por persona y año hacia el año 2010 en los países del Anexo I (suposiciones del IEEE). Esto se corresponde a un impacto sobre los niveles de crecimiento económico menor al 0,1 por ciento durante 10 años.

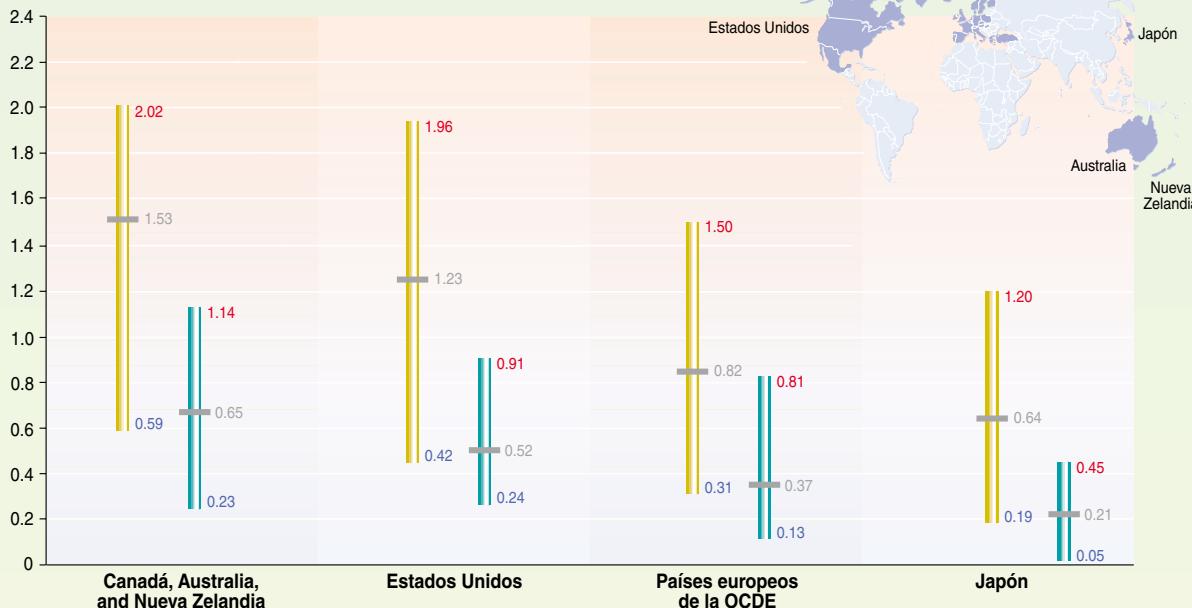
<sup>11</sup> Estos efectos secundarios tienen en cuenta sólo los efectos económicos, y no los ambientales.

<sup>12</sup> Estos costos estimados se pueden expresar como diferencias en los niveles de crecimiento del PIB en el período 2000–2010. Sin comercio de emisiones, el nivel de crecimiento del PIB se reduce en un 0,02 por ciento por año; con comercio de emisiones en países del Anexo B, el crecimiento se reduce en menos del 0,005 por ciento por año.

## Proyecciones de pérdidas del PIB y costos marginales en el año 2010 a partir de simulaciones mundiales

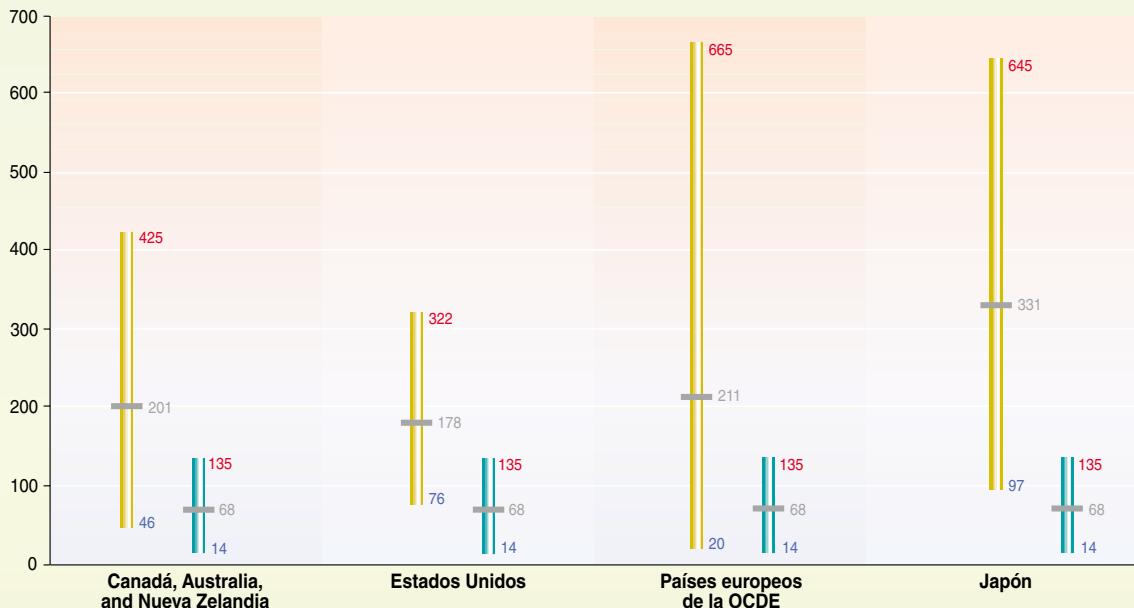
### (a) Pérdidas del PIB

Porcentaje de pérdidas del PIB en el año 2010



### (b) Costos marginales

USD de 1990 por t C



#### Gama de resultados para los dos escenarios

Ausencia de comercio internacional en derechos de emisiones de carbono: cada zona debe adoptar su reducción recomendada

Comercio total de derechos permitidos de emisiones de carbono en países del Anexo B

Los tres números en cada barra representan las proyecciones más altas, medias y más bajas del conjunto de simulaciones.

**Figura RRP-8: Proyecciones de pérdidas de PIB y costos marginales en países del Anexo II en el año 2010, a partir de simulaciones mundiales: a) pérdidas del PIB y b) costos marginales.** Las reducciones en PIB para

el año 2010 están relacionadas con el PIB de la simulación de referencia. Estas estimaciones se basan en los resultados de nueve equipos que realizan simulaciones y participaron en el estudio del Energy Modeling Forum. Las proyecciones que muestran las figuras son para las cuatro regiones que forman parte del Anexo II. Las simulaciones examinan dos escenarios. En el primero, cada región lleva a cabo la reducción recomendada únicamente con comercio de derechos de emisiones de carbono en el plano nacional. En el segundo, se permite ese comercio con los países del Anexo B y, por lo tanto, los costos marginales son idénticos en las cuatro regiones. En cada caso o región se muestran los valores máximos, mínimos y medios de los costos marginales estimados en todas las simulaciones. Véanse los factores clave, hipótesis e incertidumbres en los estudios, en el Cuadro 7-3 y el Recuadro 7-1 del TIE.

Figura 1-1

reducción del 25 por ciento de los ingresos proyectados por petróleo sin comercio de emisiones, y un 13 por ciento de los ingresos por petróleo proyectados con comercio de emisiones en países del Anexo B. Estos estudios no toman en cuenta otras políticas y medidas distintas al comercio de emisiones entre países del Anexo B, que podrían disminuir los impactos en países que no forman parte del Anexo I y que son exportadores de petróleo. Los impactos sobre estos países se pueden reducir aún más si se retiran las subvenciones a los combustibles fósiles, se reestructuran los impuestos sobre energía para que reflejen el contenido de carbono, se aumentan el empleo de gas natural, y se diversifican las economías de países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I. Otros países que no forman parte del Anexo I pueden verse afectados de forma adversa por la reducción de la demanda de sus exportaciones a países de la OCDE, y por la subida de los precios de productos que se deben importar y precisan una gran cantidad de carbono para su producción. Los países que no forman parte del Anexo I se pueden beneficiar con la reducción en los precios de combustibles, el aumento de las exportaciones de productos que precisan una gran cantidad de carbono para su fabricación, y la transferencia de tecnologías y conocimientos que no perjudican el medio ambiente. El posible traslado de algunas industrias que precisan una gran cantidad de carbono a países no incluidos en el Anexo I y los impactos más amplios sobre los flujos de emisiones como respuesta a las fluctuaciones de los precios, pueden producir una fuga<sup>13</sup> de carbono de un 5 a 20 por ciento.

### **El desarrollo y la difusión de tecnología son componentes importantes para una estabilización económica.**

→ P7.9-12 & P7.23

**El desarrollo y la transferencia de tecnologías ambientalmente apropiadas pueden ser muy importantes para la reducción de los costos de la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero.** La transferencia de tecnologías entre países y regiones podría ampliar el abanico de opciones a nivel regional. Las economías de escala y aprendizaje podrán reducir el costo para la adopción de esas tecnologías. Con unas políticas económicas positivas, unos marcos normativos, y con transparencia y estabilidad política, los gobiernos pueden crear el entorno propicio para la transferencia de tecnología en los sectores público y privado. Es esencial una estructuración organizacional y humana apropiada en todas las etapas, para aumentar el flujo y mejorar la calidad de la transferencia de tecnología. Además, para una transferencia más eficaz de la tecnología es fundamental constituir una red entre las partes interesadas públicas y privadas, y centrarse en productos y técnicas con múltiples ventajas secundarias que se ajusten o adapten a las necesidades y prioridades locales de desarrollo.

→ P7.9-12 & P7.23

**Los escenarios con menores emisiones precisan unas pautas diferentes de desarrollo de recursos energéticos, y más investigación y desarrollo en energía para ayudarles en la aceleración del desarrollo e implementación de tecnologías energéticas avanzadas no afecten el medio ambiente.** Las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de combustibles fósiles han de tener realmente gran importancia primordial en la tendencia de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> durante el siglo XXI. Los datos sobre recursos evaluados en el TIE pueden implicar un cambio en la mezcla energética y la introducción de nuevas fuentes de energía durante el siglo XXI. La selección de esta combinación de energías y las inversiones y tecnologías asociadas—ya sea orientada a la explotación de recursos petrolíferos y de gases no convencionales, ya sea a fuentes de energía no fósiles o una tecnología energética basada en fósiles con captación y almacenamiento de carbono—determinará si se pueden estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero y a qué nivel y costo.

→ P7.27

### **La vía y el nivel de estabilización son los principales determinantes de los costos de mitigación.<sup>14</sup>**

→ P7.24-25

<sup>13</sup> La fuga de carbono se define como un aumento de emisiones en países que no forman parte del Anexo B debido a la aplicación de reducciones en países del Anexo B, expresado como un porcentaje de las reducciones en esos países.

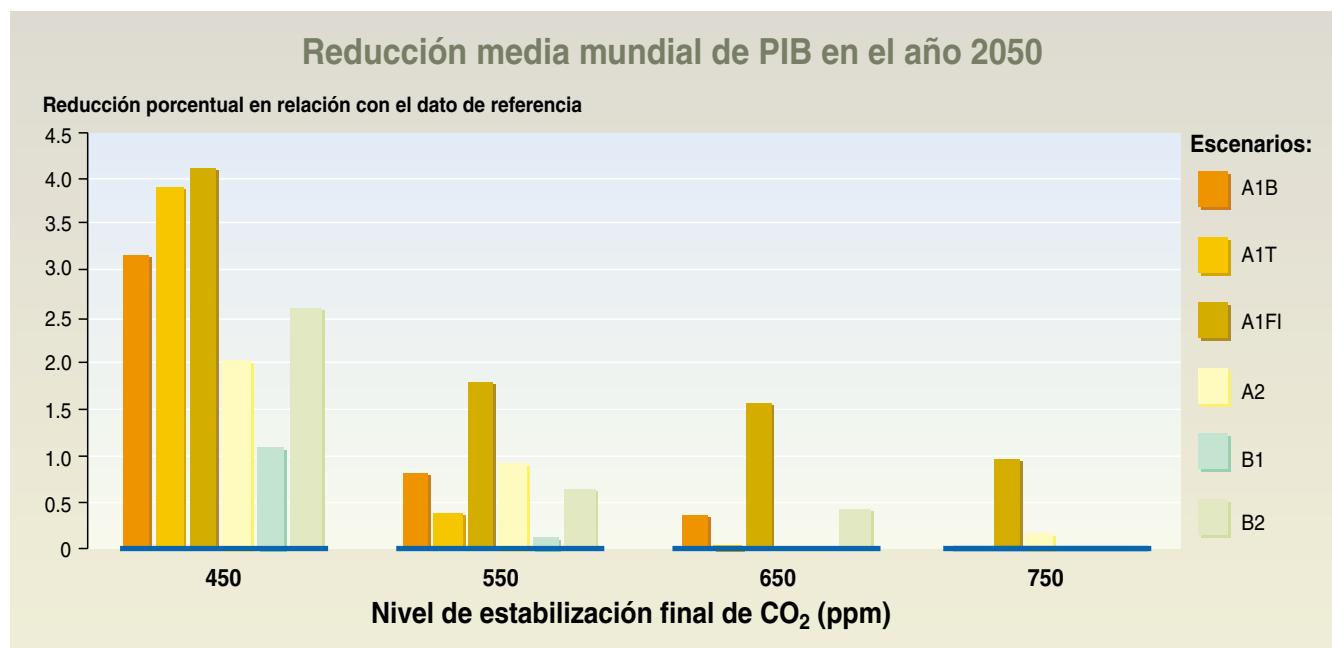
<sup>14</sup> Véase la Pregunta 6 para más información sobre los impactos del cambio climático.

**La vía que se elija para cumplimiento de un objetivo determinado de estabilización tendrá efectos en el costo de la mitigación (véase la Figura RRP–9).** Una transición gradual de los sistemas energéticos actuales hacia una economía con menos emisiones de carbono minimiza los costos derivados del retiro prematuro de capital existente y deja tiempo para el desarrollo tecnológico, y además evita “quedarse encerrado” con la adopción prematura de las primeras versiones de tecnologías con bajo nivel de emisiones, que se perfeccionen constantemente. En cambio, si se toman medidas más rápidas a corto plazo, ello podría dar más flexibilidad para avanzar hacia la estabilización, disminuir los riesgos humanos y ambientales, y los costos asociados con los cambios proyectados en el clima, así como estimular la aplicación más rápida de tecnologías existentes para reducir las emisiones y crear incentivos a muy corto plazo para facilitar futuros cambios de tecnologías.

→ P7.24

**Los estudios muestran que los costos de estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> aumentan a medida que disminuyen los niveles de concentración de la estabilización. Los diferentes escenarios de base pueden tener una gran influencia en los costos absolutos (véase la Figura RRP–9).** Cuando se pasa de un nivel de estabilización de la concentración de 750 a 550 ppm, el aumento es moderado, pero el aumento en los costos es mayor cuando se pasa de 550 a 450 ppm, a menos que las emisiones en los escenarios de base sean muy bajas. Aunque las proyecciones de las simulaciones indican que las vías de crecimiento del PIB a largo plazo no se ven muy afectadas por las medidas de mitigación para lograr la estabilización, tales proyecciones no muestran las variaciones mayores que tienen lugar en algunos períodos más breves, ni en sectores o regiones determinados. Estos estudios no incorporan el secuestro de carbono y no han examinado los posibles efectos de objetivos más ambiciosos en el cambio tecnológico inducido. Además, el problema de la incertidumbre tiene una importancia creciente a medida que se amplía el marco temporal.

→ P7.25



**Figura RRP–9: Relación indicativa en el año 2050 entre la reducción relativa del PIB causada por actividades de mitigación, los escenarios del IEEE y el nivel de estabilización.** La reducción del PIB tiende a aumentar con un mayor rigor en los niveles de estabilización, pero los costos son muy sensibles al escenario de referencia que se elija. Los costos de mitigación proyectados no tienen en cuenta los beneficios potenciales del cambio climático evitado (véase más información sobre este tema, al pie de la Figura 7–4).

→ P7.25

## Pregunta 8

**P8**

¿Qué se sabe sobre las interacciones entre los cambios climáticos proyectados inducidos por el hombre y otros problemas ambientales (como la contaminación del aire en las ciudades, el depósito de ácidos en algunas zonas, la pérdida de diversidad biológica, el agotamiento del ozono estratosférico, y la desertificación y degradación de las tierras)? ¿Qué se sabe sobre los costos y beneficios ambientales, sociales y económicos, así como sobre las implicaciones de estas interacciones para integrar las estrategias de respuesta al cambio climático de manera equitativa en las estrategias más generales de desarrollo sostenible a nivel mundial, regional y local?

**Los problemas ambientales locales, regionales y mundiales están vinculados inextricablemente y afectan al desarrollo sostenible. Por ende, existen oportunidades sinérgicas para desarrollar opciones más eficaces de respuesta a estos problemas ambientales, que permitan mejorar los beneficios, reducir los costos y atender las necesidades humanas de una manera más sostenible.**

→ P8.1-2

**En muchos casos, la satisfacción de las necesidades humanas causa una degradación del medio ambiente, lo que a su vez amenaza la capacidad para atender a las necesidades presentes y futuras.** Por ejemplo, se puede favorecer una mayor producción agrícola mediante una mayor utilización de fertilizantes nitrogenados, riegos y la transformación de praderas y bosques naturales en terrenos de cultivo. Sin embargo, estos cambios pueden afectar el clima de la Tierra debido a la emisión de gases de efecto invernadero, provocar la degradación de la tierra por la erosión y salinización de los terrenos, y contribuir a la pérdida de diversidad biológica y a la reducción del secuestro de carbono debido a la transformación y fragmentación de los sistemas ecológicos naturales. A su vez, la productividad agrícola se puede ver afectada de forma adversa por los cambios climáticos, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, por la pérdida de diversidad biológica y por cambios a nivel genético y de especies animales, así como por la degradación de tierras y la pérdida de fertilidad. Muchos de estos cambios pueden afectar de forma adversa la seguridad de los alimentos y tienen consecuencias mucho más graves para la población menos favorecida económicamente.

→ P8.3 & P8.15

**Los principales factores subyacentes al cambio climático antropogénico son parecidos a los que determinan la mayoría de las cuestiones ambientales y socioeconómicas: el crecimiento económico, los cambios tecnológicos generales, las pautas de estilos de vida, los cambios demográficos (tamaño del problema, estructura de edad y migración) y las estructuras de gobierno.** Estos factores pueden producir:

- El aumento de la demanda de recursos naturales y energía
- Imperfecciones en el mercado, incluyendo las subvenciones que conducen a un uso ineficiente de recursos y obstaculizan la penetración en el mercado de tecnologías ambientales racionales; la falta de reconocimiento del verdadero valor de los recursos naturales; la falta de conciencia del valor mundial de los recursos naturales a nivel local; y la no internalización de los costos de la degradación ambiental en el precio de mercado de un recurso
- La escasa disponibilidad y transferencia de tecnología, el uso ineficiente de las tecnologías y una inversión insuficiente en la investigación y el desarrollo de tecnologías futuras
- La gestión inadecuada del uso de recursos naturales y energía.

→ P8.4

**El cambio climático afecta cuestiones ambientales como la pérdida de diversidad biológica, la desertificación, el agotamiento del ozono estratosférico, la disponibilidad de agua dulce y la degradación de la calidad del aire y, a su vez, el cambio se ve afectado por muchos de estas cuestiones.** Por ejemplo, se proyecta que el cambio climático

→ P8.5-20

aumente la contaminación del aire a nivel local y regional y retrase la recuperación de la capa de ozono estratosférica. Además, el cambio climático también podría afectar la productividad y composición de los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos, con una posible pérdida de la diversidad genética y de especies; podría acelerar la velocidad de la degradación de las tierras; y podría aumentar los problemas relacionados con la cantidad y calidad de agua dulce en muchas zonas. A la inversa, la contaminación del aire a nivel regional y local, el agotamiento del ozono estratosférico, los cambios en los sistemas ecológicos y la degradación de las tierras podrían afectar al clima del planeta, al alterar las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, el equilibrio radioactivo de la atmósfera y el albedo de la superficie.

**Los vínculos entre las cuestiones ambientales locales, regionales y mundiales y su relación con la satisfacción de las necesidades humanas, ofrecen oportunidades para captar sinergias para elaborar opciones de respuesta y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, aunque también puede haber aspectos desfavorables.**

→ P8.21-25

Se pueden lograr múltiples objetivos ambientales y de desarrollo con la adopción de una amplia gama de tecnologías, políticas y medidas que reconozcan de forma explícita los vínculos inextricables entre los problemas ambientales y las necesidades humanas. Para abordar las necesidades de energía, y reducir al mismo tiempo de forma económica la contaminación del aire a nivel regional y local y el cambio climático a nivel mundial, se precisa una evaluación interdisciplinaria de las sinergias e incompatibilidades en la atención de las necesidades energéticas de la forma más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental. Se podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como de los contaminantes a nivel local y regional con un uso más eficiente de la energía y una mayor proporción de combustibles fósiles que emiten poco carbono, tecnologías avanzadas para la combustión de combustibles fósiles (por ejemplo, las muy eficientes turbinas de ciclos de gases combinados, células energéticas y combinaciones de calor y potencia) y tecnologías de energía renovable (como un aumento del uso de biocombustibles inocuos para el medio ambiente, la energía hidroeléctrica, la energía solar y la energía del mar y eólica). Además, se puede reducir el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero mejorando la absorción de carbono debido a la forestación, la reforestación, la reducción de la deforestación y una mejor gestión de bosques, praderas, humedales y terrenos de cultivo, lo que tendría un efecto beneficioso en la diversidad biológica, la producción de alimentos, y los recursos terrestres y acuáticos. La reducción de la vulnerabilidad ante los cambios climáticos puede a menudo contribuir a reducir la vulnerabilidad ante otros problemas ambientales, y viceversa. En algunos casos pueden surgir incompatibilidades. Por ejemplo, según la forma de operar, las plantaciones de monocultivos pueden hacer disminuir la diversidad biológica local.

**Se puede mejorar la capacidad de los países para adaptarse al cambio y mitigar sus efectos si las políticas climáticas se integran con las políticas de desarrollo nacional, incluidos los aspectos económicos, sociales y ambientales.** Las opciones para la mitigación y adaptación climática pueden tener unos beneficios secundarios que satisfagan necesidades humanas, mejoren el bienestar y traigan aparejados otros beneficios ambientales. Los países con recursos económicos limitados y bajos niveles de tecnología son a menudo muy vulnerables al cambio climático y a otros problemas ambientales.

→ P8.26-27

**Existe una gran interacción entre los problemas ambientales abordados por los acuerdos ambientales multilaterales, y es posible aprovechar las sinergias que surjan cuando se aplican.** Los problemas ambientales mundiales se tratan en una serie de convenios y acuerdos independientes, además de una serie de acuerdos regionales. Puede haber entre ellos asuntos de interés común y necesidades similares para la consecución de objetivos generales —por ejemplo, los planes de aplicación, la recopilación y procesamiento de datos, el fortalecimiento de infraestructuras y capacidad humana, y las obligaciones para la presentación de informes. Por ejemplo, aunque son diferentes, el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático están relacionados desde el punto de vista científico, porque muchos de los compuestos que causan el

→ P8.11 & P828

agotamiento de la capa de ozono son también importantes gases de efecto invernadero y porque algunos de los sustitutos de las sustancias ahora prohibidas que causan el agotamiento de la capa de ozono son gases de efecto invernadero.

## Pregunta 9

P9

¿Cuáles son las conclusiones más sólidas y las principales incertidumbres en relación con la atribución del cambio climático y con las proyecciones basadas en simulaciones sobre:

- Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Los cambios futuros en el clima mundial y regional?
- Los efectos mundiales y regionales del cambio climático?
- Los costos y beneficios de las opciones de mitigación y adaptación?

En este informe, se entiende por **conclusión sólida** relacionada con el cambio climático a la que resiste ante una serie de enfoques, métodos, simulaciones e hipótesis diversas, y relativamente poco afectada por incertidumbres. Por **incertidumbres clave** se entiende en este contexto aquellas que, si se reducen pueden producir conclusiones nuevas y sólidas en relación con las preguntas formuladas en este informe. En los ejemplos del Cuadro RRP-3, muchas de las conclusiones sólidas están relacionadas con la existencia de una respuesta climática frente a actividades humanas y el signo de dicha respuesta. Muchas de las incertidumbres clave tienen relación con la cuantificación de la magnitud y/o el tiempo de respuesta. Después de ocuparse de la atribución del cambio climático, el cuadro se ocupa en orden de las cuestiones ilustradas en la Figura RRP-1. La Figura RRP-10 muestra algunas de las principales conclusiones sólidas sobre el cambio climático. El Cuadro RRP-3 únicamente proporciona ejemplos y no se trata de una lista exhaustiva.

Se han hecho importantes progresos en el TIE en muchos aspectos de los conocimientos necesarios para entender el cambio climático y la respuesta humana ante este fenómeno. Sin embargo, existen unos temas importantes que precisan un mayor estudio, en particular:

- La detección y atribución del cambio climático
- El conocimiento y la predicción de los cambios climáticos a escala regional y de los fenómenos climáticos extremos
- La cuantificación de los impactos del cambio climático a nivel mundial, regional y local
- El análisis de las actividades de mitigación y adaptación
- La integración de todos los aspectos de la cuestión del cambio climático en estrategias para el desarrollo sostenible
- Unas investigaciones completas e integradas en apoyo de la definición lo que constituye exactamente una interferencia peligrosa antropogénica con el sistema climático'.

<b>Cuadro RRP-3</b> Conclusiones sólidas e incertidumbres clave. <sup>a</sup>		
<b>Conclusiones sólidas</b>		<b>Incertidumbres clave</b>
<p>Las observaciones muestran que la superficie de la Tierra se está calentando. A escala mundial, es muy probable que el decenio del 1990 fuera el más cálido desde que se dispone de registros instrumentales (Figura RRP-10b). [P9.8]</p> <p>Las concentraciones atmosféricas de los principales gases de efecto invernadero antropogénicos (<math>\text{CO}_2</math> (Figura RRP-10a), <math>\text{CH}_4</math>, <math>\text{N}_2\text{O}</math> y el <math>\text{O}_3</math> troposférico) han aumentado en gran medida desde el año 1750. [P9.10]</p> <p>Algunos gases de efecto invernadero perduran mucho tiempo (por ejemplo, el <math>\text{CO}_2</math>, el <math>\text{N}_2\text{O}</math> y los PFC). [P9.10]</p> <p>Gran parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se ha producido probablemente por un aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero debido a actividades humanas. [P9.8]</p>	<b>Cambio climático y atribución</b>	Magnitud y carácter de la variabilidad natural del clima. [P9.8] Forzamientos climáticos debidos a factores naturales y aerosoles antropogénicos (especialmente efectos indirectos). [P9.8] Relación de las tendencias regionales con los cambios climáticos antropogénicos. [P9.8 y P9.22]
<p>Es prácticamente seguro que el aumento de las concentraciones de <math>\text{CO}_2</math> en el siglo XXI se debe al consumo de combustibles fósiles (Figura RRP-10a). [P9.11]</p> <p>Para la estabilización de concentraciones atmosféricas de <math>\text{CO}_2</math> a 450, 650 y 1.000 ppm se necesitaría que las emisiones antropogénicas de <math>\text{CO}_2</math> descendieran por debajo de los niveles del año 1990, dentro de unos decenios, de un siglo y dentro de dos siglos respectivamente, y que continuaran descendiendo progresivamente después, hasta constituir una pequeña fracción de las emisiones actuales. Las emisiones alcanzarían su punto máximo dentro de 1 o 2 decenios (450 ppm), y dentro de aproximadamente un siglo (1.000 ppm), a partir desde ahora. [P9.30]</p> <p>Para la mayoría de los escenarios del IEEE, las emisiones de <math>\text{SO}_2</math> (precursor de los aerosoles de sulfatos) son menores en el año 2100 si se comparan con las del año 2000. [P9.10]</p>	<b>Emisiones futuras y concentraciones de los gases de efecto invernadero y aerosoles, basadas en simulaciones y proyecciones del IEEE y escenarios de estabilización</b>	Hipótesis que sustentan la amplia gama <sup>b</sup> de escenarios de emisiones del IEEE con respecto al crecimiento económico, el adelanto de la tecnología, el crecimiento de población y las estructuras de gobierno (lo que lleva a unas mayores incertidumbres en las proyecciones). Escenarios de emisiones inadecuados para el ozono y los precursores de los aerosoles. [P9.10] Factores en la simulación del ciclo de carbono, incluidas las reacciones a los efectos del clima <sup>b</sup> . [P9.10]
<p>La temperatura media mundial en la superficie durante el siglo XXI aumentará a niveles (muy probable) sin precedentes en los últimos 10.000 años (Figura RRP-10b). [P9.13]</p> <p>Es muy probable que la temperatura de casi toda la superficie terrestre aumente más que la media mundial, con más días calurosos y olas de calor y menos días fríos y olas de frío. [P9.13]</p> <p>La elevación del nivel del mar durante el siglo XXI continuará durante varios siglos más. [P9.15]</p> <p>Un ciclo hidrológico será más intenso. Es probable que en muchas zonas se registre un aumento de las precipitaciones medias mundiales, y que haya episodios de precipitaciones más intensas. [P9.14]</p> <p>Aumento del clima seco estival y del consiguiente riesgo de sequías en la mayor parte de las latitudes medias del interior continental. [Q9.14]</p>	<b>Cambios futuros en clima regional y mundial basados en simulaciones con escenarios del IEEE</b>	Hipótesis asociadas con una amplia gama <sup>c</sup> de escenarios del IEEE (véase supra). [P9.10] Factores asociados con las proyecciones basadas en simulaciones <sup>c</sup> , en particular la sensibilidad climática, el forzamiento climático, y los procesos de respuesta, especialmente los que incluyen el vapor de agua, las nubes, y los aerosoles (comprendidos los efectos indirectos de los aerosoles). [P9.16] Comprendión de la distribución de probabilidad asociada con las proyecciones sobre temperatura y nivel del mar. [P9.16] Mecanismos, cuantificación, escalas temporales y probabilidad asociada con cambios no lineales, repentinos y a gran escala (como la circulación oceánica termohalina). [P9.16] Capacidad de las simulaciones a escalas regionales (especialmente las relativas a las precipitaciones), con las consiguientes incoherencias en las proyecciones y dificultades en la cuantificación a escala regional y local. [P9.16]

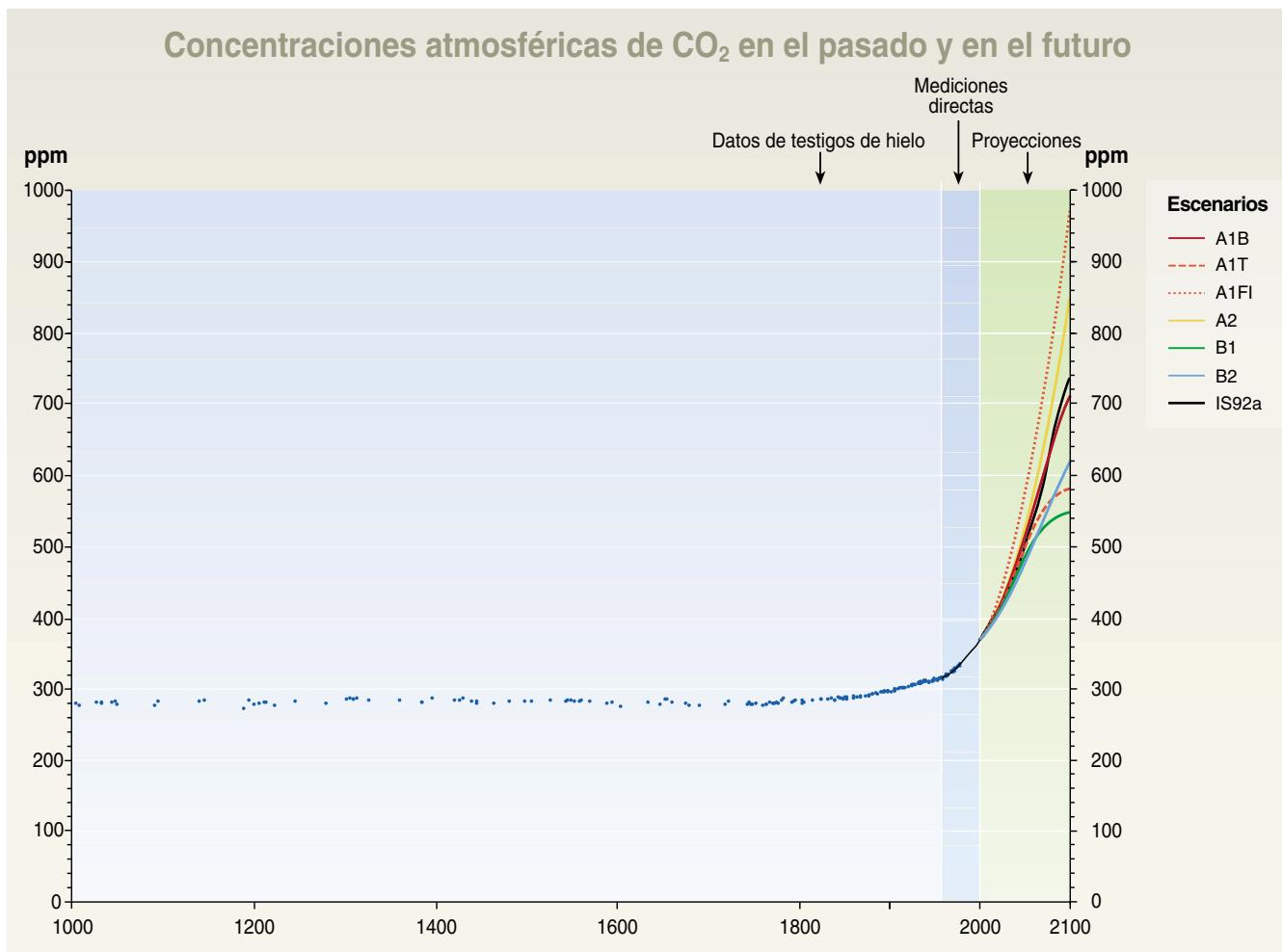


Cuadro RRP-3 Conclusiones sólidas e incertidumbres clave. <sup>a</sup> (continuación)		
Conclusiones sólidas		Incertidumbres clave
<p>El cambio climático proyectado ha de tener efectos beneficiosos y adversos en los sistemas ambientales y socioeconómicos, pero cuanto mayores sean los cambios y la velocidad de los cambios climáticos, más predominarán los efectos adversos. [P9.17]</p> <p>Se prevé que los impactos adversos del cambio climático afecten de forma desproporcionada a los países en desarrollo y las personas más pobres dentro de los países. [P9.20]</p> <p>Los ecosistemas y las especies son vulnerables a los cambios climáticos y a otros problemas (como lo muestran los impactos observados de los recientes cambios regionales de temperatura) y algunos sufrirán daños irreversibles o incluso desaparecerán. [P9.19]</p> <p>En algunas latitudes medias y altas, la productividad de las plantas (árboles y algunos cultivos agrícolas) aumentaría con un pequeño incremento de las temperaturas. Si el calentamiento supera unos pocos °C, la productividad de las plantas descendería en la mayor parte de las zonas del mundo. [P9.18]</p> <p>Muchos sistemas físicos son vulnerables al cambio climático (por ejemplo el impacto de mareas de tempestad costeras se verá exacerbado por la elevación del nivel del mar, y los glaciares y el permafrost continuarán su retirada). [P9.18]</p>	<p><b>Impactos regionales y mundiales de los cambios en el clima medio y los extremos</b></p>	<p>Fiabilidad de los detalles locales y regionales en las proyecciones sobre el cambio climático, especialmente en cuanto a extremos climáticos. [P9.22]</p> <p>Evaluación y predicción de respuestas de los sistemas ecológicos, sociales (por ejemplo, el impacto de las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua) y económicos ante los efectos combinados del cambio climático y otros problemas como cambios en el uso de las tierras, contaminación local, etc. [P9.22]</p> <p>Identificación, cuantificación y evaluación de los daños asociados con el cambio climático. [P9.16, P9.22, y P9.26]</p>
<p>Las medidas para la reducción de gases de efecto invernadero (mitigación) atenuarían las presiones sobre los sistemas naturales y humanos debidas al cambio climático. [P9.28]</p> <p>Los costos de la mitigación varían entre las diferentes regiones y sectores. Existen importantes oportunidades tecnológicas y de otro tipo para reducir dichos costos. Un comercio eficiente de los derechos de emisiones también reduce los costos para los que participan en dicho comercio. [P9.31 y P.35-36]</p> <p>Las restricciones sobre emisiones en países del Anexo I tienen efectos indirectos muy bien establecidos, aunque variados, en países que no forman parte del Anexo I. [P9.32]</p> <p>Las respuestas nacionales para la mitigación del cambio climático pueden ser más eficaces si adoptan la forma de una cartera de políticas para limitar o reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero. [P9.35]</p> <p>Las medidas de adaptación podrían reducir los impactos adversos del cambio climático y, a menudo, producir algunos efectos secundarios beneficiosos de inmediato, pero no evitará todos los daños. [P9.24]</p> <p>La adaptación puede servir de complemento a la mitigación en una estrategia económica para reducir los riesgos que conlleva el cambio climático y, juntas, pueden contribuir a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. [P9.40]</p> <p>La inercia en la interacción de los sistemas climático, ecológico y socioeconómico es una de las principales razones que explica las ventajas de las medidas preventivas de adaptación y mitigación. [P9.39]</p>	<p><b>Costos y beneficios de las opciones de mitigación y adaptación</b></p>	<p>Comprensión de las interacciones entre el cambio climático y otros problemas ambientales y las consecuencias socioeconómicas. [P9.40]</p> <p>Precio futuro de la energía, y costo y disponibilidad de tecnologías con un bajo nivel de emisiones. [P9.33-34]</p> <p>Identificación de medios para eliminar obstáculos que impidan la adopción de tecnologías con un bajo nivel de emisiones, y estimación de los costos para superarlos. [P9.35]</p> <p>Cuantificación de los costos de medidas de mitigación no planificadas e imprevistas, con efectos repentinos a corto plazo. [P9.38]</p> <p>Cuantificación de las estimaciones de los costos de la mitigación generadas por diferentes enfoques (por ejemplo enfoques de arriba abajo y de abajo arriba), incluidos los beneficios secundarios, los cambios de tecnología y los efectos en sectores y regiones. [P9.35]</p> <p>Cuantificación de los costos de la adaptación. [P9.25]</p>

<sup>a</sup> En este informe, se entiende por **conclusión sólida** relacionada con el cambio climático la que resiste ante una serie de enfoques, métodos, simulaciones e hipótesis diversas, y relativamente poco afectada por incertidumbres. Por **incertidumbres clave** se entiende en este contexto aquellas que, si se reducen, pueden producir conclusiones nuevas y sólidas en relación con las preguntas formuladas en este informe. Este cuadro únicamente proporciona ejemplos y no es una lista completa.

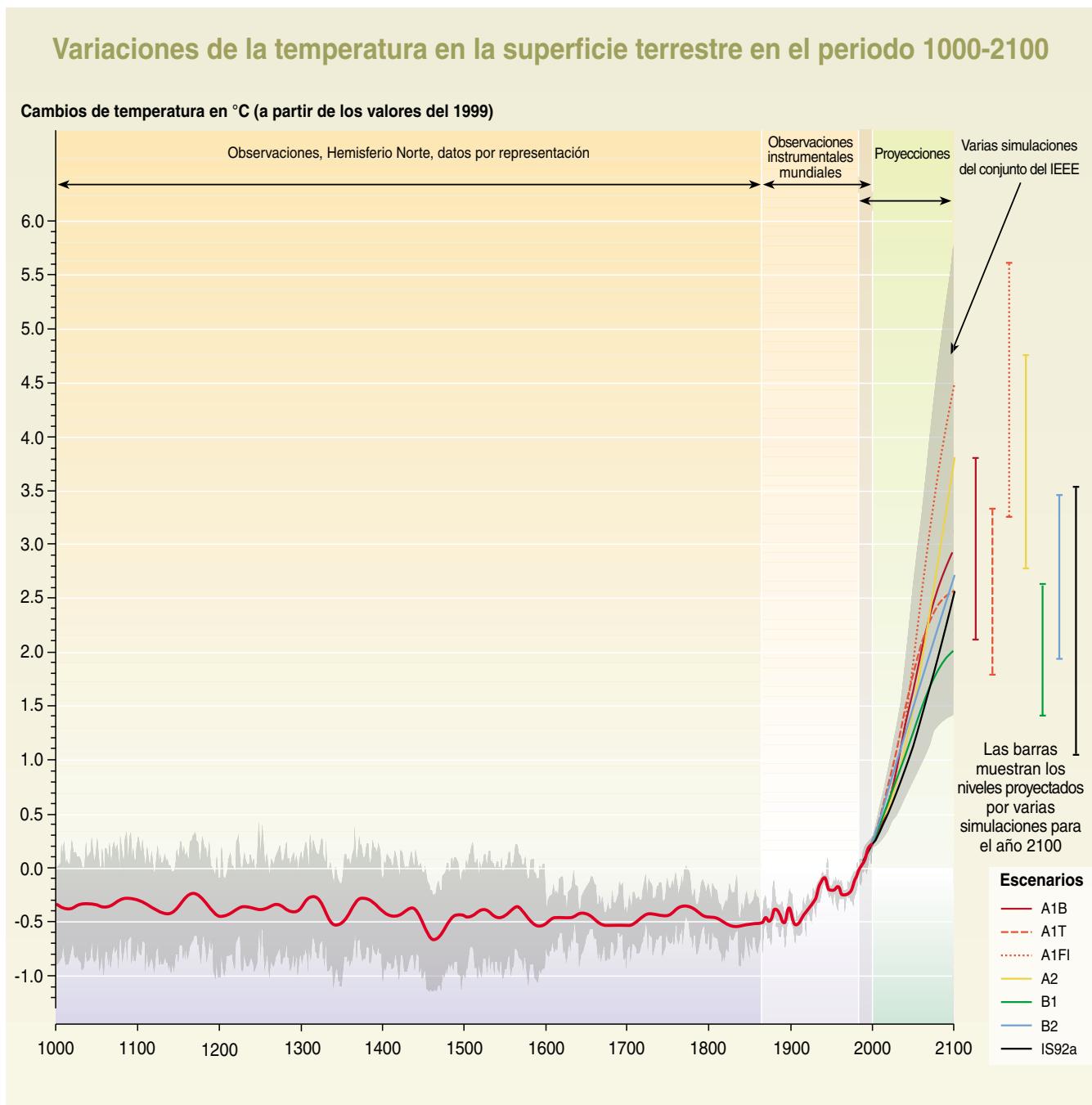
<sup>b</sup> La incorporación de estas incertidumbres nos da un nivel de concentraciones de CO<sub>2</sub> en el año 2100 de entre 490 y 1.260 ppm.

<sup>c</sup> La incorporación de estas incertidumbres nos da una gama de aumentos de la temperatura media de la superficie en el período 1990-2100 de 1,4-5,8°C (Figura RRP-10b) y una elevación media mundial del nivel del mar de 0,09-0,88 m.



**Figura RRP-10a: Concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> desde el año 1000 al 2000** a partir de datos de testigos de hielo y mediciones atmosféricas directas durante los últimos decenios. Las proyecciones sobre concentraciones de CO<sub>2</sub> durante el período 2000–2100 están basadas en los seis escenarios del IEEE y el IS92a (para compararlos con el SIE).

→ P9 Figura 9-1a



**Figura RRP–10b:** Se muestran las variaciones en la temperatura media de la superficie en el Hemisferio Norte durante el período 1000–1860 (no se dispone de los datos correspondientes para el Hemisferio Sur) extraídos a partir de datos por representación (anillos de los árboles, corales, testigos de hielo y registros históricos). La línea muestra una media en 50 años, el área gris, el límite de confianza del 95 por ciento en los datos anuales. Para el período 1860–2000 se muestran las observaciones de variaciones anuales y mundiales de la temperatura media de la superficie obtenidas del registro instrumental. La línea muestra la media por decenios. Para el período 2000–2100, se muestran las proyecciones de la temperatura media mundial de la superficie para los seis escenarios ilustrativos del IEEE y los del IS92a, estimadas mediante una simulación con sensibilidad climática media. El área gris marcada ‘Varias simulaciones del conjunto del IEEE’ muestra la gama de resultados de los 35 escenarios del IEEE además de aquellos obtenidos de una gama de simulaciones con diferentes sensibilidades climáticas. La escala de temperaturas se determina a partir del valor para 1990; la escala es diferente de la utilizada en la Figura RRP–2.

→ P9 Figura 9–1b

# Cambio climático 2001: Informe de síntesis

---

## Informe de síntesis

### Una Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

Este resumen, aprobado de forma detallada en la XVIII<sup>a</sup> Reunión Plenaria del IPCC (Wembley, Reino Unido, 24-25 de septiembre del año 2001), representa la declaración formalmente acordada del IPCC en lo que se refiere a las conclusiones e incertidumbres clave contenidas en las contribuciones de los Grupos de Trabajo al Tercer Informe de Evaluación.

---

Basado en un borrador preparado por:

#### ***El equipo de autores principales***

Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, y D. Zhou

#### ***Otros autores***

Q.K. Ahmad, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Fons Baede, Tariq Banuri, Leonard Bernstein, Daniel H. Bouille, Timothy Carter, Catrinus J. Jepma, Liu Chunzhen, John Church, Stewart Cohen, Paul Desanker, William Easterling, Chris Folland, Filippo Giorgi, Jonathan Gregory, Joanna Haigh, Hideo Harasawa, Bruce Hewitson, Jean-Charles Hourcade, Mike Hulme, Tom Karl, Pekka E. Kauppi, Rik Leemans, Anil Markandya, Luis Jose Mata, Bryant McAvaney, Anthony McMichael, Linda Mearns, Jerry Meehl, Gylvan Meira-Filho, Evan Mills, William R. Moomaw, Berrien Moore, Tsuneyuki Morita, M.J. Mwadowsya, Leonard Nurse, Martin Parry, Joyce Penner, Colin Prentice, Venkatachalam Ramaswamy, Sarah Raper, Jim Salinger, Michael Scott, Roger A. Sedjo, Priyadarshi R. Shukla, Barry Smit, Joel Smith, Leena Srivastava, Ron Stouffer, Kanako Tanaka, Ferenc L. Toth, Kevin Trenberth, Alla Tsyban, John P. Weyant, Tom Wilbanks, Francis Zwiers, y muchos autores del IPCC

#### ***Revisores***

Susan Barrell, Rick Bradley, Eduardo Calvo, Ian Carruthers, Oyvind Christophersen, Yuri Izrael, Eberhard Jochem, Fortunat Joos, Martin Manning, Bert Metz, Alionne Ndiaye, Burhani Nyenzi, Ramon Pichs-Madruga, Richard Odingo, Michel Petit, Jan Pretel, Armando Ramirez, Jose Romero, John Stone, R.T.M. Sutamihardja, David Warrill, Ding Yihui, y John Zillman



# P1

## Pregunta 1

¿Cómo puede contribuir el análisis científico, técnico y socioeconómico a la determinación de los factores que constituyen una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático, tal y como hace referencia el Artículo 2 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático?

### Convención Marco sobre el Cambio Climático, Artículo 2

“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico 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 antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

**1.1 Las ciencias naturales, técnicas y sociales pueden aportar la información y las pruebas esenciales para determinar qué es una “interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático”. Al mismo tiempo, dicha decisión constituye un juicio de valor determinado mediante procesos sociopolíticos, teniendo en cuenta factores como el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad, además de la incertidumbre y el riesgo.** Los datos científicos ayudan a reducir la incertidumbre y aumentar los conocimientos, y pueden servir como una aportación para la consideración de medidas de precaución.<sup>1</sup> Las decisiones se basan en evaluaciones sobre el riesgo, y conducen a los responsables de políticas a tomar decisiones de gestión de riesgos sobre las medidas y políticas.<sup>2</sup>



GTII TIE Sección 2.7 &  
GTIII TIE Capítulo 10

**1.2 Las bases para determinar lo que constituye una “interferencia antropogénica peligrosa” varían según las regiones, y dependen tanto de la naturaleza y las consecuencias locales de los impactos del cambio climático como de la capacidad de adaptación disponible para hacer frente a ese cambio climático. También dependen de la capacidad de mitigación, ya que tanto la magnitud como la velocidad del cambio son factores importantes.** Los tipos de respuesta a la adaptación que se seleccionen dependen de la eficacia de varias respuestas para la adaptación o mitigación para reducir las vulnerabilidades y mejorar la sostenibilidad de los sistemas que apoyan la vida. No hay un conjunto ideal de políticas que pueda aplicarse de forma universal. Es importante tener en cuenta la solidez de las diferentes medidas políticas frente a una serie de posibilidades futuras, y el grado en que dichas políticas climáticas específicas se pueden integrar con las políticas de desarrollo sostenible más generales.



GTII TIE Capítulo 18 &  
GTIII TIE Capítulo 10

**1.3 El Tercer Informe de Evaluación (TIE) proporciona una evaluación de nuevos datos y pruebas científicos que puedan ayudar a los responsables de la formulación de políticas que tienen que determinar lo que constituye una “interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático” en lo que se refiere a: 1) la magnitud y velocidad de los cambios en el sistema climático, 2) los impactos ecológicos y socioeconómicos del cambio climático, y 3) las posibilidades de lograr una amplia gama de niveles de concentración mediante la mitigación y la información sobre cómo la adaptación puede reducir la vulnerabilidad.**



GTI TIE, GTII TIE, &  
GTIII TIE

**1.4 En lo que se refiere a la magnitud y velocidad de los cambios en el sistema climático, el TIE proporciona proyecciones basadas en escenarios sobre las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero en la atmósfera, las pautas regionales y mundiales de cambios y la velocidad de dichos cambios en la temperatura, las precipitaciones, el nivel del mar, y los cambios en los fenómenos climáticos extremos.** También examina la posibilidad de cambios repentinos e irreversibles en la circulación de los océanos y en las principales capas de hielo.



GTI TIE

**1.5 EITIE estudia los impactos biofísicos y socioeconómicos del cambio climático.**

Expresa cinco motivos de preocupación:

- Riesgos a sistemas únicos y amenazados
- Riesgos asociados con fenómenos meteorológicos extremos
- Distribución de los impactos
- Impactos agregados
- Riesgo de fenómenos a gran escala y de gran impacto.



GTII TIE Capítulo 19

<sup>1</sup> Las condiciones que justifican las medidas preventivas se describen en el Artículo 3.3 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC).

<sup>2</sup> Los riesgos asociados con un fenómeno determinado se definen simplemente como la probabilidad de que ocurra ese fenómeno, multiplicado por la magnitud de sus consecuencias. Hay varios marcos de decisión que pueden facilitar la evaluación y gestión del riesgo. Estos son, entre otros, el análisis de costos y beneficios, el análisis de rentabilidad, el análisis de atributos múltiples y el de las ventanas tolerables. Dichas técnicas ayudan a diferenciar los niveles de riesgo asociados con posibles futuros, pero en todos los casos estos análisis se caracterizan por un elevado grado de incertidumbre.

En este punto es de gran importancia evaluar la probabilidad de valores de umbral críticos a partir de los cuales los sistemas humanos y naturales muestran cambios irreversibles, repentinos o a gran escala como respuesta ante un cambio climático. Como no hay un único indicador único (por ejemplo, una unidad monetaria) que capte la gama de riesgos que presenta el cambio climático, se precisan una serie de diversos enfoques y criterios analíticos para evaluar los impactos y para facilitar las decisiones sobre la gestión del riesgo.

- 1.6 **En lo que se refiere a las estrategias para abordar el cambio climático, el TIE ofrece una evaluación de las posibilidades de lograr niveles diferentes de concentraciones a través de medidas de mitigación e información sobre cómo la adaptación puede reducir la vulnerabilidad.** La causalidad funciona en ambos sentidos. A partir de diferentes escenarios de emisiones, que están conectados a vías de desarrollo subyacentes, resultan diferentes niveles de estabilización. A su vez, estas vías de desarrollo afectan en gran medida la capacidad de adaptación de cualquier región. De esta manera, las estrategias de adaptación y mitigación se conectan dinámicamente con los cambios en el sistema climático y con las perspectivas de adaptación del ecosistema, la producción de alimentos y el desarrollo económico sostenible.



GTII TIE Capítulo 18 &  
GTIII TIE Capítulo 2

- 1.7 Un enfoque integrado del cambio climático tiene en cuenta la dinámica del ciclo completo de causas y efectos interrelacionados en todos los sectores afectados. La Figura 1–1 muestra el ciclo, desde las fuerzas motoras subyacentes de población, economía, tecnología y gobierno, pasando por los gases de efecto invernadero y otras emisiones, los cambios en el sistema climático físico, los impactos en el sistema humano y biofísico, hasta la adaptación y la mitigación, para volver de nuevo a las fuerzas motoras. La figura presenta una visión esquemática de un marco ideal de “evaluación integrada”, en el que interactúan todos los componentes del problema del cambio climático. Los cambios en una parte del ciclo influencian los otros componentes de forma dinámica, a través de múltiples vías. El TIE proporciona información y pruebas de importancia política en lo que se refiere a todos los cuadrantes de la Figura 1–1. En particular, se ha aportado una nueva contribución en el cuadrante inferior derecho de la figura, con el estudio de vías alternativas de desarrollo y sus relaciones con las emisiones de gases de efecto invernadero, y con la realización de trabajos preliminares sobre los vínculos entre adaptación, mitigación, y vías de desarrollo. Sin embargo, el TIE no ofrece una evaluación totalmente integrada sobre el cambio climático ya que nuestros conocimientos de dicho problema son todavía incompletos.



GTII TIE Capítulos 1 &  
19, GTIII TIE Capítulo 2,  
& IEEE

- 1.8 **La adopción de decisiones sobre el cambio climático es esencialmente un proceso secuencial que se desarrolla en el marco de incertidumbre general.** En ese proceso se debe trabajar en condiciones de incertidumbre, que incluye los riesgos de cambios irreversibles y/o no lineales, sopesar los riesgos medidas excesivas o insuficientes, y considerar en detalle las consecuencias (ambientales y económicas), su probabilidad y la actitud de la sociedad frente a dichos riesgos. Es posible que dicha actitud varíe de un país a otro y de una generación a otra. La pregunta clave es ¿cuál es la mejor vía a corto plazo si tenemos en cuenta el cambio climático proyectado a largo plazo y las incertidumbres que lo acompañan?

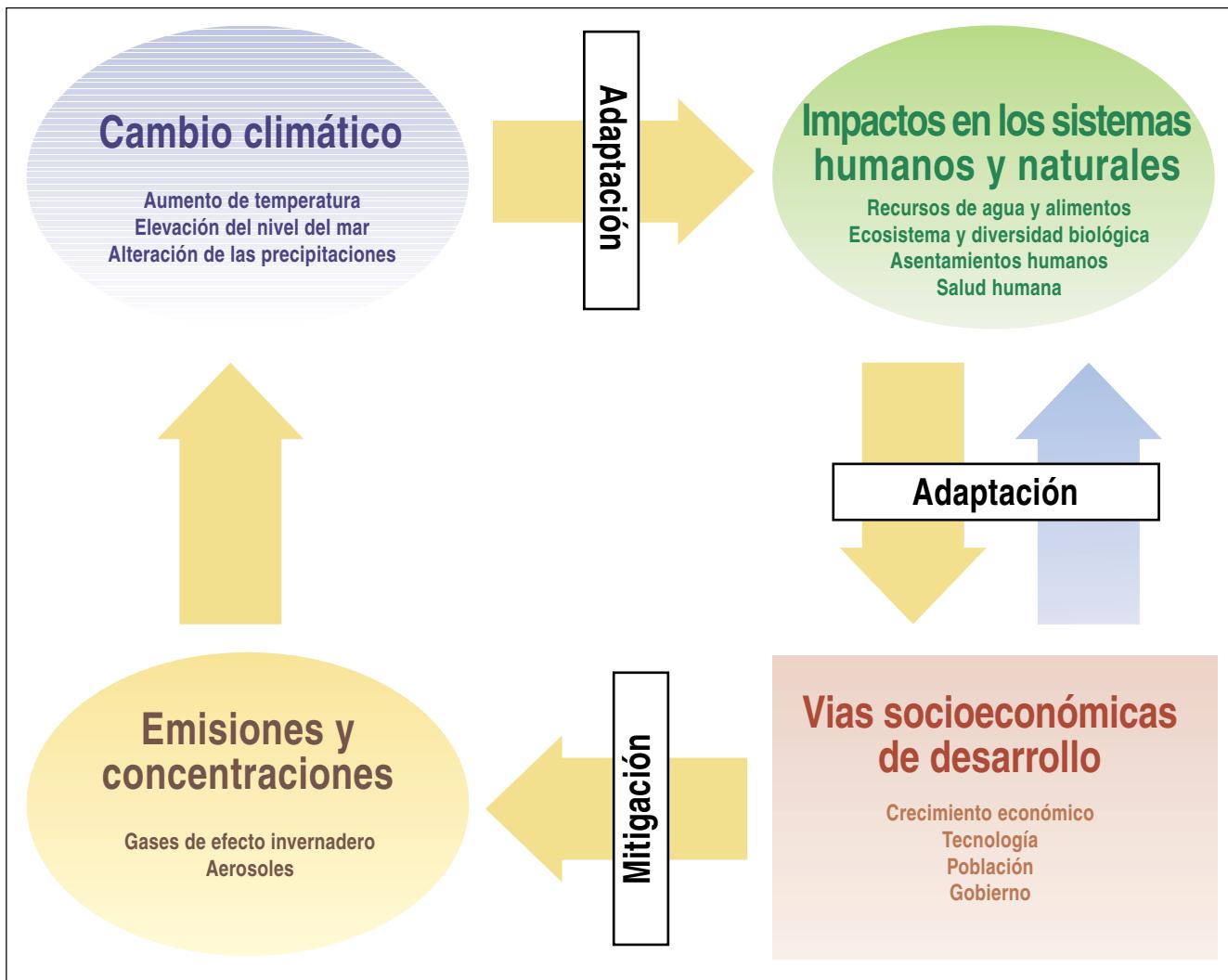


GTI TIE, GTII TIE, & GTIII  
TIE Sección 10.1.4

- 1.9 **Los impactos del cambio climático forman parte de la cuestión más general de la interacción de los complejos subsistemas sociales, económicos y ambientales, y su influencia en las perspectivas de un desarrollo sostenible.** Existen múltiples vínculos. El desarrollo económico afecta al equilibrio del ecosistema y, a su vez, se ve afectado por el estado del ecosistema; la pobreza puede ser resultado y causa de la degradación ambiental; es probable que los estilos de vida basados en una utilización intensa de energía y materiales, y en niveles constantemente elevados de consumo, apoyados por recursos no renovables y un rápido crecimiento demográfico no sean compatibles con las vías de desarrollo sostenible; y las desigualdades socioeconómicas extremas dentro de una comunidad determinada y también entre distintas naciones pueden



GTII TIE



**Figura 1–1: Cambio climático—un marco integrado.** Representación esquemática y simplificada de un marco de evaluación integrado para la consideración de los cambios climáticos antropogénicos. Las flechas amarillas indican el ciclo de causa a efecto entre los cuatro cuadrantes mostrados en la figura, y la flecha azul indica la respuesta de la sociedad ante los impactos del cambio climático. Para los países desarrollados y los países en desarrollo, cada vía de desarrollo socioeconómico investigada en el Informe Especial del IPCC muestra fuerzas impulsoras que dan lugar a emisiones de gases de efecto invernadero, aerosoles, y sus precursores—siendo el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) el más importante de ellos. Las emisiones de gases de efecto invernadero se acumulan en la atmósfera, cambiando las concentraciones y perturbando el equilibrio natural con arreglo a procesos físicos tales como la radiación solar, la formación de nubes y las precipitaciones. Los aerosoles también agravan la contaminación de la atmósfera (produciendo, por ejemplo, la lluvia ácida) que daña los sistemas naturales y humanos (no se muestra). El mayor efecto invernadero inicia cambios climáticos que se prolongarán en el futuro y tendrá efectos asociados sobre los sistemas naturales y humanos. Existe la posibilidad de algún tipo de reacción entre los cambios en estos sistemas y el clima (no se muestra)—por ejemplo, los impactos sobre el albedo producidos por el cambio en el uso de las tierras—y otras interacciones, tal vez más importantes, entre dichos sistemas y las emisiones atmosféricas, por ejemplo los efectos de los cambios en el uso de las tierras (tampoco se muestra). Estos cambios han de tener en definitiva efectos sobre las vías de desarrollo socioeconómico. Las vías de desarrollo tienen también efectos directos sobre los sistemas naturales (que se muestran por la flecha en sentido contrario a las agujas del reloj desde el recuadro de desarrollo), tales como los cambios en los usos de las tierras que conducen a la deforestación. Esta figura indica que existen diferentes dimensiones del problema del cambio climático, en un ciclo dinámico caracterizado por unos intervalos temporales importantes. Las emisiones y los efectos, por ejemplo, están vinculados, de forma compleja, con las vías de desarrollo socioeconómico y tecnológico. Una importante contribución del TIE ha sido la consideración de forma explícita de los aspectos que figuran en el ángulo inferior derecho (que se muestra como un rectángulo), mediante un examen de las relaciones existentes entre las emisiones de gases de efecto invernadero y las vías de desarrollo (véase el IEIE), y una evaluación de los trabajos preliminares sobre los nexos entre adaptación, mitigación, y vías de desarrollo (GTII y GTIII). Sin embargo, el TIE no hace una evaluación totalmente integrada del cambio climático, ya que no todos los componentes del ciclo se pueden vincular de forma dinámica. La adaptación y la mitigación aparecen como factores que modifican los efectos que se ilustran en la figura.

debilitar la cohesión social que podría posibilitar la sostenibilidad y hacer más eficaces las respuestas de política. Al mismo tiempo, las decisiones sobre políticas socioeconómicas y tecnológicas adoptadas por motivos ajenos al clima tienen importantes implicaciones en las políticas climáticas y en los impactos sobre el cambio climático, así como otros problemas ambientales (véase la Pregunta 8). Además, los umbrales críticos de los impactos y la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático tienen una relación directa con las condiciones ambientales, sociales y económicas, y con la capacidad institucional.

- 1.10 **Como resultado de esto, las políticas climáticas pueden ser más eficaces cuando se integran en estrategias más amplias diseñadas para hacer más concebidas las vías de desarrollo nacional y regional.** Esto sucede porque los impactos de la variabilidad y los cambios naturales del clima, las respuestas de las política al problema, y el desarrollo socioeconómico asociado afectan a la capacidad de los países para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, y la persecución de estos objetivos tendrá un efecto en las posibilidades y resultados de las políticas climáticas. En particular, las características socioeconómicas y tecnológicas de las diferentes vías de desarrollo van a afectar en gran medida las emisiones, la rapidez y magnitud del cambio climático, sus impactos, la capacidad para adaptarse y la capacidad para mitigar sus consecuencias. El Informe Especial del IPCC: Escenarios de Emisiones (IEEE, véase el Recuadro 3–1) esboza una serie de situaciones futuras plausibles con diferentes características. Cada una de ellas tiene distintas implicaciones en el clima futuro y en las políticas climáticas.
- 1.11 **El TIE evalúa la información disponible sobre el tiempo, las oportunidades, los costos, beneficios e impactos de varias opciones de mitigación y adaptación.** Indica que existen oportunidades para que los países que actúen de forma independiente, y en cooperación entre ellos, para reducir los costos de mitigación y adaptación, y asegurar los beneficios asociados con el desarrollo sostenible.





# P2

## Pregunta 2

¿Cuáles son las pruebas, causas y consecuencias de los cambios en el clima terrestre desde la época preindustrial?

- (a) ¿Ha cambiado el clima de la Tierra desde la época preindustrial a escala regional y/o mundial? Si ha sido así, ¿qué parte puede atribuirse a la actividad humana y qué parte a los fenómenos naturales? ¿En qué nos basamos para definir esta atribución de responsabilidad?
- (b) ¿Qué se conoce sobre las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los cambios climáticos desde la época preindustrial, y especialmente en los últimos 50 años?

- 2.1 Esta respuesta se centra en los patrones de medida clásica del clima (temperatura, precipitación, niveles del mar y fenómenos extremos tales como inundaciones, sequías y tormentas), en otros componentes del sistema climático terrestre (por ejemplo, los gases de efecto invernadero, los aerosoles y los sistemas ecológicos), y en la salud humana y los sectores socioeconómicos. El cambio climático, tal y como se define por el IPCC, se refiere a importantes variaciones estadísticas que persisten durante un período prolongado, normalmente de decenios o incluso más. Incluye desplazamientos en la frecuencia y magnitud de fenómenos meteorológicos esporádicos, además del aumento continuo y lento en la temperatura media de la superficie de la Tierra. Por lo tanto, aquí nos ocupamos de las variaciones climáticas y meteorológicas en todas las escalas temporales y espaciales, lo que abarca las fuertes tormentas breves y repentinas, los fenómenos estacionales como los producidos por El Niño, hasta las sequías que duran decenios, y los cambios de temperaturas y la variación de las capas de hielo que se han producido a lo largo de siglos. Aunque la mayor parte de las variaciones climáticas a corto plazo se consideran naturales en la actualidad, esta pregunta aborda sus impactos porque representan un tipo de cambio que puede ser más duradero en el clima futuro, debido a la acción perturbadora de la actividad humana (véase la Pregunta 4). La atribución se define como el proceso que permite identificar, con un determinado nivel de confianza, las causas más probables del cambio detectado. Nos ocupamos tanto del cambio climático atribuible al hombre, como del cambio climático que pueda ser causado actualmente por factores naturales, pero que puede verse modificado por influencia humana en el futuro (véase el Recuadro 3–1).
- 2.2 **El sistema climático terrestre ha cambiado de manera importante a escala nacional y mundial desde la época preindustrial, y algunos de estos cambios se pueden atribuir a actividades humanas.**
- 2.3 **Las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles debidas a actividades humanas siguen alterando la atmósfera de maneras que se proyecta que, según se prevé, afecten al clima (véase el Cuadro 2–1).**
- 2.4 **Las concentraciones de gases de efecto invernadero, en la atmósfera y su forzamiento radiactivo total, han aumentado generalmente a lo largo del siglo XX como resultado de las actividades humanas.** Casi todos los gases de efecto invernadero alcanzaron niveles sin precedentes durante el decenio de 1990 y continúan aumentando (véase la Figura 2–1). El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ) atmosféricos han variado en gran medida durante los ciclos glaciar e interglaciar de los últimos 420.000 años, pero incluso las máximas de estos primeros valores registrados eran mucho menores que las concentraciones atmosféricas que se observan en estos momentos. En términos del forzamiento radiactivo causado por los gases de efecto invernadero emitidos por actividades humanas, el  $\text{CO}_2$  es el más importante de todos y el  $\text{CH}_4$  el segundo. De 1750 al 2000, la concentración del  $\text{CO}_2$  aumentó en un  $31\pm4$  por ciento, y la del  $\text{CH}_4$  en un  $151\pm25$  por ciento (véase el Recuadro 2–1 y Figura 2–1). Estas tasas de aumento no tienen precedentes. La combustión de combustibles tradujo durante el decenio de 1980 una media de emisiones de  $5,4 \text{ Gt C año}^{-1}$ , cifra que se aumentó a  $6,3 \text{ Gt C año}^{-1}$  durante el decenio de 1990. Cerca de tres cuartos partes del aumento del  $\text{CO}_2$  atmosférico durante el decenio de 1990 se debieron a la combustión de combustibles fósiles, y el resto puede atribuirse cambios en el uso de las tierras, incluida la deforestación. Durante el siglo XIX y la mayor parte del XX, la biosfera terrestre era una fuente neta de  $\text{CO}_2$  atmosférico, pero se convirtió en un sumidero neto antes de finales del siglo XX. Se puede determinar un aumento del  $\text{CH}_4$  con emisiones procedentes de usos de energía, ganadería, el cultivo del arroz y los vertederos. El aumento en las concentraciones de otros gases de efecto invernadero—particularmente el ozono estratosférico ( $\text{O}_3$ ), tercero en orden de importancia—se puede atribuir directamente a la combustión de combustibles fósiles, además de otras emisiones agrícolas e industriales.



GTI TIE Capítulos 3 & 4,  
& IEAAM

Recuadro 2-1	Indicaciones sobre confianza y probabilidad.
Cada vez que procede, los autores del Tercer Informe de Evaluación han asignado niveles de confianza que representan su juicio colectivo sobre la validez de una conclusión basada en las pruebas observadas, los resultados de simulaciones, y los conocimientos teóricos examinados. En el texto del Informe de síntesis al TIE en relación con las conclusiones del GTI se han empleado las siguientes expresiones: <i>prácticamente cierto</i> (más de un 99 por ciento de posibilidad que el resultado sea verdadero); <i>muy probable</i> (90-99 por ciento de posibilidad); <i>probable</i> (66-90 por ciento de posibilidad); <i>medianamente probable</i> (33-66 por ciento de posibilidad); <i>improbable</i> (10-33 por ciento de posibilidad); <i>muy improbable</i> (1-10 por ciento de posibilidad); y <i>excepcionalmente improbable</i> (menos del 1 por ciento de posibilidad). Una gama explícita de incertidumbre ( $\pm$ ) es una gama <i>probable</i> . Las estimaciones de confianza relacionadas con las conclusiones del GTII son: <i>muy alta</i> (95 por ciento o mayor), <i>alta</i> (67-95 por ciento), <i>media</i> (33-67 por ciento), <i>baja</i> (5-33 por ciento), y <i>muy baja</i> (5 por ciento o menos). No se han asignado niveles de confianza en el GTIII.	



<b>Cuadro 2-1</b> Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX. <sup>a</sup>	
<i>Indicador</i>	<i>Cambios observados</i>
<i>Indicadores de concentración</i>	
Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub>	288 ppm durante el período 1000-1750 a 368 ppm en el año 2000 ( $31 \pm 4$ por ciento de aumento). [TIE GTI Capítulo 3]
Intercambio en la biosfera terrestre de CO <sub>2</sub>	Fuente acumulada de unas 30 Gt C entre los años 1800 y 2000, pero sumidero neto de unos $14 \pm 7$ Gt C durante el decenio de 1990. [TIE GTI Capítulo 3 & SRLULUCF]
Concentración atmosférica de CH <sub>4</sub>	700 ppb durante el período 1000-1750 a 1.750 ppb en el año 2000 (aumento del $151 \pm 25$ por ciento). [TIE GTI Capítulo 4]
Concentración atmosférica de N <sub>2</sub> O	270 ppb durante el período 1000-1750 a 316 ppb en el año 2000 (aumento del $17 \pm 5$ por ciento). [TIE GTI Capítulo 4]
Concentración troposférica de O <sub>3</sub>	Aumento del $35 \pm 15$ por ciento entre los años 1750- 2000, con variaciones según las regiones. [TIE GTI Capítulo 4]
Concentración estratosférica del O <sub>3</sub>	Disminución en los años 1970-2000, con variaciones según la altitud y latitud. [TIE GTI Capítulos 4 y 6]
Concentraciones atmosféricas de HFC, PFC, y SF <sub>6</sub>	Aumento en todo el mundo durante los últimos 50 años. [TIE GTI Capítulo 4]
<i>Indicadores meteorológicos</i>	
Temperatura media mundial de la superficie	Aumento en el $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$ en el siglo XX; la superficie de la Tierra se ha calentado más que los océanos ( <i>muy probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.2.2.3]
Temperatura en la superficie del Hemisferio Norte	Aumento durante el siglo XX más que en otro siglo de los últimos 1.000 años; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio ( <i>probable</i> ). [TIE GTI Capítulo 2 ES y Sección 2.2.2.1]
Temperatura diurna de la superficie	Disminución en el período 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas ( <i>probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.2.2.1]
Días calurosos/índice de calor	Aumento ( <i>probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.7.2.1]
Días de frío/heladas	Disminución en casi todos las zonas terrestres durante el siglo XX ( <i>muy probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.7.2.1]
Precipitaciones continentales	Aumento en un 5-10 por ciento en el siglo XX en el Hemisferio Norte ( <i>muy probable</i> ), aunque han disminuido en algunas regiones (como en África del Norte y occidental y partes del Mediterráneo). [TIE GTI Capítulo 2 ES y Sección 2.5.2]
Precipitaciones fuertes	Aumento en latitudes medias y altas en el Norte ( <i>probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.7.2.2]
Frecuencia e intensidad de las sequías	Aumento del clima seco estival y las consiguientes sequías en algunas zonas ( <i>probable</i> ). En algunas regiones, como en partes de Asia y África, parecen haberse acentuado la frecuencia e intensidad de las sequías en los últimos decenios. [TIE GTII Secciones 10.11.3 y 11.1.1]



<b>Cuadro 2-1</b> Cambios en el sistema biofísico, atmosférico y clima terrestre durante el siglo XX. <sup>a</sup> (continuación)	
<i>Indicadores</i>	<i>Cambios observados</i>
<i>Indicadores físicos y biológicos</i>	
Media mundial del nivel del mar	Aumento a una velocidad media anual de 1 a 2 mm durante el siglo XX. [TIE GTI Capítulo 11]
Duración de las capas de hielo en ríos y lagos	Disminución de unas 2 semanas en el siglo XX, en las latitudes medias y altas del Hemisferio Norte ( <i>muy probable</i> ). [TIE GTI, Capítulo 2 ES y Sección 2.2.5.5, y TIE GTII Secciones 5.7 y 16.1.3.1]
Extensión y espesor del hielo marino en el Ártico	Disminución en un 40 por ciento en los últimos decenios desde finales del verano a principios del otoño (probable) y disminución de su extensión en un 10-15 por ciento desde el decenio de 1950, en primavera y verano. [TIE GTI, Sección 2.2.5.2 y TIE GTII Sección 16.1.3.1]
Glaciares no polares	Retiro generalizado durante el siglo XX. [TIE GTI Sección 2.2.5.4 y TIE GTII Sección 4.3.11]
Capa de nieve	Disminución de su extensión en un 10 por ciento desde que se registran observaciones por satélite en los años 1960 ( <i>muy probable</i> ). [TIE GTI Sección 2.2.5.1]
Permafrost	Fusión, calentamiento y degradación en las zonas polares, subpolares y regiones montañosas. [TIE GTI Secciones 2.2.5.3 y 11.2.5, y TIE GTII Sección 16.1.3.1]
Fenómenos asociados con El Niño	Mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20-30 años, en relación con los últimos 100 años. [TIE GTI Sección 7.6.5]
Época de crecimiento	Aumento de 1 a 4 días por decenio durante los últimos 40 años en el Hemisferio Norte, especialmente en las latitudes altas. [TIE GTII Sección 5.2.1]
Área de distribución de plantas y animales	Desplazamiento de plantas, insectos, pájaros y peces hacia los polos o hacia altitudes más altas. [TIE GTII Secciones 5.2, 5.4, 5.9, y 16.1.3.1]
Cría, floración y migración	Adelanto de la floración, la llegada de las primeras aves, la época de cría y la aparición de los insectos en el Hemisferio Norte. [TIE GTII Secciones 5.2.1 y 5.4.3]
Decoloración de arrecifes de coral	Aumento de la frecuencia, especialmente durante los fenómenos asociados con El Niño. [TIE GTII Sección 6.3.8]
<i>Indicadores Económicos</i>	
Pérdidas económicas relacionadas con fenómenos meteorológicos	Aumento de las pérdidas mundiales, ajustadas a la inflación, en un orden de magnitud durante los últimos 40 años (véase la Figura 2-7 en P2). Una parte de la tendencia ascendente está vinculada a factores socioeconómicos, y otra parte, a factores climáticos. [TIE GTII Secciones 8.2.1 y 8.2.2]

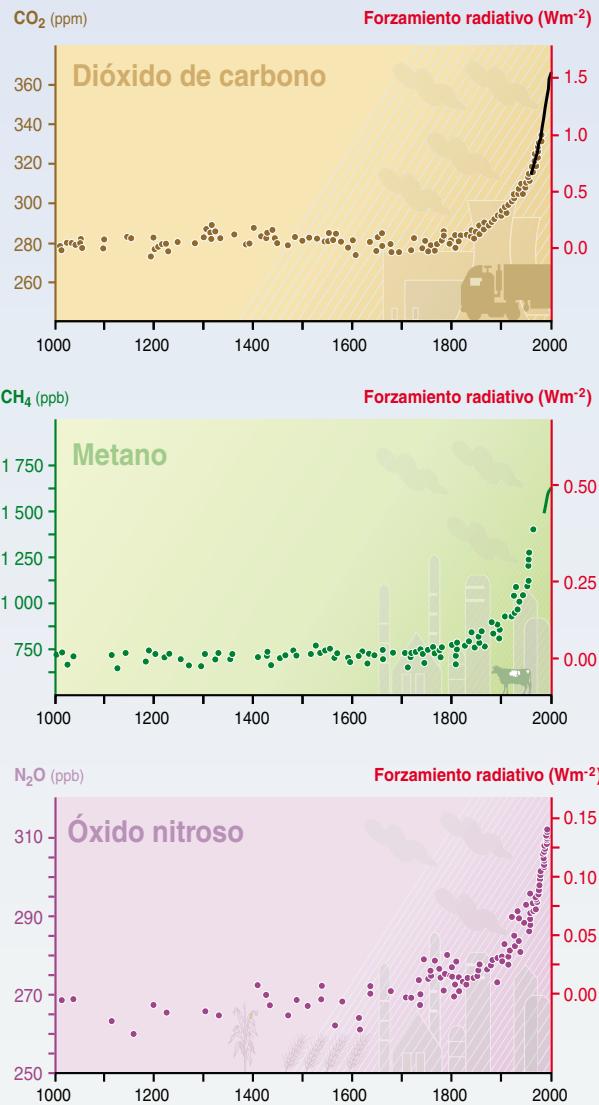
<sup>a</sup> Este cuadro sólo proporciona ejemplos de cambios fundamentales observados, y no es una lista exhaustiva. Incluye cambios atribuidos a los cambios climáticos antropogénicos y cambios que pueden haber sido causados por variaciones naturales o por cambios antropogénicos. Se indican los niveles de confianza cuando el Grupo de Trabajo correspondiente los evalúan de forma explícita.

2.5 **El forzamiento radiactivo proveniente del aumento de los gases de efecto invernadero antropogénicos desde la época preindustrial es positivo (calentamiento), aunque con una pequeña gama de incertidumbre, el de los efectos directos de los aerosoles es negativo (enfriamiento) y más reducido, y el forzamiento negativo procedente de los efectos indirectos de los aerosoles (en las nubes y en el ciclo hidrológico) puede ser elevado, pero aún no se ha cuantificado bien.** Los factores clave antropogénicos y naturales causantes del cambio en el forzamiento radiactivo desde 1750 a 2000 aparecen en la Figura 2-2, donde los factores con forzamiento radiactivo cuantificable se muestran con barras anchas y de color. Sólo se estiman algunos de los efectos de los aerosoles, que se indican como gamas. También se muestran otros factores —además de los componentes atmosféricos— entre ellos la irradiación solar y el cambio en el uso de las tierras. Los aerosoles estratosféricos provenientes de grandes erupciones volcánicas (particularmente durante los años 1880–1920 y 1960–1994) han llevado a forzamientos negativos significativos, aunque de corta vida, que no aparecen, por no ser muy importantes si se considera todo el período desde la época preindustrial. La suma de los factores cuantificados en la Figura 2-2 (gases de

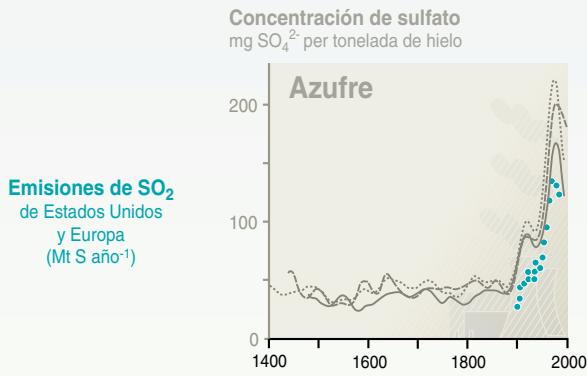


## Indicadores de la influencia del hombre sobre la atmósfera durante la época industrial

### Concentraciones atmosféricas mundiales de tres gases de efecto invernadero bien mezclados



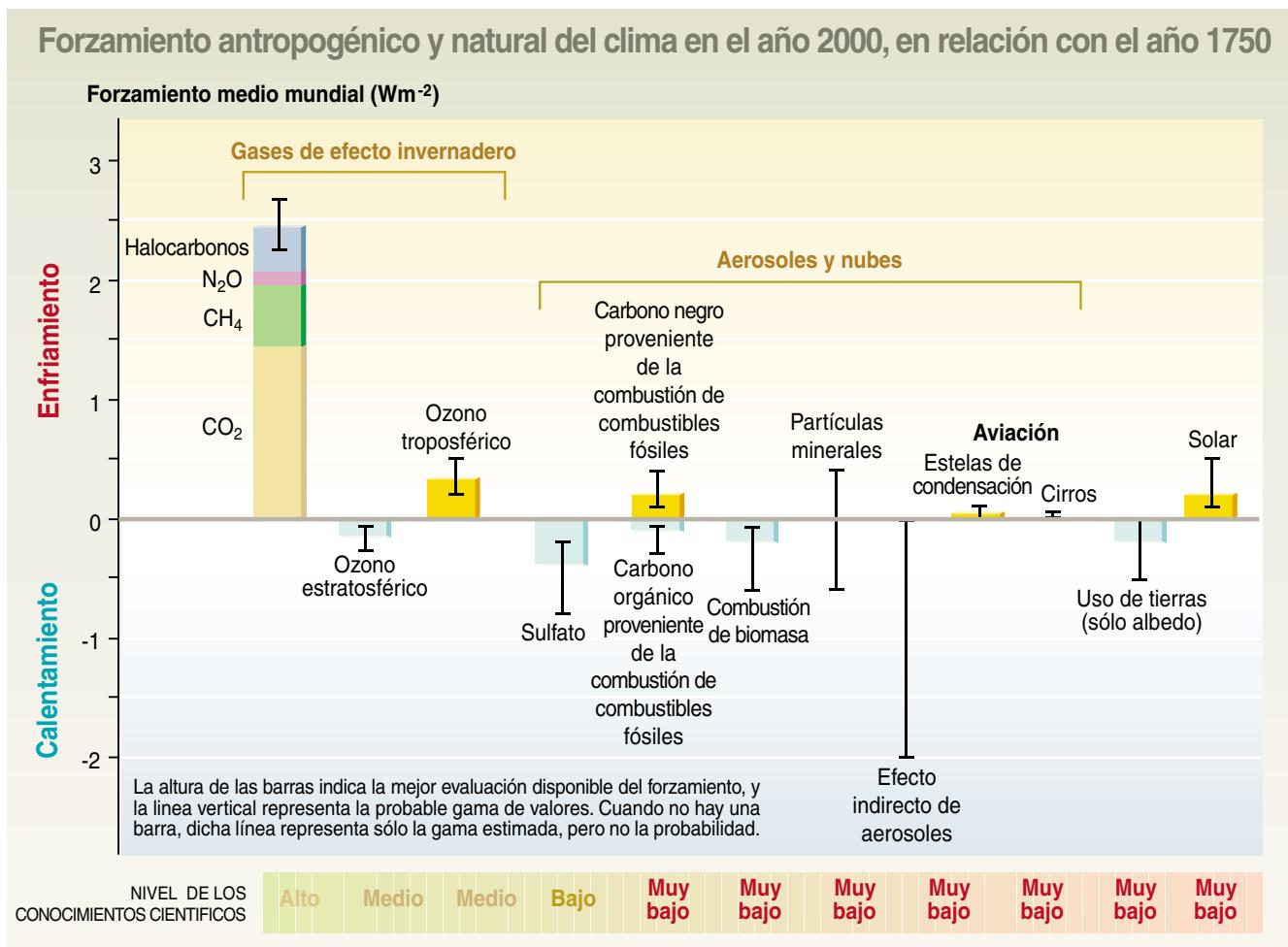
### Aerosoles de sulfato depositados en el hielo de Groenlandia



TIE GTI Figuras RRP-2,  
3-2b, 4-1a, 4-1b, y 5-4a

**Figura 2-1: Los registros de cambios ocurridos en la composición atmosférica durante el último milenio indican un rápido aumento de gases de efecto invernadero y de aerosoles de sulfato, que se puede atribuir principalmente al crecimiento industrial desde el 1750.** Los tres paneles superiores muestran las crecientes concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) durante los últimos 1.000 años. Los primeros datos esporádicos tomados del aire atrapado en el hielo (símbolos) coinciden con las observaciones atmosféricas continuas en los últimos decenios (líneas continuas). Estos gases se encuentran bien mezclados en la atmósfera, y sus concentraciones reflejan las emisiones de fuentes en todo el planeta. La estimación del forzamiento radiativo positivo de estos gases se indica en la escala situada en la parte derecha. El panel inferior muestra la concentración de sulfatos en testigos de hielo tomados de Groenlandia (que se muestra con líneas correspondientes a tres testigos diferentes) de los que se han suprimido los efectos episódicos de erupciones volcánicas. Los aerosoles de sulfato provenientes de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) se depositan en la superficie, y no se mezclan bien en la atmósfera. Específicamente, el aumento de sulfato depositado en Groenlandia se atribuye a las emisiones de SO<sub>2</sub> de Estados Unidos y Europa (mostradas como símbolos), y ambos muestran un descenso en los últimos decenios. Los aerosoles de sulfato producen un forzamiento radiativo negativo.

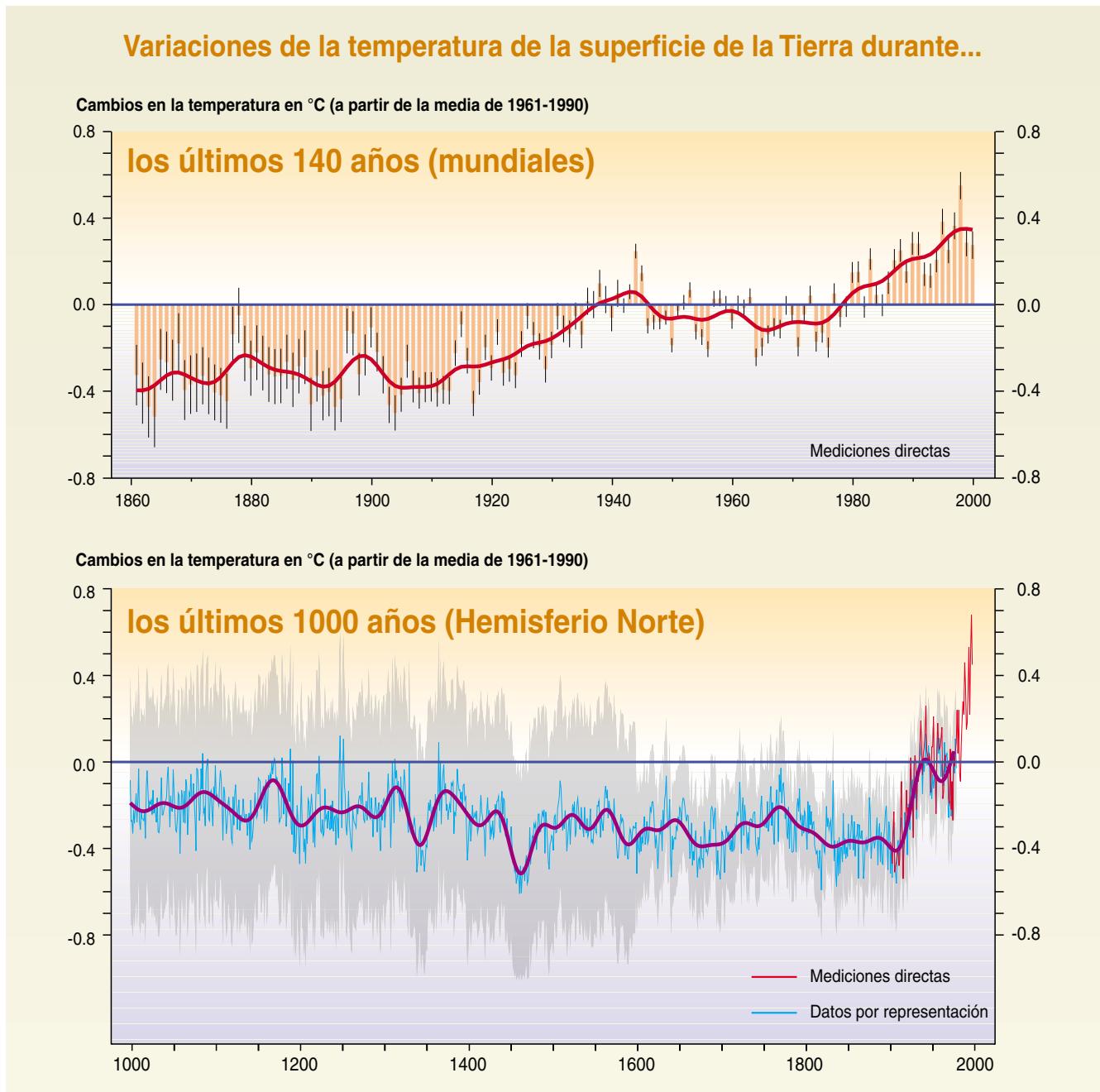
efecto invernadero, aerosoles y nubes, uso de las tierras (albedo), e irradiación solar) es positiva, pero no incluye el forzamiento negativo y potencialmente amplio de los efectos indirectos de los aerosoles. El cambio total del forzamiento radiactivo desde la época preindustrial continúa siendo útil para estimar en términos mundiales la respuesta de la temperatura media de la superficie de la Tierra frente a las perturbaciones naturales y humanas. Sin embargo, la suma de los forzamientos no es necesariamente un indicador de



**Figura 2-2: La influencia de los factores externos sobre el clima puede compararse en términos generales utilizando el concepto de los forzamientos radiativos.** Dichos forzamientos radiativos surgen de los cambios en la composición atmosférica, la alteración de la reflectancia de la superficie terrestre, debida a cambios en el uso de las tierras, y la variación de la producción del sol. Con la excepción de la variación solar, hay alguna forma de actividad humana asociadas con cada uno de estos fenómenos. Las barras rectangulares representan las estimaciones de las contribuciones de estos forzamientos, algunos de los cuales producen calentamiento y otros, enfriamiento. No se muestran los forzamientos debidos a fenómenos volcánicos, que causan forzamientos negativos que sólo duran unos años. El efecto indirecto de los aerosoles que se indica son los efectos sobre el tamaño y el número de pequeñas gotitas en las nubes. Tampoco se muestra un segundo efecto indirecto de los aerosoles sobre las nubes, concretamente, su efecto sobre el tiempo de vida de la nube, lo que también produciría un forzamiento negativo. Los efectos de la aviación sobre los gases de efecto invernadero se incluyen en cada una de las barras. La línea vertical que se cruza las barras rectangulares indica una gama de estimaciones, que se guían por el abanico de los valores publicados de los forzamientos y por nuestros conocimientos actuales de los aspectos físicos del fenómeno. Algunos de estos forzamientos presentan un mayor grado de certeza que otros. Una línea vertical sin una barra rectangular denota un forzamiento para el que no se puede dar una mejor estimación debido al gran número de incertidumbres. Tal como se ha indicado, el nivel general de nuestros conocimientos científicos sobre cada uno de los forzamientos varía considerablemente. Algunos de los agentes de forzamiento radiativo (el CO<sub>2</sub>, por ejemplo) se encuentran muy mezclados por todo el planeta, desestabilizando el equilibrio mundial del calor. Otros (por ejemplo, los aerosoles) representan perturbaciones que son más poderosas en una regiones que en otras, ya que están distribuidas de forma irregular. Los forzamientos radiativos continúan siendo una herramienta muy útil para estimar, en primer lugar, los impactos relativos del clima, como la respuesta de la temperatura media relativa en la superficie de la Tierra debida a perturbaciones inducidas radiativamente, pero estas estimaciones de forzamientos medios relativos no son necesariamente indicadores de los aspectos detallados de posibles respuestas climáticas (por ejemplo, los cambios climáticos regionales).

TIE GTI RRP, TIE GTI,  
Capítulo 6 RE, y TIE GTI  
Figuras RRP-3 y 6-6

los aspectos detallados de las posibles respuestas climáticas tales como los cambios climáticos regionales. Los datos referentes a la segunda mitad del siglo XX (que no aparecen) indican que el forzamiento positivo debido a los gases de efecto invernadero



**Figura 2-3:** La temperatura de la superficie terrestre se ha incrementado en unos 0,6°C por encima del récord de mediciones directas de la temperatura (1860–2000, panel superior), aumento sin precedentes, al menos a juzgar por los datos de temperaturas obtenidos por representación en el Hemisferio Norte durante el último milenio (panel inferior). En el panel superior se muestra la temperatura media de la superficie de la Tierra para cada año (las barras rojas, y las gamas de mucha probabilidad se muestran como líneas muy finas en negro) y aproximadamente decenio por decenio (en líneas rojas continuas). Los análisis tienen en cuenta las deficiencias en los datos, errores instrumentales aleatorios e incertidumbres, incertidumbres en correcciones por márgenes de error en los datos sobre la temperatura de la superficie de los océanos, y también en los ajustes para el desarrollo urbano. El panel inferior combina los datos por representación (la línea azul muestra datos año por año, las gamas de mucha probabilidad, con una banda gris, y la media para cada 50 años, con una línea violeta) y las medidas directas de temperaturas (línea roja) para el Hemisferio Norte. Los datos por representación consisten en anillos de árboles, corales, placas grandes de hielo y registros históricos que han sido calibrados con los datos obtenidos con termómetros. No se cuenta con datos suficientes para evaluar dichos cambios en el Hemisferio Sur.



bien mezclados ha aumentado rápidamente durante los últimos cuatro decenios y, en contraste, la suma de los forzamientos naturales ha sido negativa durante los últimos dos (e incluso posiblemente los últimos cuatro decenios).

**2.6 Un número cada vez mayor de observaciones ofrecen una visión cada vez más completa del calentamiento de la Tierra y de otros cambios en el sistema climático (véase el Cuadro 2–1).**

**2.7 La temperatura media mundial de la superficie de la Tierra ha aumentado desde el decenio de 1860 a 2000, el período de registro instrumental.** Durante el siglo XX este aumento fue de 0,6°C con una gama muy probable (véase el Recuadro 2–1) de confianza de 0,4–0,8°C (véase la Figura 2–3). Es muy probable que el decenio de 1990 fuera el período más cálido, y el 1998 el año más caluroso desde que tenemos registros instrumentales. Si ampliamos los registros instrumentales con datos de representación del Hemisferio Norte, vemos que en los últimos 1.000 años, el aumento de temperatura durante el siglo XX puede haber sido el mayor registrado en cualquier siglo, y el decenio de 1990, el más caluroso de todos (véase la Figura 2–3). No se dispone de datos suficientes sobre el Hemisferio Sur antes de 1860m que permitan comparar el calentamiento reciente con los cambios registrados durante los últimos 1.000 años. Desde 1950, el aumento de la temperatura en la superficie del mar es cerca de la mitad del aumento de la temperatura media del aire en la superficie terrestre. Durante este período la temperatura media diaria mínima nocturna sobre la tierra ha aumentado a un promedio de 0,2°C por decenio, cerca del doble del nivel de aumento correspondiente en la temperatura máxima diurna del aire. Estos cambios climáticos han prolongado la estación sin heladas en muchas regiones de latitudes medias y altas.



**2.8 En los 8 km inferiores de la atmósfera, la temperatura mundial aumentó desde el decenio de 1950 a 2000 cerca de un 0,1°C por decenio, cifra similar a la de la superficie terrestre.** Para el período 1979–2000, las mediciones obtenidas vía satélites y globos meteorológicos han mostrado un calentamiento casi idéntico sobre América del Norte (un 0,3°C por decenio) y Europa (0,4°C por decenio) tanto en la superficie terrestre como en la atmósfera inferior, pero las diferencias fueron más evidentes en algunas zonas terrestres, particularmente en regiones tropicales ( $0,10 \pm 0,10^\circ\text{C}$  por decenio para la superficie, frente a  $0,06 \pm 0,16^\circ\text{C}$  por decenio para la atmósfera inferior). Las temperaturas de la superficie y de la atmósfera inferior están influenciadas differently por factores como el agotamiento del ozono estratosférico, los aerosoles atmosféricos y los fenómenos asociados con El Niño. Además, las técnicas de muestreo espacial pueden también explicar algunas de las diferencias en las tendencias, pero estas diferencias no se han aclarado totalmente.



**2.9 Existen pruebas nuevas y más convincentes de que en su mayor parte el calentamiento observado durante los últimos 50 años se puede atribuir a actividades humanas.**

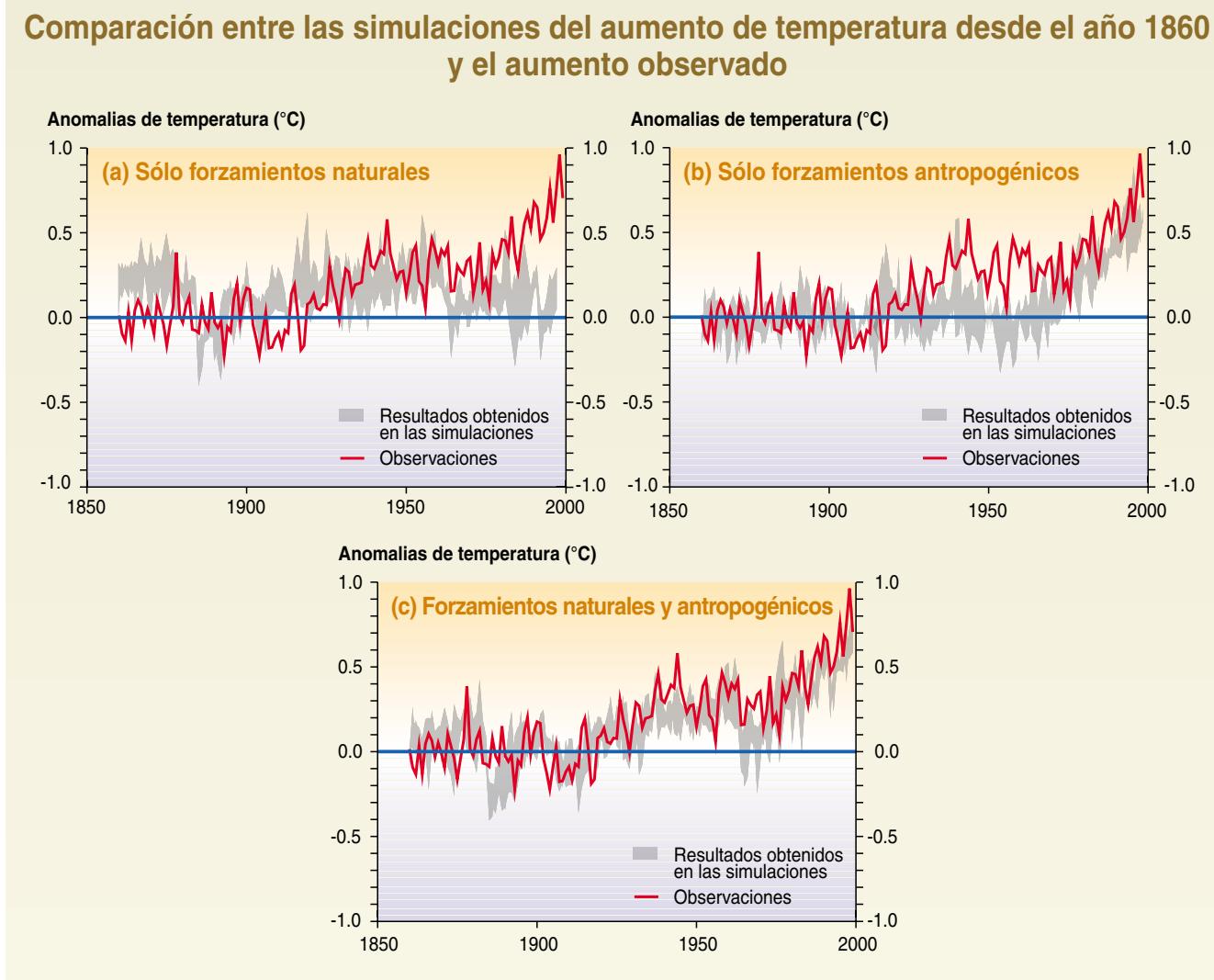
**2.10 Es muy probable que el calentamiento observado a lo largo del siglo XX no sea todo de origen natural.** Es poco probable que el aumento en las temperaturas en la superficie en los últimos 100 años haya sido causado únicamente por la variabilidad interna. Las reconstrucciones de datos climáticos durante los últimos 1.000 años también indican que el calentamiento observado durante el siglo XX era inusual y probablemente respondía sólo al forzamiento natural: en otras palabras, que las erupciones volcánicas y la variación de la irradiación solar no explican el calentamiento registrado en la segunda mitad del siglo XX (véase la Figura 2–4a), pero pueden haber contribuido al calentamiento observado durante la primera mitad.



**2.11 En vista de las nuevas pruebas, y teniendo en cuenta las incertidumbres subsistentes, es probable que en su mayor parte el calentamiento observado durante los últimos 50 años se haya debido al aumento de las concentraciones**



**de gases de efecto invernadero.** Estudios de detección y atribución han determinado sistemáticamente pruebas de señales antropogénicas (entre ellas el forzamiento producido por los gases de efecto invernadero y los aerosoles que emiten sulfatos) en los registros climáticos de los últimos 35 a 50 años, pese a las incertidumbres sobre el forzamiento antropogénico producido por aerosoles de sulfato y por otros factores naturales, como los volcanes y la irradiación solar. El forzamiento debido a los sulfatos y a fenómenos naturales son negativos en este período y no pueden explicar el calentamiento (véase la Figura 2–4a); mientras que la mayoría de estos estudios concluyen que, durante los últimos 50 años, las estimaciones de la tasa y magnitud del calentamiento debido únicamente a los gases de efecto invernadero son comparables o mayores que el calentamiento terrestre



**Figura 2–4: La simulación de la variación de temperaturas (°C) y la comparación de los resultados con los cambios registrados nos permiten comprender mejor las causas que producen los principales cambios.**



Se puede utilizar una simulación climática para simular los cambios de temperatura debidos a factores naturales y antropogénicos. Las simulaciones representadas por la banda en a) se basaron únicamente en forzamientos naturales: variaciones solares y actividad volcánica. Las que se muestran en la banda b) se basaron en forzamientos antropogénicos: gases de efecto invernadero y una estimación de aerosoles de sulfato. Y la simulación en la banda c) se basó en forzamientos naturales y antropogénicos. Podemos ver en b) que la incorporación de forzamientos antropogénicos proporciona una explicación para una gran parte de los cambios de temperatura observados durante el siglo pasado, pero la mejor coincidencia con las observaciones se obtiene en c), cuando se incluyen tanto los forzamientos naturales como los antropogénicos. Estos resultados muestran que los forzamientos incluidos son suficientes para explicar los cambios observados, pero no excluyen la posibilidad de que otros forzamientos hayan podido contribuir de alguna manera. Otras simulaciones con forzamientos antropogénicos producen resultados similares a los de b).

observado, (Figura 2–4b). La mejor correlación entre las simulaciones y las observaciones durante los últimos 140 años se encuentra cuando se combinan todos los factores naturales y antropogénicos (véase la Figura 2–4c). Este resultado no excluye la posibilidad de que otros factores contribuyan a dicho forzamiento, y en estos estudios de detección y atribución no se han incluido estos estudios de detección y atribución algunos factores antropogénicos conocidos (tales como el carbono orgánico, el carbono negro (hollín), los aerosoles de biomasa, y algunos cambios en los usos de la tierra). Las estimaciones de la magnitud y distribución geográfica de este forzamiento antropogénico adicional varían considerablemente.

**2.12 Los cambios en el nivel del mar, la cubierta de nieves, la extensión de la capas de hielo y la precipitación corresponden al calentamiento del clima cerca de la superficie terrestre (véase el Cuadro 2–1).**

Algunos de los cambios observados son de alcance regional, y otros pueden ser fruto de variaciones climáticas internas, forzamientos naturales, o actividades humanas regionales, y no pueden atribuirse únicamente a la influencia humana global.



**2.13 Es muy probable que el calentamiento del siglo XX haya contribuido de manera importante a la elevación observada del nivel medio de los mares y al aumento del calor almacenado en los océanos.** El calentamiento impulsa la elevación del nivel del mar, a través de la expansión térmica de los océanos y la fusión generalizada de los hielos terrestres. Sobre la base de los registros de mareógrafos, después de realizar las correcciones por los movimientos de tierra, durante el siglo XX la elevación anual media fue de entre 1 y 2 mm. Los muy pocos registros desde largo tiempo muestran que fue menor durante el siglo XIX (véase la Figura 2–5). Con los límites de las incertidumbres actuales, las observaciones y las simulaciones coinciden en la falta de una aceleración significativa en la elevación del nivel del mar durante el siglo XX. El ritmo de la elevación del nivel del mar observado durante el siglo XX coincide con el de las simulaciones. El calor almacenado en los océanos ha aumentado desde finales del decenio de 1950, fecha desde la que se dispone de las observaciones fidedignas de las temperaturas de la subsuperficie oceánica.



**2.14 La cubierta de la extensión de la capa de nieve y hielos han disminuido.** Es muy probable que la cubierta de nieve haya disminuido en un 10 por ciento en el Hemisferio Norte desde finales del decenio de 1960 (debido sobre todo a los cambios primaverales en América y Eurasia) y que la duración anual de las capas de hielo en ríos y lagos en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte se haya reducido en unas dos semanas a lo largo el siglo XX. También ha habido durante ese siglo una retirada generalizada de los glaciares montañosos en regiones no polares. Es probable que la extensión de la *placa de hielo* marino durante primavera y verano en el Hemisferio Norte haya disminuido de un 10 a un 15 por ciento entre el decenio de 1950 y 2000, y que el espesor del hielo marino en el Ártico se haya reducido a un 40 por ciento a finales del verano y a principios del otoño, a lo largo de los tres últimos decenios del siglo XX. Aunque entre 1978 y 2000 no se ha registrado ningún cambio en la extensión general de los hielos marinos en la región antártica paralelamente al aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra, el calentamiento regional en la Península Antártica coincidió con el derrumbe de la placa de hielo Prince Gustav y partes de la placa de hielo Larsen durante el decenio de 1990, pero la pérdida de estas placas de hielo han tenido pocos efectos directos.



**2.15 Es muy probable que las precipitaciones hayan aumentado durante el siglo XX en un 5–10 por ciento en la mayor parte de las latitudes medias y altas de los continentes del Hemisferio Norte,** pero, en cambio, que hayan descendido en un 3 por ciento en gran parte de las zonas terrestres subtropicales (véase la Figura 2–6a). Es también muy probable que el aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra produzca cambios en la precipitación y la humedad atmosférica como consecuencia de los cambios en la circulación atmosférica, un ciclo hidrológico más activo, y aumentos en la capacidad de la atmósfera para retener agua. Durante la segunda mitad del siglo XX probablemente se ha registrado un aumento de unos 2–4 por ciento en la frecuencia de las



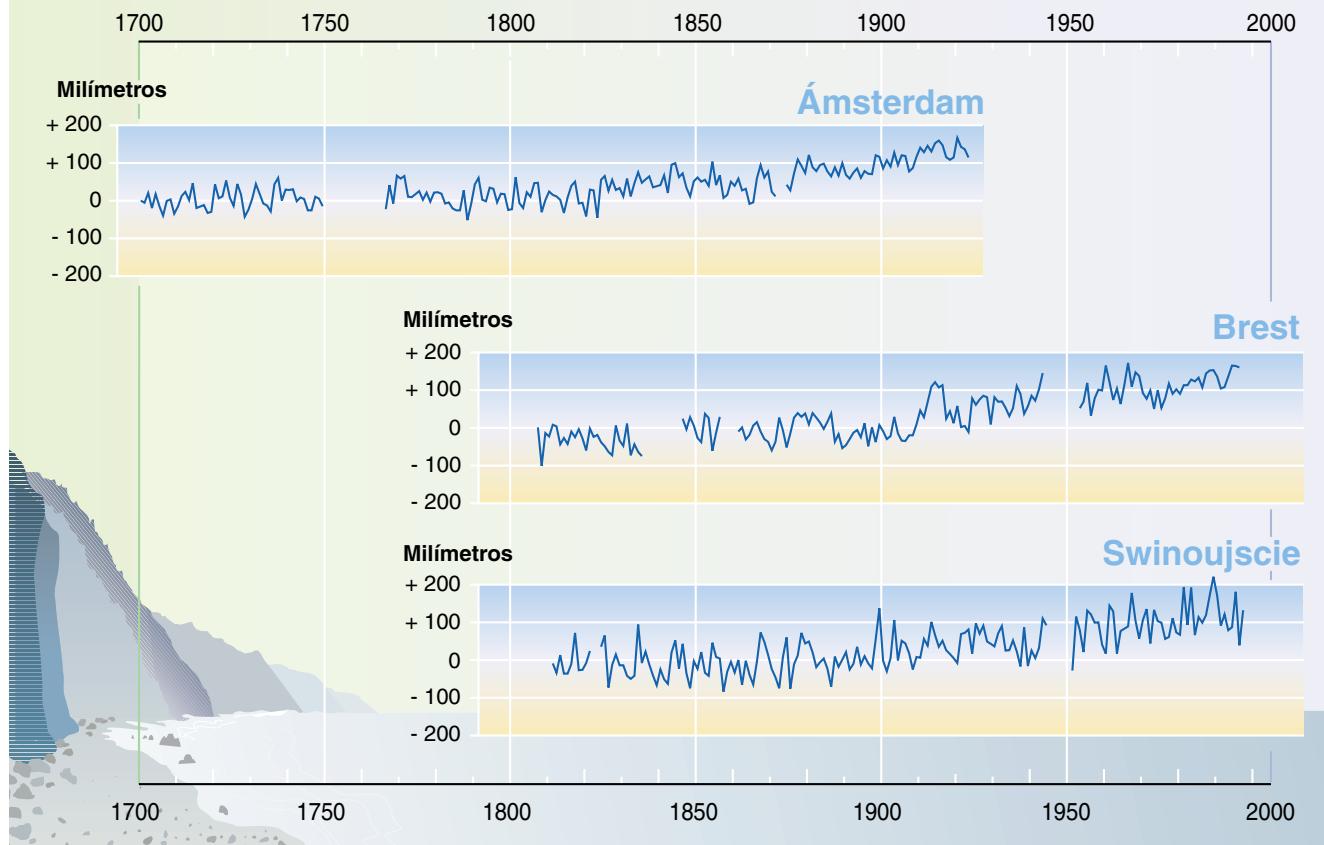
precipitaciones intensas en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte. Asimismo hubo aumentos a corto plazo relativamente pequeños a lo largo del siglo XX en las regiones terrestres azotados por graves sequías o inundaciones, pero en muchas regiones en cambios se debieron a una variabilidad climática dentro de un decenio determinado o entre un decenio y otro, sin que se haya registrado ninguna tendencia significativa a lo largo del siglo.

**2.16 También han ocurrido cambios en otros aspectos importantes del clima (véase el Cuadro 2–1).**

**2.17 A lo largo del siglo XX se ha observado un calentamiento constante y de gran escala en la superficie terrestre y de los océanos, y los mayores aumentos de temperatura se registraron en latitudes medias y altas de los continentes septentrionales.** El calentamiento de la superficie terrestre fue más rápido que el de la superficie de los océanos en el período 1976–2000 (véase la Figura 2–6b), y esto coincide con los cambios observados en las variaciones climáticas naturales, tales como las Oscilaciones del Atlántico Norte y del Ártico, y con las pautas simuladas de calentamiento debido a gases de efecto invernadero. Tal y como se describe a continuación, se han comprobado asociaciones importantes desde el punto de vista estadístico entre el calentamiento regional y los cambios observados en los sistemas biológicos, en los entornos de aguas dulces, y terrestres y marinos en todos los continentes.

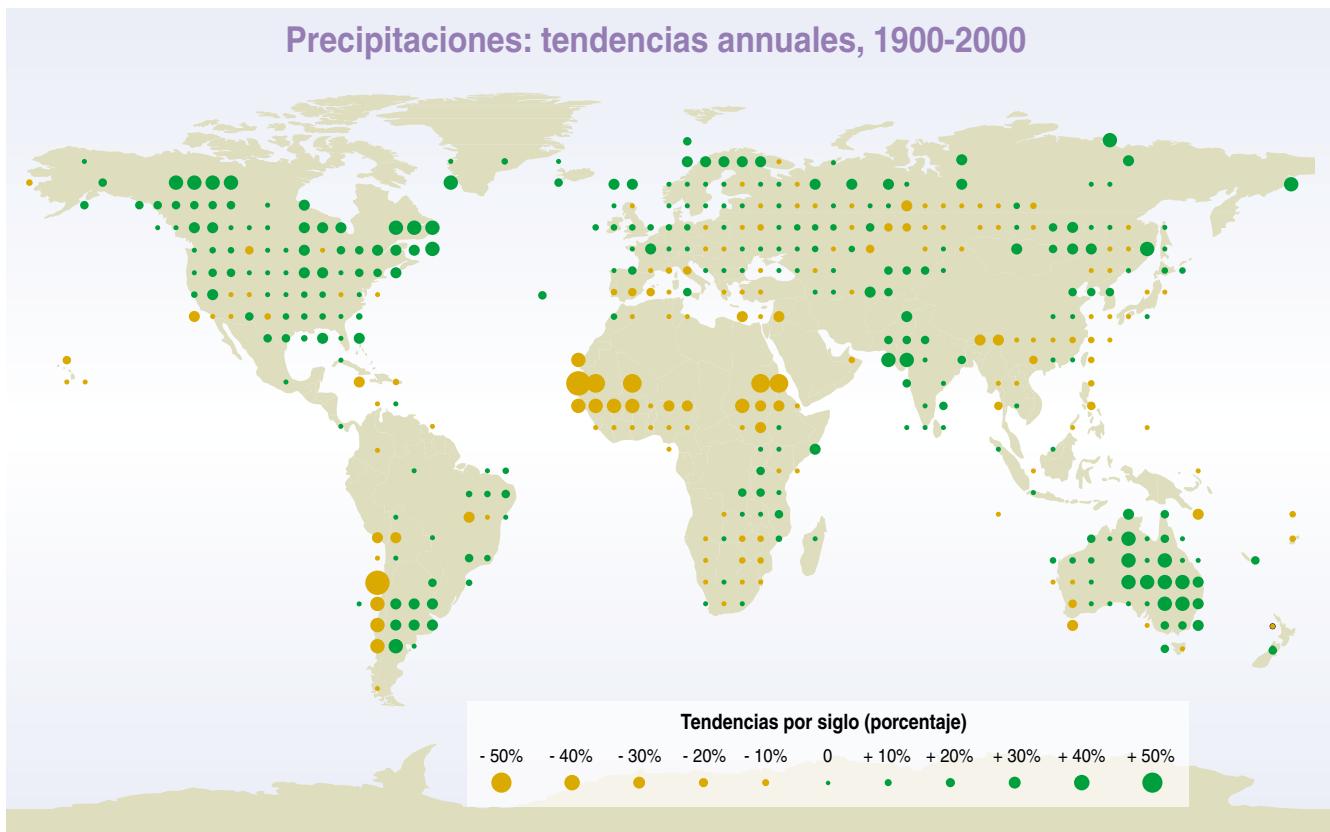
GTI TIE Secciones 2.2.2, 2.6.3, & 2.6.5, & GTII TIE Sección 6.3

### Comparación de los niveles del mar durante los últimos 300 años



**Figura 2–5:** Un número limitado de sitios en Europa tiene registros casi constantes del nivel del mar que abarcan 300 años e indican que la mayor elevación del nivel del mar ocurrió en el siglo XX. Los registros mostrados provienen de Ámsterdam (Países Bajos), Brest (Francia), y Swinoujście (Polonia), entre otros lugares, y confirman la elevación acelerada del nivel del mar en el siglo XX, en comparación con los niveles del siglo XIX.

TIE GTI Figura 11–7



**Figura 2-6a:** Durante el siglo XIX la precipitación media ha aumentado en los continentes fuera de los trópicos, pero ha descendido en las regiones desérticas de África y de América del Sur. Mientras que los registros muestran un aumento general que coincide con unas temperaturas más cálidas y una mayor humedad atmosférica, las tendencias de la precipitación varían enormemente entre las diferentes regiones, y en algunas regiones continentales sólo se encuentran disponibles registros para el siglo XX. A lo largo de este período, se registraron solamente unas pequeñas tendencias a largo plazo en zonas terrestres que sufrían graves sequías o inundaciones, pero en muchas regiones esos cambios se han debido a variabilidades climáticas dentro de un decenio o entre varios decenios, que no muestran ninguna tendencia significativa a lo largo del siglo.

→ TIE GTI Figura 2-25

**2.18 Los episodios de calentamiento del fenómeno El Niño Oscilación Meridional (ENOM) han sido más frecuentes, persistentes e intensos desde mediados del decenio de 1970, si los comparamos con los 100 años anteriores.** El ENOM afecta de manera sistemática a las variaciones regionales de temperatura y precipitación en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales y algunas zonas de latitudes medias. Sin embargo, a partir de las simulaciones no se desprende claramente que el calentamiento del planeta diera como resultado una mayor frecuencia de fenómenos relacionados con El Niño.

→ GTI TIE Sección 2.6.2

**2.19 Algunos aspectos importantes del clima parecen no haber cambiado.** Algunas zonas del planeta no se han calentado en los decenios recientes, sobre todo algunas partes de los océanos del Hemisferio Sur y algunas áreas del Antártico (véase la Figura 2-6b). La *placa de hielo* marino en el Antártico ha permanecido casi estable o incluso ha crecido desde el 1978, año en que comenzamos a contar con mediciones fiables tomadas por satélites. Los análisis actuales no permiten extraer conclusiones sobre la probabilidad de cambios en la frecuencia de los tornados, días de tormentas o granizadas en las pocas regiones específicas que han sido estudiadas. Además de esto, la insuficiencia de datos y los análisis divergentes siguen impidiendo una evaluación de los cambios en la intensidad de los ciclones tropicales y extratropicales y en las tormentas locales severas en latitudes medias.

→ GTI TIE Secciones 2.2.2, 2.2.5, & 2.7.3

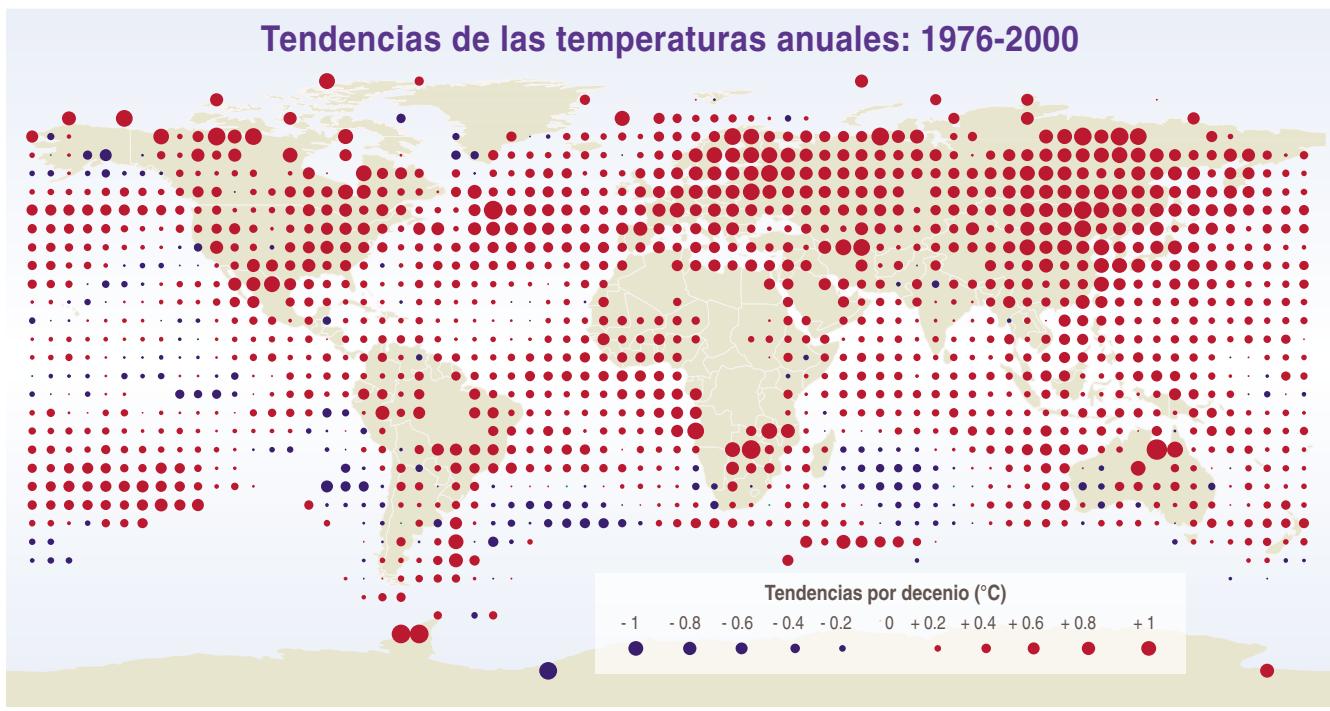


Figura 2–6b: Durante los últimos 25 años del siglo XX ha tenido lugar un calentamiento constante y a gran escala de las superficies terrestres y oceánicas, y los mayores aumentos de temperatura se registraron en las latitudes medias y altas de América del Norte, Europa, y Asia. Sólo en partes de los Océanos Pacífico y del Sur y en el Antártico vemos grandes zonas de enfriamiento. La mayor rapidez del calentamiento de la superficie terrestre que en la superficie de los océanos se ajusta a los cambios observados en las variaciones climáticas naturales—como las Oscilaciones del Atlántico Norte y del Ártico—y con las pautas simuladas del calentamiento por gases de efecto invernadero. Tal como se describe en el texto, el calentamiento en algunas regiones se encuentra vinculado a cambios observados en los sistemas biológicos en todos los continentes.

TIE GTI Figura 2-9d

**2.20 Los cambios observados en los climas regionales en los últimos 50 años han afectado a los sistemas biológicos e hidrológicos en muchas partes del mundo (véase el Cuadro 2-1).**

- 2.21 Durante el siglo XX los sistemas biológicos se han visto afectados de forma apreciable por el cambio climático regional, sobre todo por aumentos de temperatura.** En muchas partes del mundo, los cambios observados en estos sistemas,<sup>3</sup> ya sean antropogénicos o naturales, son coherentes en las diferentes zonas y coinciden con los efectos proyectados de los cambios de temperatura regionales. La probabilidad de que los cambios observados en la dirección proyectada (sin referencia a su magnitud) se deban a pura casualidad es ínfima. Dichos sistemas incluyen, por ejemplo, la distribución de especies, el tamaño de las poblaciones, y la estación de la reproducción o las migraciones. Estas observaciones indican que los cambios climáticos regionales han sido una causa importante de estos fenómenos. Se han observado cambios en los tipos (por ejemplo, fuegos, sequías y derribos por vientos), la intensidad y la frecuencia de las alteraciones provocadas por los cambios climáticos regionales, ya sean naturales o antropogénicos, y por cambios en el uso de las tierras. Dichos cambios, a su vez, han afectado la productividad y la composición de especies en un ecosistema, particularmente en latitudes y altitudes altas. También ha cambiado la frecuencia de las plagas y los brotes de enfermedades, especialmente en sistemas arboreos, y este fenómeno se puede igualmente vincular a cambios climáticos. En algunas regiones de

GTII TIE Secciones 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, 13.1.3.1, & 13.2.4.1. & GTII TIE Figura RRP-1

<sup>3</sup> Existen 44 estudios regionales sobre más de 400 plantas y animales, sobre todo en América del Norte, Europa y en la región polar Sur. El período de alcance de dichos estudios varía de 20 a 50 años. También hay 16 estudios regionales que se ocupan de cerca de 100 procesos físicos en la mayor parte de las regiones del mundo. Éstos cubren períodos de 20 a 150 años.

África, la combinación de cambios climáticos regionales (sequía saheliana) y los problemas antropogénicos han producido una disminución de la producción de cereales desde el año 1970. Hay algunos aspectos positivos del calentamiento: por ejemplo, la estación de cultivo en Europa se ha prolongado de unos 11 días desde 1959 a 1993, y ha disminuido el consumo de energía para calefacción en invierno.

- 2.22 Los arrecifes coralinos se ven afectados adversamente por la subida de temperaturas en la superficie del mar.** Desde hace algunos decenios se viene registrando en la mayoría de los océanos tropicales un aumento de las temperaturas en la superficie marina. Muchos corales sufren episodios de decoloración importantes, aunque a menudo parcialmente reversibles, cuando la temperatura de la superficie marina aumenta de 1°C en un año determinado, mientras que si el aumento es de 3°C, se puede producir la muerte generalizada de muchos corales. Esto ocurre frecuentemente durante los fenómenos asociados con El Niño y los efectos se agravan con la subida de las temperaturas en la superficie del mar. Esos casos de decoloración están a menudo asociados con otros problemas, por ejemplo, contaminación.



- 2.23 Los cambios en los sistemas marinos, particularmente las poblaciones de peces, han estado relacionados con oscilaciones climáticas a gran escala.** El fenómeno ENOM afecta a las pesquerías de las costas de América del Sur y de África, y las oscilaciones que se producen cada decenio en el Pacífico están relacionadas con la disminución de la pesca en la costa oeste de América del Norte.



- 2.24 Se han observado cambios en los flujos de corrientes, las inundaciones y las sequías.** Las pruebas de los impactos del cambio climático regional sobre los elementos del ciclo hidrológico indican que las temperaturas más cálidas producen una intensificación de dicho ciclo. Los flujos de corrientes máximos se han desplazado de la primavera al final del invierno en una gran parte de Europa oriental, la parte europea de Rusia, y en América del Norte durante los últimos decenios. La creciente frecuencia de las sequías e inundaciones en algunas zonas está relacionada con las variaciones climáticas—por ejemplo, las sequías en el Sahel y en la regiones noreste y meridional de Brasil, y las inundaciones en California y en el Noroeste del Perú.



- 2.25 Existen indicios preliminares de que algunos sistemas humanos se han visto afectados por los aumentos recientes en inundaciones y sequías. El incremento de los costos socioeconómicos relacionados con los daños ocasionados por fenómenos meteorológicos y las variaciones climáticas regionales sugieren que somos cada vez más vulnerables frente a los cambios climáticos (véase el Cuadro 2-1).**

- 2.26 Los fenómenos meteorológicos o climáticos extremos provocan daños importantes y cada vez mayores.** Los fenómenos extremos son en estos momentos la causa principal de los impactos relacionados con el clima. Por ejemplo, los fenómenos relacionados con El Niño durante 1997–1998 cobraron muchas víctimas humanas, dañaron bienes y tuvieron muchas otras consecuencias ambientales. Los impactos de los fenómenos extremos y la variabilidad del clima son motivo de gran preocupación. Algunos indicios preliminares sugieren que algunos sistemas sociales y económicos se han visto afectados por el reciente aumento de las inundaciones y sequías, y que las pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos catastróficos fueron cada vez mayores. Como estos sistemas también se ven afectados por cambios en factores socioeconómicos, tales como los desplazamientos demográficos y los cambios en el uso de las tierras, resulta difícil cuantificar los efectos relacionados con el cambio climático (ya sea antropogénico o natural) y con factores socioeconómicos. Por ejemplo, los costos directos de las pérdidas mundiales producidas por catástrofes meteorológicas, con ajustes para la inflación, han aumentado considerablemente entre los decenios de 1950 y 1990 (véase la Figura 2-7), y los costos de los fenómenos



meteorológicos no catastróficos se han incrementado de forma parecida. El número de fenómenos catastróficos asociados con eventos meteorológicos se ha multiplicado a un ritmo tres veces superior a las demás, a pesar de una mejor preparación general para hacer frente a desastres de este tipo. Esta tendencia al alza en las pérdidas relacionadas con el clima durante los últimos 50 años se vinculan en parte a factores socioeconómicos (tales como el crecimiento demográfico, la mayor prosperidad y la urbanización en zonas vulnerables), y en parte a factores climáticos regionales (por ejemplo, los cambios en la precipitación y las inundaciones).

- 2.27 **La proporción de las pérdidas relacionadas con fenómenos meteorológicos cubiertas por los seguros varía considerablemente según las regiones**, y la diferencia del impacto de los episodios climáticos plantea cuestiones de desarrollo y equidad. Hoy en día, las compañías de seguros sólo pagan un 5 por ciento de las pérdidas económicas totales en Asia y América del Sur, el 10 por ciento en África, y cerca del 30 por ciento en Australia, Europa, América del Norte y América Central. La proporción cubierta por el seguro es normalmente mucho mayor si sólo se tienen en cuenta las pérdidas

GTII TIE Secciones 8.3.3.1 & 8.5.4

## Costos mundiales de fenómenos climáticos extremos (con ajustes para la inflación)

Pérdidas anuales, en miles de millones de USD

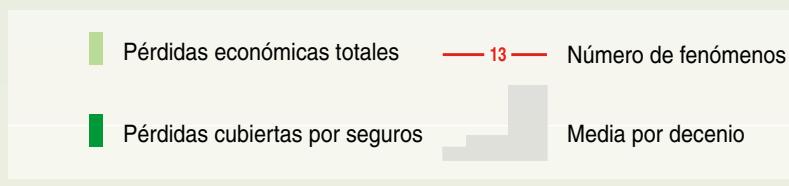
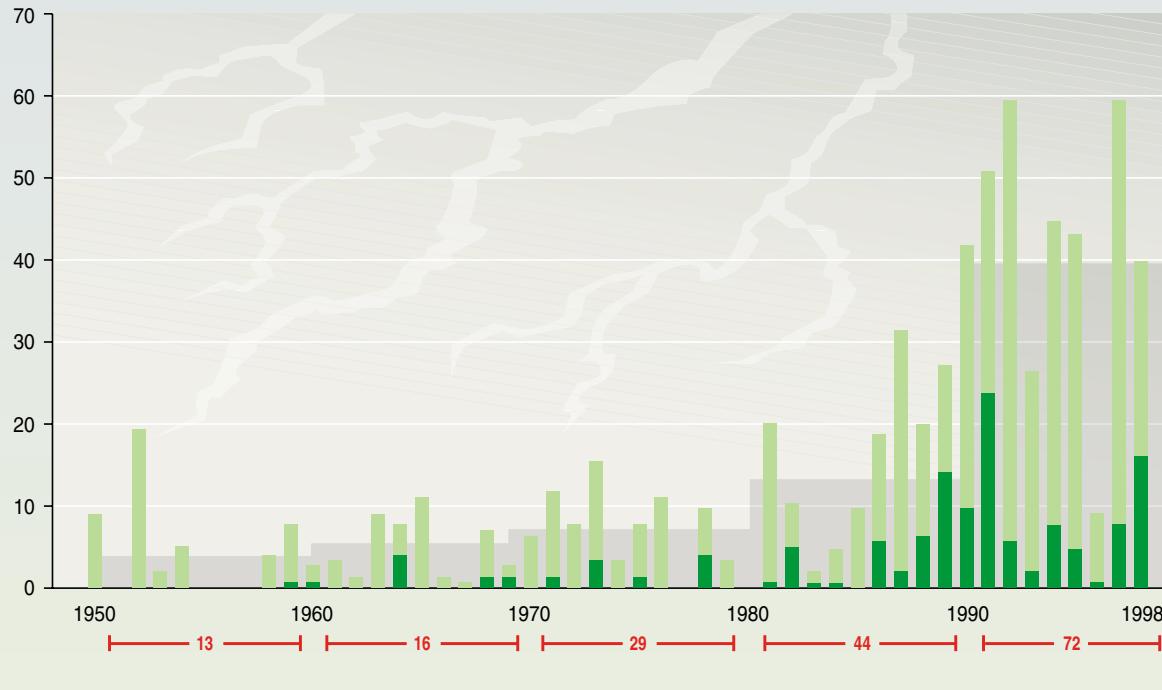


Figura 2-7: Las pérdidas económicas ocasionadas por fenómenos meteorológicos catastróficos se han multiplicado mundialmente por diez (con ajustes para la inflación) entre los decenios de 1950 y de 1990, mucho más rápidamente de lo que se pudiera explicar con la simple inflación. La proporción de estas pérdidas cubiertas por seguros aumentó desde un nivel insignificante hasta cerca del 23 por ciento durante el decenio de 1990. Las pérdidas totales producidas por pequeños fenómenos meteorológicos no catastróficos (no incluidos) son parecidas. En parte, esta tendencia ascendente de las pérdidas por fenómenos relacionados con el clima durante los últimos 50 años se vincula con factores socioeconómicos (tales como el crecimiento demográfico, la creciente prosperidad económica, y la urbanización en zonas vulnerables), y en parte se asocia a factores climáticos (por ejemplo, cambios en la precipitación e inundaciones).

TIE GTII Figura 8-1

originadas por tormentas, pero en cambio las relacionadas con inundaciones y daños a cosechas gozan de muy poca cobertura. El balance de las pérdidas es absorbido por los gobiernos y por los particulares y organizaciones afectados.

2.28 **Se observan impactos de los fenómenos climáticos sobre la salud.** Se sabe que muchas enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, los alimentos o vectores son sensibles a cambios en las condiciones climáticas. La gran experiencia con la que contamos muestra claramente que cualquier aumento en las inundaciones agrava el riesgo de personas ahogadas y de enfermedades respiratorias y diarreicas, así como las afecciones producidas por la contaminación de las aguas y—en países en desarrollo—por el hambre y la malnutrición (*confianza alta*). Las olas de calor en Europa y América del Norte se encuentran asociadas con un aumento significativo de la mortalidad urbana, pero las temperaturas invernales más cálidas también tienen como resultado una reducción de la mortalidad durante esa época del año. En algunos casos los efectos para la salud están claramente relacionados con cambios climáticos recientes, como ocurrió en Suecia, en donde la incidencia de encefalitis transmitida por garrapatas aumentó tras unos inviernos más cálidos, y se desplazó hacia el Norte después de un incremento de la frecuencia de inviernos más cálidos en el período 1980–1994.



GTII TIE RRP & GTII TIE  
Secciones 9.5.1, 9.7.8,  
10.2.4, & 13.2.5

2.29 **El reconocimiento y la previsión de los efectos adversos del cambio climático ha favorecido respuestas del público y los gobiernos.**

2.30 **Como consecuencia de los cambios climáticos observados y previstos, se han producido en los últimos diez años respuestas socioeconómicas y de política.** Entre éstas se incluye la estimulación del mercado de fuentes de energía renovables, el desarrollo de programas de mejora de la eficiencia energética, impulsados por las preocupaciones en torno al cambio climático, la integración de políticas climáticas en las políticas nacionales más generales, la aplicación de impuestos sobre el carbono en algunos países, regímenes de comercio de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero en algunos países, acuerdos voluntarios nacionales e internacionales con el sector industrial para aumentar la eficiencia energética o, por otro lado, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, la creación de mercados de intercambio del carbono, presiones públicas y políticas para que los servicios públicos reduzcan o compensen las emisiones de carbono producidas por nuevos proyectos energéticos, la investigación, por parte de la industria, de enfoques para contrarrestar las emisiones de carbono, y la creación de programas para ayudar a los países en desarrollo y los menos desarrollados a reducir la vulnerabilidad, adaptarse al cambio climático, y poner en práctica medidas de mitigación.



GTIII TIE Secciones 3.2,  
3.4–5, 3.8.4, 6.2.2, 6.3.2,  
& 9.2.1

# P3

## Pregunta 3

¿Qué se conoce sobre las posibles consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas, durante los próximos 25, 50 y 100 años tanto a escala mundial como a escala regional, que están asociadas con las gamas de emisiones de gases de efecto invernadero que se pronostican en los escenarios descritos en el TIE (proyecciones que no incluyen intervenciones políticas climáticas)?

En la medida de lo posible, hay que evaluar:

- Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima y el nivel del mar
- Los impactos, costos y beneficios de los cambios en el clima y la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y sobre los sectores socioeconómicos (particularmente la agricultura y el agua)
- La gama de opciones de adaptación, incluidos los costos y beneficios y los retos que se presentan
- El desarrollo, la sostenibilidad y los temas de equidad asociados con los impactos y con la adaptación a nivel regional y mundial.

- 3.1 Los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero que se han utilizado como base para las proyecciones climáticas en el TIE son los contenidos en el *Informe Especial del IPCC Escenarios de Emisiones* (IEEE) (véase el Recuadro 3-1). Como los escenarios del IEEE estuvieron disponibles muy poco tiempo antes de la publicación del TIE, no fue posible evaluar los impactos sobre la base de dichos escenarios. Por lo tanto, las evaluaciones de los impactos en el TIE se fundan en los resultados de simulaciones climáticas que tienden a basarse en escenarios de cambio climático en equilibrio (como el 2xCO<sub>2</sub>), y sólo en un número relativamente pequeño de experimentos se utiliza un escenario que contempla un aumento anual de un 1 por ciento de CO<sub>2</sub>, o los escenarios contemplados en el Segundo Informe de Evaluación (la serie IS92). Por consiguiente, para responder a esta pregunta, el problema radica en probar y correlacionar los resultados de estos impactos con las conclusiones sobre el cambio climático extraídas de los escenarios del IEEE. Ello, necesariamente, requiere utilizar una serie de aproximaciones y, en muchos casos, las conclusiones que se extraen están sujetas a reservas. Las proyecciones de los cambios en la variabilidad climática, los fenómenos extremos y los cambios repentinos/no lineales se tratan en la Pregunta 4.

**Recuadro 3-1**

**Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y de aerosoles debidas a actividades humanas han de alterar la atmósfera de forma que deberían afectar al clima.**

Los cambios climáticos ocurren como resultado de la variabilidad interna del sistema climático y de otros factores externos (ya sean naturales o resulten de actividades humanas). Las emisiones de gases de efecto invernadero y de aerosoles debidas a actividades humanas cambian la composición de la atmósfera. Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y de aerosoles se encuentran determinadas por fuerzas impulsoras como la población, el desarrollo socioeconómico y el cambio tecnológico y, por lo tanto, son muy inciertas. Los escenarios son proyecciones alternativas de lo que podría suceder en el futuro y son una herramienta apropiada que permite analizar de qué manera estas fuerzas impulsoras pueden influir en la producción de emisiones futuras y evaluar las incertidumbres asociadas con ellas. Los escenarios del IEEE, desarrollados para actualizar la serie IS92, consisten en seis grupos de escenarios, basados en guiones narrativos, que abarcan una amplia gama de estas fuerzas impulsoras (véase la Figura 3-1). Todos son escenarios posibles e internamente coherentes, y no se les asigna probabilidades de producirse. Incluyen cuatro combinaciones de cambios demográficos, desarrollo económico y social, y adelantos tecnológicos generales (A1B, A2, B1, B2). Otros dos grupos de escenarios, A1FI y A1T, investigan de manera explícita el posible desarrollo de diferentes tecnologías energéticas para el escenario A1B (véase la Figura 3-1a). En las Figuras 3-1b a 3-1e se muestran las emisiones resultantes de los gases de efecto invernadero CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O, junto con el SO<sub>2</sub> que conduce a la producción de aerosoles de sulfato; otros gases y partículas son también importantes. Estas emisiones causan cambios en las concentraciones y aerosoles en la atmósfera. En las Figuras 3-1f a 3-1i se muestran los cambios en las concentraciones para los escenarios del IEEE. Conviene observar que para los gases que permanecen en la atmósfera durante un período prolongado, como el CO<sub>2</sub> que se muestra en el panel f), la concentración atmosférica responde con relativa lentitud a los cambios en las emisiones (véase la Figura 5-3), mientras que para gases y aerosoles de vida corta, como los aerosoles de sulfato que se muestran en el panel i), la concentración atmosférica responde mucho más rápidamente. La influencia de los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y de aerosoles en la atmósfera sobre el sistema climático se puede comparar en general utilizando el concepto de forzamiento radiativo, que constituye una medida de la influencia que un factor tiene para perturbar el balance de la energía entrante y saliente en el sistema Tierra-Atmósfera. Un forzamiento radiativo positivo, como el producido por una creciente concentración de gases de efecto invernadero, tiende a calentar la superficie; por el contrario, un forzamiento radiativo negativo, que puede ser el resultado del aumento de algunos tipos de aerosoles como los aerosoles de sulfato, tiende a enfriar la superficie. En el panel j) se muestra el forzamiento radiativo resultante de las crecientes concentraciones en los paneles f) al i). Conviene observar que, como ocurre en los escenarios IS92, todas las combinaciones de emisiones de gases de efecto invernadero y de aerosoles en los escenarios del IEEE tienen como resultado un aumento de los forzamientos radiativos.



TIE GTI Capítulos 3, 4, 5, y 6

- 3.2 **En todos los escenarios de emisiones proyectados por el IPCC se prevé que durante el siglo XXI aumenten las concentraciones de dióxido de carbono y la temperatura media de la superficie del planeta y que ascenda el nivel del mar.**

- 3.3 **Todos los escenarios de emisiones del IEEE dan como resultado un aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>.** Para los seis escenarios ilustrativos de emisiones, la concentración proyectada de CO<sub>2</sub> en el año 2100 oscila entre 540 y 970 ppm, comparada con cerca de 280 ppm en la época preindustrial, y cerca de 368 ppm en el año 2000 (véase la Figura 3-1f). Estas proyecciones incluyen las respuestas climáticas terrestres y



GTI TIE Sección 3.7.3.3

oceánicas. Las diferentes hipótesis socioeconómicas (demográficas, sociales, económicas y tecnológicas) dan como resultado niveles diferentes de gases de efecto invernadero y aerosoles en el futuro. Otras incertidumbres, sobre todo las que se refieren a la persistencia de los procesos actuales de eliminación (los sumideros de carbono) y la magnitud del impacto de la respuesta climática en la biosfera terrestre, producen una variación de -10 a +30 por ciento en la concentración estimada en cada escenario para el año 2010. Por lo tanto, la gama total sería de 490 a 1.260 ppm—de un 75 a un 350 por ciento por encima de la concentración del año 1750 (época preindustrial).

- 3.4 **Se proyecta que hacia el año 2100 varíen considerablemente los cálculos basados en simulaciones sobre concentraciones de gases principales de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> en los seis escenarios ilustrativos del IEEE.** En la mayoría de los casos, las simulaciones A1B, A1T, y B1 muestran los menores aumentos, y las simulaciones A1FI y A2 los mayores (véase la Figuras 3-1g y 3-1h).



GTI TIE Sección 4.4.5, &  
GTI TIE Recuadro 9.1

- 3.5 **Los escenarios del IEEE incluyen la posibilidad de aumentos y de disminuciones de los aerosoles antropogénicos, según el uso de combustibles fósiles y las políticas que se apliquen para disminuir las emisiones que causan la contaminación.** Como surge de la Figura 3-1i, se proyecta que hacia el año 2100 las concentraciones de aerosoles de sulfato caigan por debajo de los niveles actuales en todos los seis escenarios ilustrativos del IEEE. Esto daría como resultado un calentamiento en comparación con la situación actual. Además, se proyecta que los aerosoles naturales (como la sal marina, el polvo, y las emisiones que favorecen los aerosoles de carbono y sulfato) aumenten como resultado de cambios en el clima.



GTI TIE Sección 5.5 &  
IEEE Sección 3.6.4

- 3.6 **Se proyecta que la temperatura media de la superficie del planeta aumente de 1,4° a 5,8°C en el período 1990–2100 (véase la Figura 3-1k). Esta cantidad es de 2 a 10 veces superior al valor central del calentamiento observado durante el siglo XX, y es muy probable que la velocidad proyectada del calentamiento no tenga precedentes durante, al menos, los últimos 10.000 años, basándonos en datos del paleoclima (véase la Figura 9-1).** Durante los períodos 1990–2025 y 1990–2050, los aumentos proyectados son de 0,4 a 1,1°C y de 0,8 a 2,6°C, respectivamente. Estos resultados se extraen a partir de la gama completa de 35 escenarios del IEEE basados en una serie de simulaciones climáticas.<sup>4</sup> Se proyecta que los aumentos



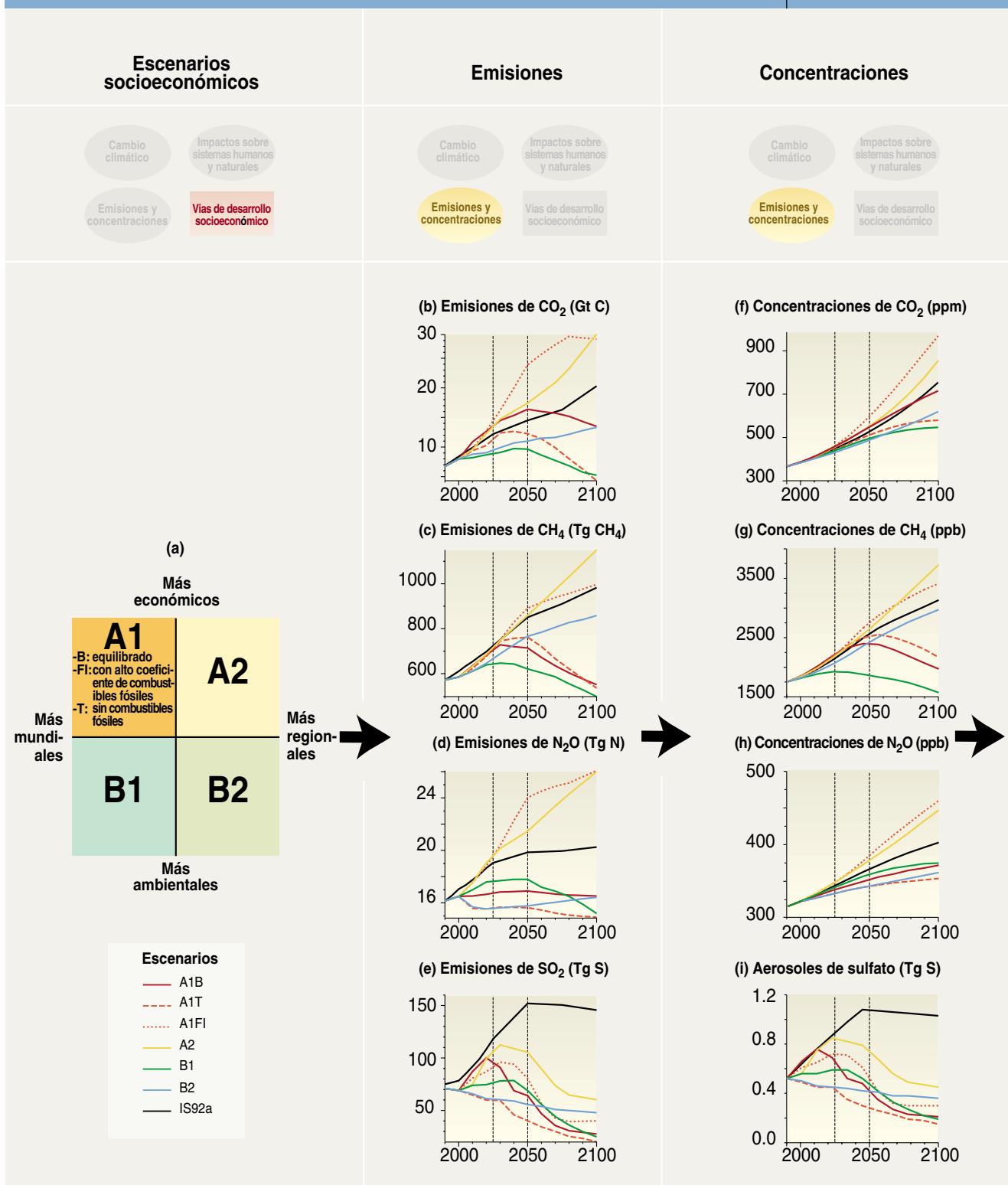
GTI TIE Sección 9.3.3

- **Figura 3-1: Las diferentes hipótesis socioeconómicas que sustentan los escenarios del IEEE tienen como resultado niveles diferentes de emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles.** Estas emisiones cambian a su vez la concentración de estos gases y aerosoles en la atmósfera, lo que produce unos cambios de los forzamientos radiativos del sistema climático. Los forzamientos radiativos producidos por los escenarios del IEEE tienen como resultado un aumento de la temperatura y una elevación del nivel del mar, lo que a su vez tiene otra serie de efectos. Los escenarios del IEEE no incluyen iniciativas climáticas adicionales y no se asignan probabilidades de ocurrencia de estos fenómenos. Como los escenarios del IEEE sólo estuvieron disponibles muy poco tiempo antes de la incorporación del TIE, la evaluación de los impactos se funda en los resultados de simulaciones climáticas que tienden a basarse en escenarios de cambio climático en equilibrio (como el 2xCO<sub>2</sub>), y sólo un número relativamente pequeño de experimentos utiliza un escenario transitorio que contempla un aumento anual de 1 por ciento de CO<sub>2</sub>, o los escenarios del SIE (como la serie IS92). Los impactos pueden, a su vez, afectar al desarrollo socioeconómico a través, por ejemplo, de la adaptación y la mitigación. Los recuadros marcados en un tono más oscuro en la parte superior de la Figura muestran de qué manera se relacionan los diferentes aspectos con el marco integrado de evaluación para la consideración del cambio climático (véase la Figura 1-1).



TIE GTI Figuras 3.12, 4.14,  
5.13, 9.13, 9.14, & 11.12,  
TIE GTII Figura 19-7, &  
IEEE Figuras RRP-2,  
RRP-5, RRP-6, & RT-10

<sup>1</sup> La principal herramienta para la proyección del cambio climático en el futuro son simulaciones climáticas complejas basadas en fenómenos físicos. Para investigar la gama de escenarios, se pueden complementar con simulaciones climáticas sencillas que proporcionen una respuesta equivalente en temperatura y nivel del mar a la que se obtiene de simulaciones climáticas complejas. Estas proyecciones se obtienen utilizando una simulación climática simple cuya sensibilidad climática y absorción de calor en el océano estén calibradas para cada uno de las siete simulaciones climáticas complejas. La sensibilidad climática utilizada en la simulación simple tiene una gama comprendida entre 1,7 y 4,2°C, que es comparable a la gama comúnmente aceptada de 1,5–4,5°C. En cuanto a los experimentos con la Simulación general de circulación atmosférica-oceáno (AOGCM) para finales del siglo XXI (años 2071–2100) comparados con el período 1961–1990, el calentamiento medio para el escenario A2 del IEEE es de 3,0°C, con una gama de 1,3 a 4,5°C, mientras que para el escenario B2 del IEEE, el calentamiento medio es de 2,2°C, con una gama de 0,9 a 3,4°C.



### A1FI, A1T y A1B

El conjunto de guión y escenario A1 describe un mundo futuro con un muy rápido crecimiento económico, una población que alcanza su punto máximo a mediados de siglo y decrece posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficaces. Los principales problemas son la convergencia entre las regiones, el desarrollo de la capacidad y un

aumento de las interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de las diferencias regionales en el ingreso per cápita. El conjunto del escenario A1 se desarrolla en tres grupos que muestran las direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos en A1 se distinguen por un énfasis en las tecnologías: con alto

coeficiente de combustibles fósiles (A1FI), fuentes de energía no derivada de combustibles fósiles (A1T) y un equilibrio en todas las fuentes (A1B) (en donde se define el 'equilibrio' como la no dependencia de un tipo de energía en particular, o la aplicación de niveles parecidos de mejora a todas las fuentes de energía y tecnologías para usos finales).

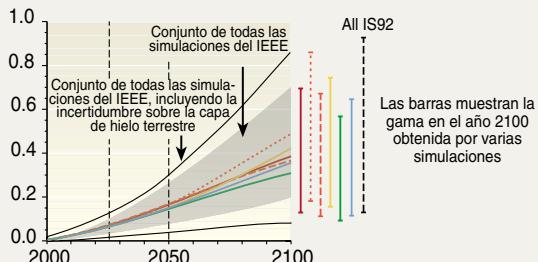
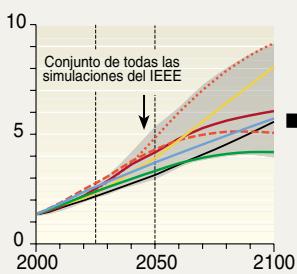
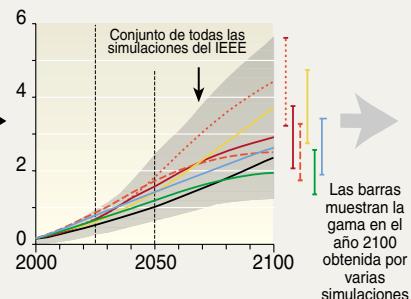
## Forzamientos radiativos

## Cambio de temperatura y nivel del mar

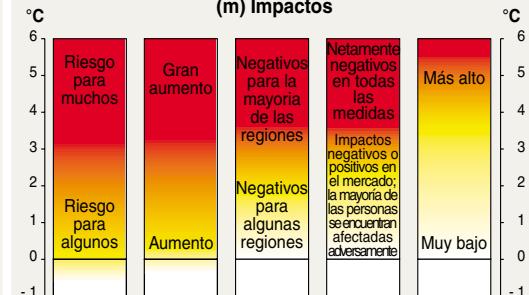
## Reasons for Concern



## (l) Elevación del nivel del mar (m)

(j) Forzamiento radiativo ( $\text{Wm}^{-2}$ )(k) Cambio de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

## (m) Impactos



- I Riesgos a sistemas únicos y amenazados
- II Riesgos de fenómenos climáticos extremos
- III Distribución de los impactos
- IV Impactos agregados
- V Riesgos de futuras discontinuidades a gran escala

## Escenarios

- A1B
- - A1T
- ... A1FI
- A2
- B1
- B2
- IS92a

## A2

El conjunto de guión y escenario A2 es muy heterogéneo. El principal problema es la independencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fecundidad en todas las regiones convergen muy lentamente, lo que produce un aumento constante de población. El desarrollo económico se encuentra orientado principalmente hacia las regiones y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico se encuentran más fragmentados y son más lentos que en otros guiones.

## B1

El conjunto de guión y escenario B1 describe un mundo convergente y con la misma población mundial, que alcanza su punto máximo a mitad de siglo y disminuye posteriormente, tal y como sucede en el guión A1, pero muestra un cambio rápido en las estructuras económicas, hacia una economía de servicios e información, con reducciones en las tecnologías con un alto coeficiente de materiales y la incorporación de tecnologías limpias y que utilizan eficientemente los recursos. Este escenario hace hincapié en encontrar soluciones globales a las cuestiones de sostenibilidad económica, social y ambiental, incluido un mejoramiento en términos de equidad, pero sin contar con iniciativas climáticas adicionales.

## B2

El conjunto de guión y escenario B2 describe una situación en donde se pone énfasis en las soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental. Indica un mundo en que la población mundial aumenta constantemente, aunque a un ritmo menor que en A2, con niveles intermedios de desarrollo económico, y un cambio tecnológico más lento y más diverso que en B1 y A1. El escenario también se orienta a la protección ambiental y la equidad social, pero se centra en la situación local y regional.

de temperatura sean mayores que los estimados en el SIE, que variaban entre 1,0 y 3,5°C, y se extrajeron de seis escenarios IS92. Las mayores temperaturas proyectadas y la más amplia gama se deben principalmente a las emisiones inferiores de SO<sub>2</sub> proyectadas en los escenarios del IEEE en comparación con los escenarios IS92, debido a los cambios estructurales en el sistema energético, además de las preocupaciones sobre la contaminación del aire a nivel local y regional.

- 3.7 **Para el año 2100, la gama de las respuestas de la temperatura de la superficie del planeta proyectadas en las diferentes simulaciones climáticas para el mismo escenario de emisiones ha de ser comparable a la gama de los diferentes escenarios de emisiones del IEEE para una simulación climática única.** La Figura 3–1 indica que los escenarios del IEEE que acusan los mayores resultados en emisiones muestran las proyecciones de aumentos más importantes de temperatura. Se plantean otras incertidumbres debido a la incertidumbre sobre los forzamientos radiativos, y la más importante se relaciona con los aerosoles de sulfato.
- 3.8 **Se proyecta que durante el siglo XXI aumente la precipitación media anual en todo el mundo.** También se prevé que aumente la media de vapor de agua y de evaporación.
- 3.9 **Se espera que entre los años 1990 y 2100 el nivel medio mundial del mar se eleve en un 0,09–0,88 m, para la gama completa de escenarios del IEEE (véase la Figura 3–1).** Durante los períodos 1990–2025 y 1990–2050, los aumentos proyectados son de 0,03–0,14 m y de 0,05–0,32 m, respectivamente. La causa principal es el aumento de la temperatura de los océanos y la pérdida de masa de los glaciares y las capas de hielo. La gama del ascenso del nivel del mar prevista en el SIE y basada en los escenarios IS92 fue de 0,13–0,94 m. A pesar que en esta evaluación se prevé un cambio de temperatura más importante, las proyecciones del nivel del mar que se ofrecen son un poco menores, debido principalmente al empleo de mejores simulaciones que asignan una menor contribución a los glaciares y las capas de hielo.
- 3.10 **Se proyectan importantes diferencias en los cambios regionales en el clima y en el nivel del mar, comparados con el cambio medio mundial.**
- 3.11 **Es muy probable que casi todas las zonas terrestres se calienten más rápidamente que la media mundial, particularmente durante el invierno en las zonas situadas en las latitudes altas del Norte.** El cambio más destacado es el calentamiento en las regiones del Norte de América, y del Norte y Centro de Asia, que en cada simulación supera en más del 40 por ciento el calentamiento medio mundial. En contraste, el calentamiento es menor que el cambio medio mundial en Asia meridional y sudoriental durante el verano, y en la parte meridional de Sudamérica durante el invierno (véase la Figura 3–2).



GTI TIE Sección 9.3.3



GTI TIE Sección 9.3.1



GTI TIE Sección 11.5.1



GTI TIE Sección 10.3.2

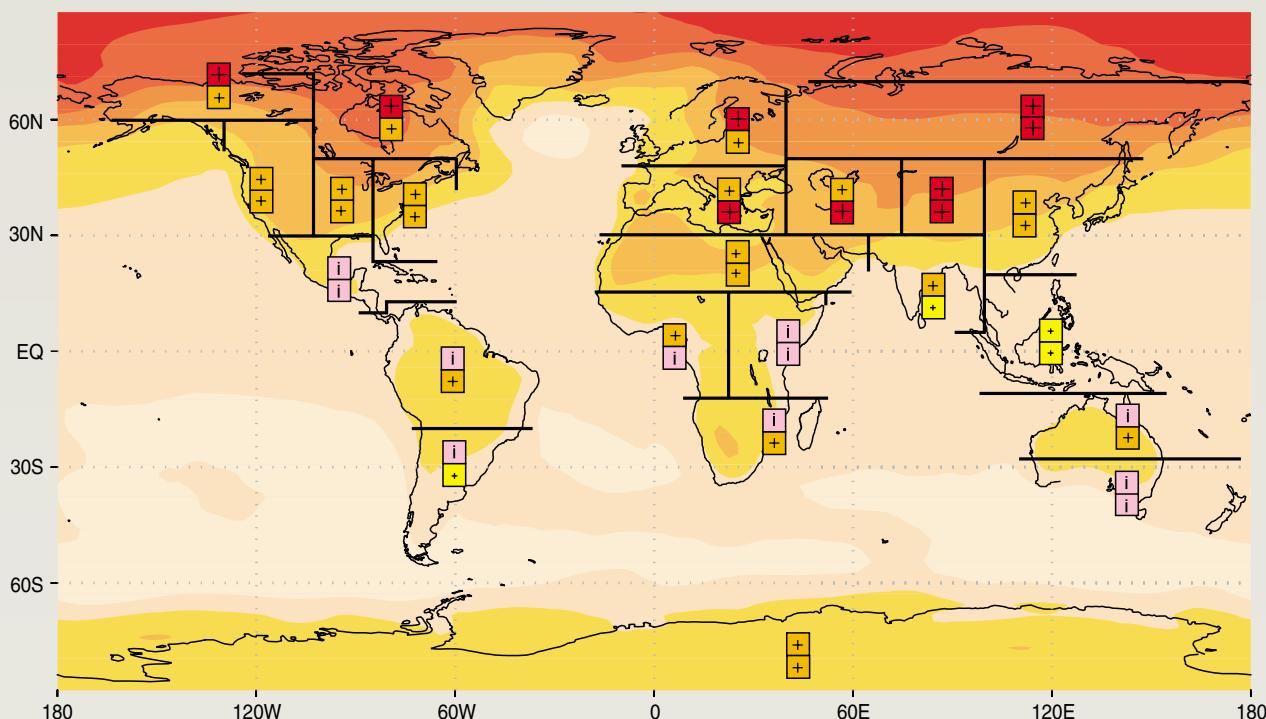


TIE GTI Figuras 9–10d y 9–10e, y TIE GTI Recuadro 10–1 (Figura 1)

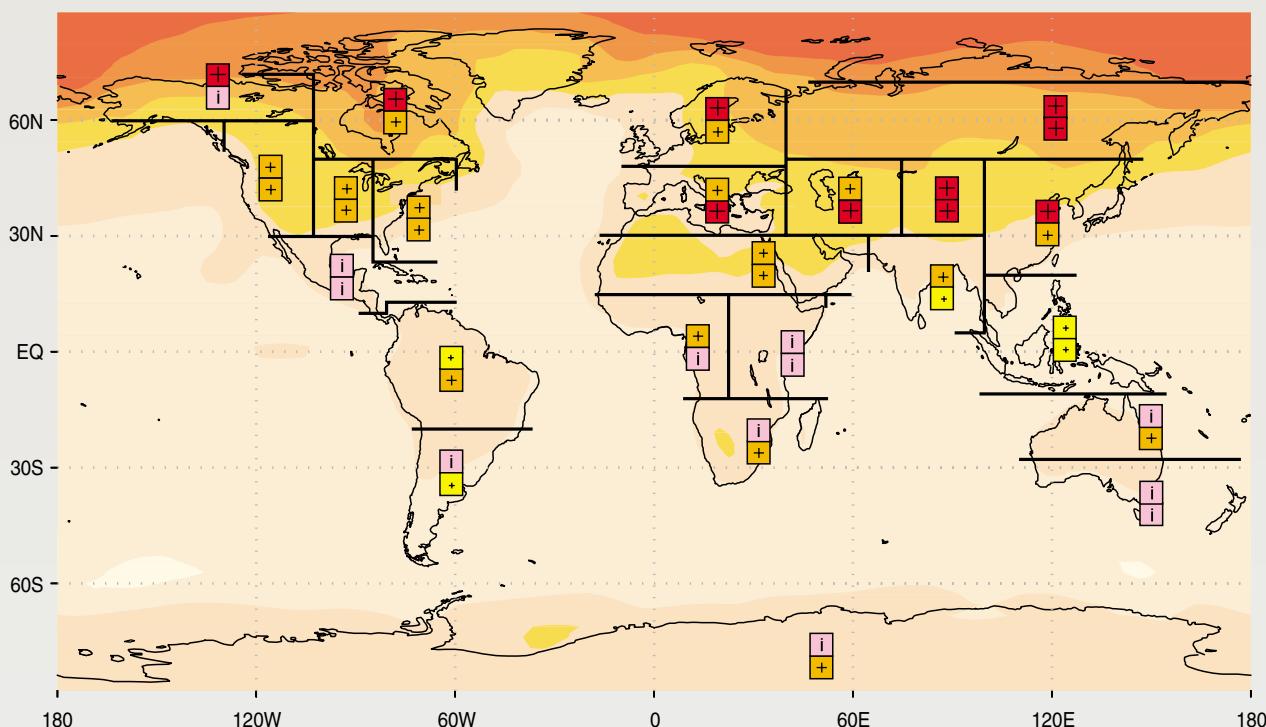
- **Figura 3–2: El fondo muestra el cambio medio anual de la temperatura (sombreado en color) para: a) el escenario A2 del IEEE, y b) el escenario B2 del IEEE.** Ambos escenarios del IEEE muestran el período 2071–2100 en relación con el período 1961–1990, y fueron llevados a cabo por la simulación general de circulación atmósfera-oceánica (AOGCM). Se muestran los escenarios A2 y B2 ya que no se disponía de experimentos llevados a cabo por el AOGCM para los otros escenarios del IEEE. Los recuadros muestran un análisis de coherencia entre simulaciones en lo que se refiere a calentamiento regional relativo (es decir, el calentamiento en relación con el calentamiento mundial medio en cada simulación) para los mismos escenarios. Las regiones se clasifican entre las que muestran una coincidencia sobre los resultados del calentamiento por encima del 40 por ciento sobre el promedio anual de la media mundial (mucho mayor que la media de calentamiento), una coincidencia sobre un calentamiento mayor que el promedio anual de la media mundial (mayor que la media de calentamiento), una coincidencia sobre un calentamiento menor que el promedio anual de la media mundial (menor que la media de calentamiento), o una discrepancia entre las simulaciones con respecto a la magnitud del calentamiento regional relativo (magnitud incoherente de calentamiento). También existe una categoría para la coincidencia sobre el enfriamiento (esta categoría nunca ocurre). Se entiende por resultado coherente en al menos siete de las nueve simulaciones al que es necesario para la coincidencia. El promedio anual de la media mundial de calentamiento de las simulaciones oscila entre 1,2 y 4,5°C para el escenario A2 y entre 0,9 y 3,4°C para el B2 y, por lo tanto, una amplificación regional del 40 por ciento representa una gama de calentamiento entre 1,7 y 6,3°C para el escenario A2 y entre 1,3 y 4,7°C para el B2.

## Cambios de temperatura en los escenarios A2 y B2

### a) Escenario A2



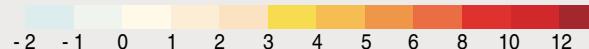
### b) Escenario B2



**Cambio de temperatura en relación con la media mundial de la simulación**

- [Red square] Mucho mayor que el calentamiento medio
- [Yellow square] Mayor que el calentamiento medio
- [Yellow plus] Menor que el calentamiento medio
- [Pink square] Magnitud incoherente de calentamiento
- [Blue square] Enfriamiento

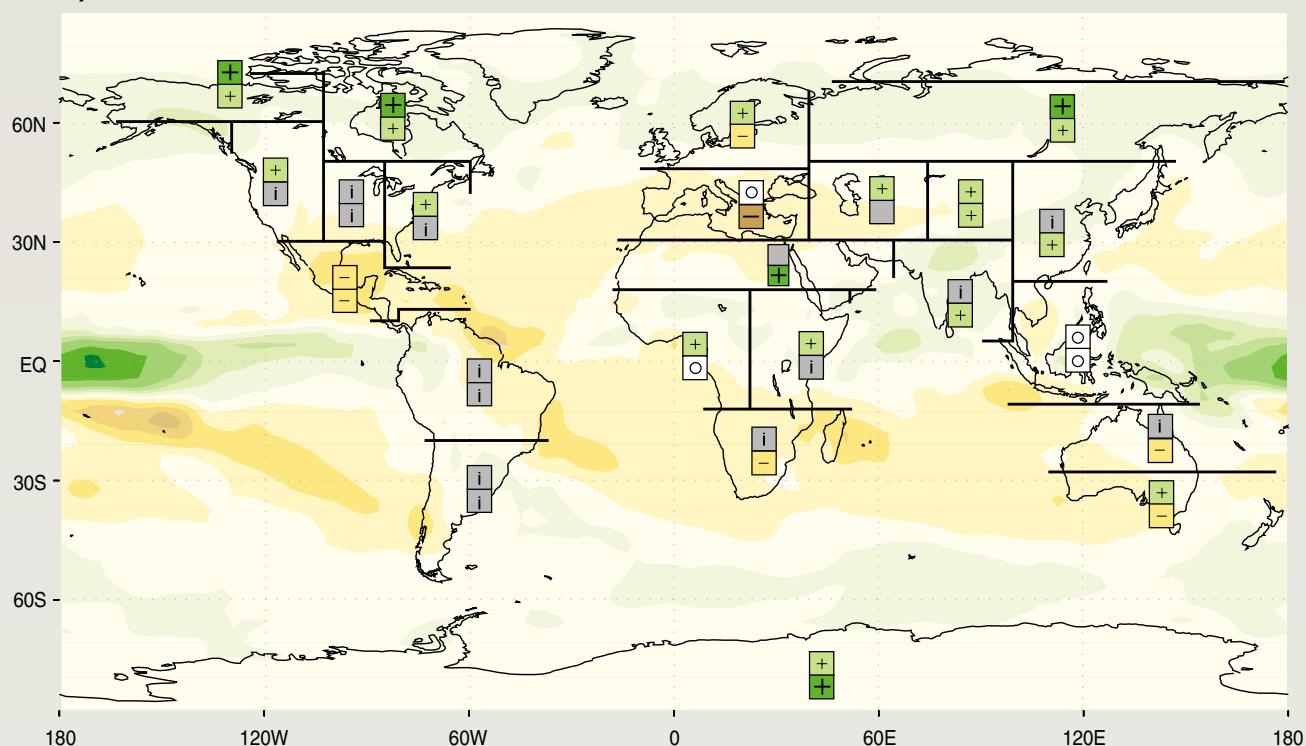
**Cambio de la temperatura media mundial (°C)**



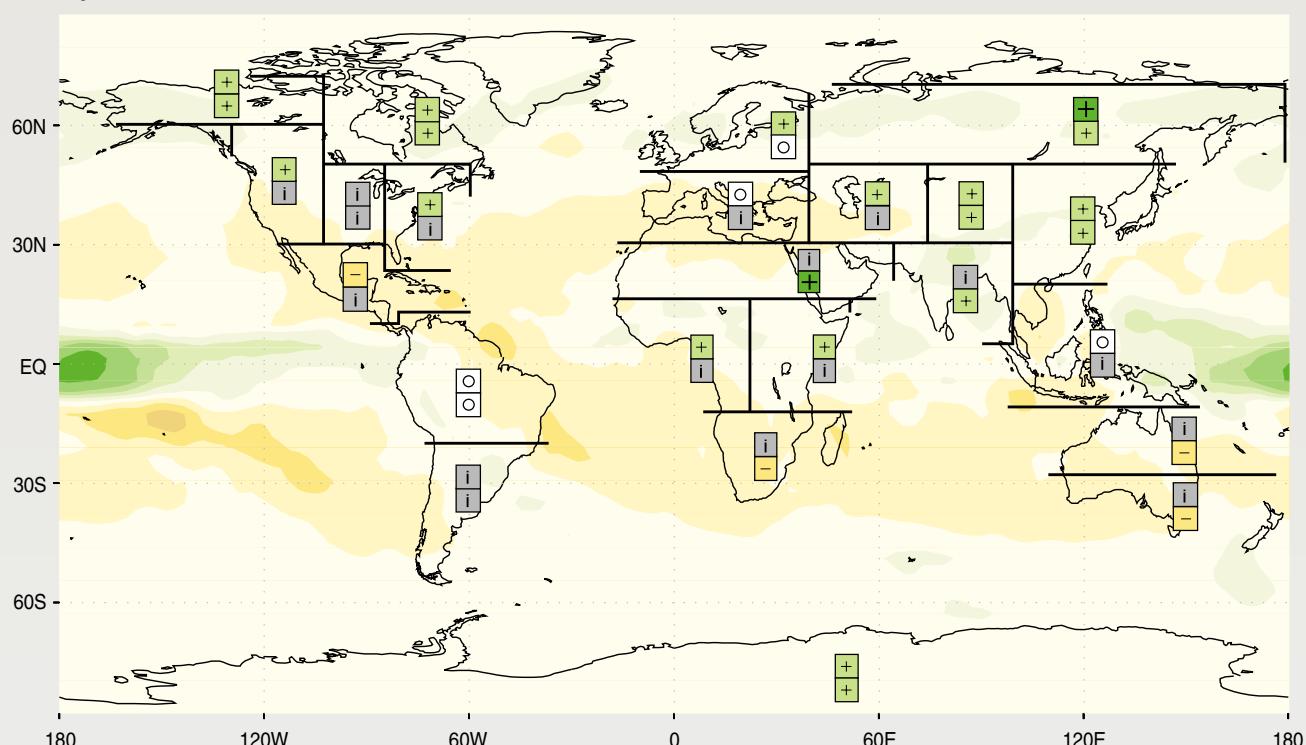
Diciembre-enero-febrero  
Junio-julio-agosto

## Cambios en las precipitaciones en los escenarios A2 y B2

### a) Escenario A2



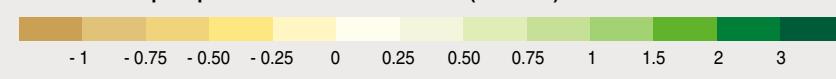
### b) Escenario B2



Cambios en las precipitaciones

- [+] Gran aumento
- [+] Pequeño aumento
- [O] Ningún cambio
- [-] Pequeño descenso
- [-] Gran descenso
- [i] Indicaciones incoherentes

Cambio en las precipitaciones medias mundiales ( $\text{mm d}^{-1}$ )



- [ ] Diciembre-enero-febrero
- [ ] Junio-Julio-agosto

**3.12 A escala regional se proyecta un aumento y disminución de las precipitaciones, generalmente de un 5–10 por ciento.** Es probable que las precipitaciones aumenten en regiones situadas en latitudes altas, tanto en verano como en invierno. También se esperan aumentos en latitudes medias del Norte, en la zona tropical de África y en el Antártico durante el invierno, y en Asia meridional y sudoriental en verano. Las precipitaciones durante el invierno continuarán descendiendo en Australia, América Central y África meridional. Es muy probable que en la mayoría de las zonas en donde se proyecta un aumento de la precipitación media se observen también mayores variaciones de precipitaciones de un año a otro (véase la Figura 3–3).



GTI TIE Sección 10.3.2

**3.13 La proyecciones de las variaciones regionales en el cambio del nivel del mar son importantes comparadas con la elevación media mundial proyectada del nivel del mar, porque el nivel del mar en la línea de costa se encuentra determinado por muchos factores (véase la Figura 3–4).** La confianza en la distribución regional de los cambios del nivel del mar en simulaciones complejas es baja, ya que los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones varían mucho, aunque casi todas ellas proyectan un aumento mayor que la media en el Océano Ártico, y menor que la media en el Océano Austral.



GTI TIE Sección 11.5.2

**3.14 Se espera que los glaciares y las capas de hielo se sigan reduciendo durante el siglo XXI.** Se prevé que disminuyan aún más la capa de nieve en el Hemisferio Norte, el permafrost, y la extensión del hielo marino. Es posible que la *placa de hielo* del Antártico aumente su masa debido a la mayor precipitación, mientras que en Groenlandia la pierda, debido a que la escorrentía supere el aumento de la precipitación. La preocupación acerca de la estabilidad de la *placa de hielo* del Antártico occidental se trata en la Pregunta 4.



GTI TIE Sección 11.5.4

**3.15 El cambio climático proyectado ha de tener consecuencias ambientales y socioeconómicas positivas y negativas, pero cuanto mayor sea el cambio climático y su ritmo, más predominarán los efectos adversos.**

**3.16 Los impactos del cambio climático han de ser más graves cuanto mayores sean las emisiones acumuladas de gases de efecto invernadero (confianza media).**

El cambio climático puede tener efectos positivos además de los adversos, pero se proyecta que éstos últimos predominen en la mayor parte del mundo. Los diferentes efectos del cambio climático conllevan riesgos que aumentan con la temperatura media mundial. Muchos de estos riesgos se han organizado en cinco categorías, que son motivo de preocupación: amenazas a especies en peligro y a sistemas únicos, daños producidos por fenómenos climáticos extremos, impactos que afectan sobre todo en los países en desarrollo y en los sectores de población más pobres dentro de dichos países, efectos mundiales agregados, y fenómenos a gran escala y de grandes repercusiones (véase el Recuadro 3–2 y la Figura 3–1). Se resumen a continuación los impactos del cambio climático en la salud humana, los ecosistemas, la producción de alimentos, los recursos hídricos, las pequeñas islas y zonas costeras bajas, y las actividades mercantiles agregadas. Sin embargo, hay que advertir que en la mayoría de estos estudios no se han tenido en cuenta los cambios futuros en la frecuencia o intensidad de los fenómenos extremos (ver también Pregunta 4).



GTII TIE Secciones 1.2, 19.3, 19.5, &amp; 19.8

**Figura 3–3: El fondo muestra el cambio medio anual de precipitaciones (sombreado en color) para: a) el escenario A2 del IEEE y b) el escenario B2 del IEEE.** Ambos escenarios del IEEE muestran el período 2071–2100 en relación con el período 1961–1990, y fueron llevados a cabo por la simulación general de circulación atmósfera-océano (AOGCM). Se muestran los escenarios A2 y B2 ya que no se disponía de experimentos llevados a cabo por el AOGCM para los otros escenarios del IEEE. Los recuadros muestran un análisis de coherencia entre simulaciones en lo que se refiere al cambio regional de precipitaciones. Las regiones se clasifican entre las que muestran una coincidencia sobre dicho cambio con un aumento medio mayor al 20 por ciento (aumento grande), una coincidencia sobre el cambio con un aumento medio de entre 5 y 20 por ciento (aumento pequeño), una coincidencia sobre un cambio de entre -5 y +5 por ciento (ningún cambio), o una coincidencia sobre un cambio de entre -5 y -20 por ciento (pequeño descenso), una coincidencia sobre un cambio medio de más del -20 por ciento (gran descenso), o una discrepancia (indicación incoherente). Se entiende por resultado coherente en al menos siete de las nueve simulaciones como aquel que es necesario para una coincidencia.



TIE GTI Recuadro 10–1 (Figura 2)

**Recuadro 3-2** Preocupaciones sobre los riesgos del aumento del cambio climático en la temperatura.

- Sistemas únicos y amenazados:** Algunos cambios en especies y sistemas ya se han asociado a cambios observados en el clima, y con unos muy pequeños cambios climáticos algunas especies y sistemas muy vulnerables podrían estar expuestos a riesgos de daño, e incluso desaparecer. Un mayor calentamiento podría agravar el riesgo para semejantes especies y sistemas, y exponer a riesgo a otras.
- Fenómenos climáticos extremos:** Ya se ha observado una mayor frecuencia e intensidad en algunos fenómenos extremos (véase Pregunta 2), que probablemente han de aumentar con un mayor calentamiento, al igual que los riesgos para la vida humana, los bienes, las cosechas, los animales y los ecosistemas. Estos riesgos aumentan se desarrollan zonas inestables e intrínsecamente dinámicas (como llanuras sujetas a inundaciones fluviales y zonas costeras bajas) (véase también Pregunta 4).
- Distribución desigual de los impactos:** En general, los países en desarrollo están expuestos que los países desarrollados a un mayor riesgo de sufrir los impactos adversos producidos por un cambio climático, y algunos de los segundos pueden experimentar beneficios en el sector del mercado con un calentamiento de menos de unos pocos °C. Si el calentamiento es mayor, la mayoría de las regiones corren el riesgo de sufrir impactos predominantemente negativos. Sin embargo, los países en desarrollo seguirían estando más afectados adversamente que los países desarrollados. Dentro de un país determinado, la vulnerabilidad varía y las poblaciones más pobres con frecuencia están más expuestas a impactos que amenazan su vida y medios de subsistencia.
- Impactos mundiales agregados:** Los efectos mundiales agregados en el sector del mercado pueden ser positivos o negativos con un cambio de unos pocos °C, aunque la mayoría de las personas pueden verse afectadas de manera negativa. Si el calentamiento es mayor, aumenta el riesgo de impactos mundiales negativos en el sector del mercado, y los efectos podrían ser predominantemente negativos para la mayoría de las personas.
- Fenómenos de gran escala y gran impacto:** La probabilidad de fenómenos de gran escala y gran impacto en un horizonte temporal de 100 años, como la interrupción de la circulación termohalina o la fusión de la placa de hielo del Oeste del Antártico, es muy pequeña con un calentamiento inferior a unos pocos °C. En general, no se ha cuantificado el riesgo que resulta de las probabilidades de estos acontecimientos y la magnitud de sus consecuencias. Con un calentamiento mayor, y en un horizonte temporal mayor a 100 años, las probabilidades y el riesgo aumentan, pero en un grado que no se puede estimar. Véase también la Pregunta 4.

- TIE GTII Secciones 5.2, 5.4, y 19.3
- TIE GTII Secciones 15.2 y 19.6
- TIE GTII Sección 19.4
- TIE GTII Sección 19.5
- TIE GTII Sección 19.6

## ¿Qué causa la elevación del nivel del mar?

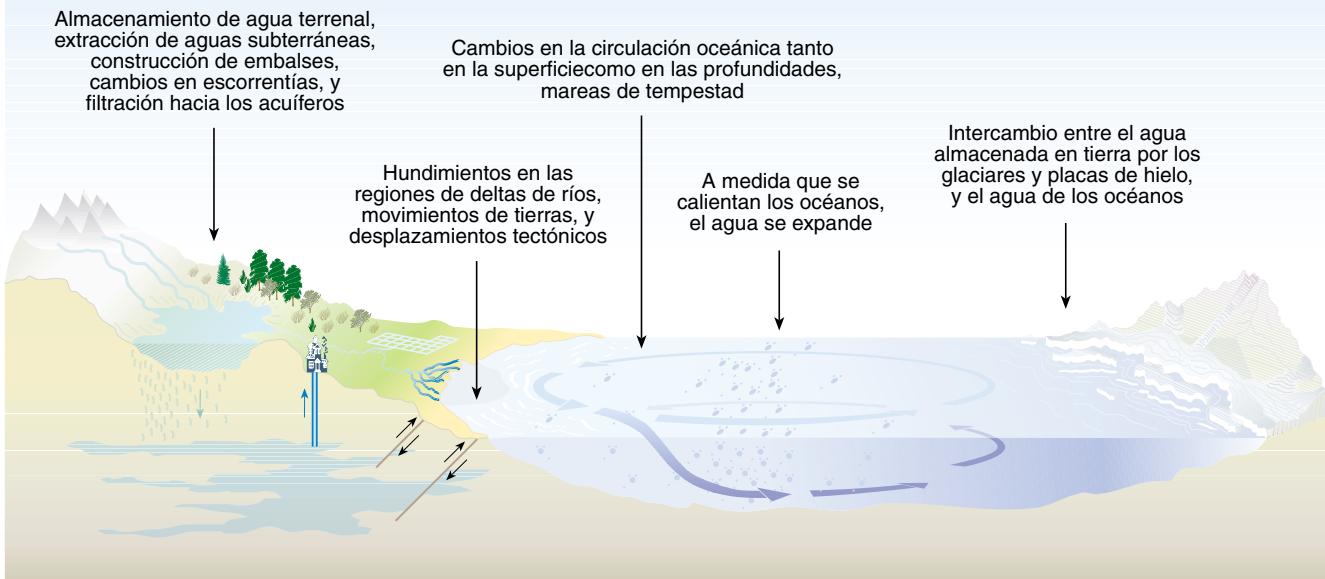


Figura 3-4: El nivel del mar en la línea de costa está determinado por muchos factores en el entorno mundial que funcionan en una extensa gama de escalas temporales, desde horas (mareas) a millones de años (cambios en las cuencas oceánicas debido a movimientos tectónicos y sedimentación). En una escala temporal de decenios a siglos, algunas de las mayores influencias sobre los niveles medio del mar tienen relación con el clima y procesos de cambio climático.

- TIE GTI Recuadro RT-2

## Salud humana

- 3.17 En general, se proyecta que el cambio climático aumente los peligros para la salud humana, sobre todo en las poblaciones con menores recursos económicos en países tropicales y subtropicales.** El cambio climático puede afectar a la salud humana a través de múltiples vías, lo que incluye los efectos directos sobre la salud humana (menos problemas producidos por el frío en países cálidos pero aumento de problemas por el aumento del calor; pérdida de vidas humanas por inundaciones y tormentas) y los efectos indirectos que se manifiestan en cambios en la gama de organismos vectores que transmiten enfermedades infecciosas (por ejemplo, las producidas por mosquitos),<sup>5</sup> los agentes patógenos del agua, la calidad del agua y del aire, y la disponibilidad y calidad de los alimentos (por ejemplo, la disminución del contenido en proteínas en algunos cereales), el desplazamiento de la población, y la desestabilización económica (*confianza de media a alta*). Algunos efectos pueden ser beneficiosos (como la reducción de los problemas ocasionados por el frío, y la reducción de la transmisión de enfermedades en algunos casos), pero se prevé que predominen los efectos adversos (véase el Cuadro 3–1). Los impactos reales han de verse muy influenciados por las condiciones ambientales y las circunstancias socioeconómicas locales, y para cada efecto adverso previsto en la salud humana existe una gama de opciones de adaptación sociales, institucionales, tecnológicas y de comportamiento para disminuirlo. La adaptación podría abarcar, por ejemplo, el fortalecimiento de las infraestructuras de la salud pública, la gestión del medio ambiente orientada a la salud (incluidas la calidad del aire y del agua, la seguridad alimenticia, el diseño urbano y de la vivienda, y la gestión del agua superficial), y el suministro de atención médica apropiada.


**GTII TIE Secciones 5.3, 9.1, 9.5, & 9.11**

## Diversidad biológica y productividad de los sistemas ecológicos

- 3.18 Se proyecta que la diversidad en los sistemas ecológicos se vea afectada por el cambio climático y por la elevación del nivel del mar, con un riesgo creciente de extinción de algunas especies vulnerables (*confianza alta*).** Se espera que aumenten las perturbaciones importantes en los ecosistemas debido a factores como incendios, sequías, plagas, invasión de especies, tormentas y decoloración de los corales (véase el Cuadro 3–2). Los problemas causados por el cambio climático, cuando se añaden a otros que sufren los sistemas ecológicos (como la transformación y la degradación de los terrenos, las cosechas y la contaminación), pueden causar daños muy significativos o incluso la pérdida total de algunos ecosistemas únicos y la extinción de especies en peligro. Los arrecifes y atolones coralinos, los manglares, los bosques boreales y tropicales, los ecosistemas polares y alpinos, las tierras húmedas en las praderas, y los restos de praderas indígenas son ejemplos de sistemas amenazados por el cambio climático. En algunos casos los ecosistemas amenazados son los que podrían mitigar los efectos de los cambios climáticos (por ejemplo, los sistemas costeros que actúan como amortiguadores de los efectos de las tormentas). Entre posibles métodos de adaptación que reducen la pérdida de diversidad biológica pueden mencionarse la creación de refugios, parques y reservas con corredores para permitir la migración de las especies, el uso de cría de animales en cautividad y el traslado de especies a otros hábitat.


**GTII TIE Secciones 5.2.3, 5.4.1, 16.2, 17.2, 19.3.2–3**

- 3.19 La productividad de los sistemas ecológicos es muy sensible a los cambios climáticos, y las proyecciones del cambio en la productividad abarca tanto aumentos como disminuciones (*confianza media*).** Las crecientes concentraciones de CO<sub>2</sub> podrían aumentar la productividad neta principal (fertilización por CO<sub>2</sub>) y la productividad neta del ecosistema en la mayoría de los sistemas de vegetación, causando


**GTI TIE Sección 3.7 & GTII TIE Secciones 5.2.2 & 5.6.3**

<sup>5</sup> Ocho estudios han realizado simulaciones sobre los efectos de cambios climáticos en este tipo de enfermedad—cinco sobre paludismo y tres sobre el dengue. Siete de ellos utilizan puntos de vista biológicos o basados en procesos y el otro se sirve de un enfoque empírico o estadístico.

<b>Cuadro 3-1</b> Consecuencias del cambio climático para la salud humana en ausencia de intervenciones de política sobre el clima.			
	<b>2025</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Concentración de CO <sub>2</sub> <sup>a</sup>	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Cambio de la temperatura media mundial desde el año 1990 <sup>b</sup>	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
Elevación media mundial del nivel del mar desde el año 1990 <sup>b</sup>	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
<b>Efectos en la salud humana<sup>c</sup></b>			
Problemas y mortalidad producidos por el calor en invierno [TIE GTII Sección 9.4]	Aumento de muertes y enfermedades relacionadas con el calor ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). Disminución de muertes en invierno en algunas regiones templadas ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Intensificación de los efectos de los problemas térmicos ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos de los problemas térmicos ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).
Enfermedades transmitidas por vectores y por el agua [TIE GTII Sección 9.7]		Expansión de las zonas de transmisión del paludismo y el dengue ( <i>confianza entre media y alta</i> <sup>d</sup> ).	Mayor expansión en zonas de transmisión potencial ( <i>confianza entre media y alta</i> <sup>d</sup> ).
Inundaciones y tormentas [TIE GTII Secciones 3.8.5 y 9.5]	Aumento de muertes, heridas e infecciones asociadas con fenómenos climáticos extremos ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).	Mayor aumento de muertes, heridas e infecciones ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).	Mayor aumento de muertes, heridas e infecciones ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).
Nutrición [TIE GTII Secciones 5.3.6 y 9.9]	Los pobres son vulnerables a un mayor riesgo de hambre, pero los adelantos de la ciencia	Los pobres siguen siendo vulnerables a un mayor riesgo de hambre.	Los pobres siguen siendo vulnerables a un mayor riesgo de hambre.

<sup>a</sup> Las gamas indicadas de las concentraciones de CO<sub>2</sub> se han estimado sobre la base de simulaciones del ciclo rápido del carbono para los seis escenarios ilustrativos del IEEE y corresponden a los valores máximos y mínimos obtenidos sobre la base de simulaciones con un ciclo rápido del carbono en las 35 proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero del IEEE. Véase TIE GTI, Sección 3.7.3.

<sup>b</sup> Las gamas indicadas del cambio de la temperatura media mundial y la elevación media mundial del nivel del mar corresponden a los valores máximos y mínimos estimados mediante una simulación climática sencilla en las 35 proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero y las emisiones de SO<sub>2</sub> del IEEE. Véase TIE GTI, Secciones 9.3.3 y 11.5.1.

<sup>c</sup> Las afirmaciones del resumen sobre los efectos del cambio climático durante los años 2025, 2050, y 2100 se deducen a partir de la evaluación realizada por el Grupo de Trabajo II de las investigaciones de los impactos de otros escenarios que no son proyecciones del IEEE, ya que los estudios que utilizan las proyecciones del IEEE no se han publicado todavía. Las estimaciones de los impactos del cambio climático varían según las regiones y son muy sensibles a las estimaciones de las pautas regionales y estacionales de los cambios de temperaturas y precipitaciones, los cambios en las frecuencias o intensidad de fenómenos climáticos extremos, y la velocidad de dichos cambios. Las estimaciones de los impactos son también muy sensibles a las hipótesis adoptadas sobre las características de las sociedades futuras y el alcance y eficacia de las adaptaciones futuras al cambio climático. Por lo tanto, las afirmaciones del resumen sobre los impactos del cambio climático en los años 2025, 2050, y 2100 son necesariamente generales y relativas. Las afirmaciones contenidas en el cuadro se consideran válidas para una amplia gama de escenarios. Conviene observar, sin embargo, que pocos estudios han investigado los impactos de los cambios climáticos que acompañarían a un aumento las temperaturas mundiales próximo al límite superior de la gama mostrada para el año 2100.

<sup>d</sup> En los juicios sobre la confianza se utiliza la escala siguiente: *muy alta* (95 por ciento o mayor), *alta* (67-95 por ciento), *media* (33-67 por ciento), *baja* (5-33 por ciento), y *muy baja* (5 por ciento o menos). Véase TIE GTII, Recuadro 1-1.

con el paso del tiempo la acumulación del carbono en la vegetación y en los suelos. El cambio climático podría aumentar o reducir los efectos directos del CO<sub>2</sub> en la productividad, según el tipo de vegetación, la región y el escenario del cambio climático.

- 3.20 **En la actualidad los ecosistemas terrestres actúan como un sumidero de carbono, que puede reducirse a medida que aumenta el calentamiento hacia finales del siglo XXI (véase el Cuadro 3-2) (*confianza media*)**. Los ecosistemas terrestres, en estos momentos, son sumideros de carbono. Esto es, en parte, consecuencia del desfase en el proceso que media entre un mejor crecimiento de las plantas y su muerte y descomposición. El mejor crecimiento de las plantas en la actualidad se debe en parte a los efectos fertilizantes de una cantidad elevada de CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis (ya sea directamente, mediante una mayor asimilación del carbono, o indirectamente, a través de una mayor eficiencia en el uso del agua), la sedimentación del nitrógeno (especialmente en el Hemisferio Norte), el cambio climático, y las prácticas en el uso de las tierras en los últimos decenios. La absorción ha



GTI TIE Sección 3.2.2,  
GTII TIE Secciones 5.2,  
5.5–6, & IEUTCS Sección  
1.4

<b>Cuadro 3-2</b> Efectos del cambio climático en el ecosistema si no se realizan intervenciones climáticas políticas.*			
	<b>2025</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Concentración de CO <sub>2</sub> <sup>a</sup>	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Cambio de la temperatura media mundial desde el año 1990 <sup>b</sup>	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
Elevación media mundial del nivel del mar desde el año 1990 <sup>b</sup>	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
<b>Efectos en el ecosistema<sup>c</sup></b>			
Arrecifes de coral [TIE GTII Secciones 6.4.5, 12.4.7, y 17.2.4]	Aumento en la frecuencia de decoloración y muerte de corales ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Mayor decoloración y muerte de corales ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Mayor decoloración y muerte de corales ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). Reducción de la diversidad biológica de las especies y de la producción pesquera en los arrecifes ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ).
Humedales costeros y línea de costa [TIE GTII Secciones 6.4.2 y 6.4.4]	Desaparición de algunos humedales costeros debido a la elevación del nivel del mar ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Aumento de la erosión costera ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ).	Mayor desaparición de humedales costeros ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Mayor erosión costera ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ).	Mayor desaparición de humedales costeros ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Mayor erosión costera ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ).
Ecosistemas terrestres [TIE GTII Secciones 5.2.1, 5.4.1, 5.4.3, 5.6.2, 16.1.3, y 19.2]	Prolongación de la época de crecimiento de las plantas en latitudes medias y altas; cambios en el área de distribución de plantas y especies animales ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). <sup>e,f</sup> Incremento de la productividad primaria neta en muchos bosques de latitudes medias y altas ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Aumento en la frecuencia de alteraciones en el ecosistema producidas por incendios y plagas de insectos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Extinción de algunas especies en peligro; muchas otras más próximas de la extinción ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). El aumento de la productividad primaria neta puede continuar o no. Aumento en la frecuencia de alteraciones en el ecosistema producidas por incendios y plagas de insectos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Pérdida de hábitat naturales y sus especies endémicas (por ejemplo, la vegetación en la región de El Cabo en Sudáfrica y algunos bosques nublados) ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Aumento en la frecuencia de alteraciones en el ecosistema producidas por incendios y plagas de insectos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).
Entornos con hielo [TIE GTI Secciones 2.2.5 y 11.5; TIE GTII Secciones 4.3.11, 11.2.1, 16.1.3, 16.2.1, 16.2.4, y 16.2.7]	Retirada de glaciares, disminución de la extensión del hielo marino, fusión parcial del permafrost, prolongación de las estaciones sin hielo en ríos y lagos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). <sup>f</sup>	Reducción general del hielo marino en el Ártico, lo que beneficia a la navegación pero perjudica a la fauna silvestre (focas, osos polares y morsas) ( <i>confianza media<sup>d</sup></i> ). Hundimientos del suelo que producen daños en las infraestructuras ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Pérdida sustancial del volumen de hielo de glaciares, sobre todo los tropicales ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).

\* Véanse las notas de pie de página a-d que acompañan al cuadro 3-1.

<sup>e</sup> Los efectos agregados del mercado representan los efectos netos de los beneficios y pérdidas económicos estimados en todos los sectores del mercado, por ejemplo agricultura, silvicultura comercial, energía, agua y construcción. Las estimaciones no incluyen generalmente los efectos de los cambios en la variabilidad y los extremos climáticos, no toman en cuenta los efectos de los diferentes niveles y velocidades de dichos cambios, y sólo toman parcialmente en cuenta los impactos en los bienes y servicios que no se comercializan en el mercado. Estas omisiones han de tener como resultado probable una subestimación de las pérdidas económicas y una sobreestimación de los beneficios económicos. Las estimaciones de los impactos agregados son controvertidas porque consideran que las ganancias para algunos compensan las pérdidas para otros, y porque las ponderaciones que se utilizan para las agregaciones en los individuos son necesariamente subjetivas.

<sup>f</sup> Estos efectos ya se han observado, y deberían continuar, según las proyecciones [TIE GTII Secciones 5.2.1, 5.4.3, 16.1.3, y 19.2].

de disminuir a medida que los bosques alcanzan su madurez, se saturan los efectos de la fertilización y la descomposición se coloca a la par del crecimiento, y posiblemente por los cambios en los régimen de desestabilización (por ejemplo, los incendios e invasiones de insectos) provocados por los cambios climáticos. Algunas de las simulaciones mundiales proyectan que la absorción neta de carbono por los ecosistemas terrestres ha de aumentar durante la primera mitad del siglo XXI, pero puede disminuir, e incluso convertirse en una fuente de carbono con un mayor calentamiento hacia finales del siglo XXI.

## Agricultura

GTII TIE Secciones 5.3.4–  
6, & 9.9

- 3.21 Las simulaciones de cultivos de cereales indican que en algunas zonas templadas la producción potencial aumente con pequeños aumentos de temperatura, pero disminuya si los cambios son grandes (*confianza de media a baja*). En la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales, se espera que los rendimientos de las cosechas disminuyan con la mayoría de los incrementos de temperatura proyectados (*confianza media*) (véase el Cuadro 3–3).** En latitudes medias, las simulaciones de cosechas indican que con un calentamiento de menos de unos pocos °C y el incremento asociado de concentraciones de CO<sub>2</sub>, las respuestas generalmente sean positivas, y que en general sean negativas con un mayor calentamiento. En zonas agrícolas tropicales, unas evaluaciones similares indican que el rendimiento de algunas cosechas podría disminuir con un aumento mínimo de temperatura, porque se encuentran cerca del límite máximo de tolerancia de temperatura. Si además existe una importante disminución de las precipitaciones en sistemas tropicales/subtropicales secos/húmedos, la disminución del rendimiento de las cosechas será aun más manifiesto. Las evaluaciones que incluyen las adaptaciones agronómicas autónomas (como cambios en el periodo de siembra y en las variedades de cultivos) tienden a proyectar un rendimiento que se encuentra menos afectado adversamente por el cambio climático que en los escenarios que no contemplan esa adaptación. Estas estimaciones incluyen los efectos beneficiosos de la fertilización con CO<sub>2</sub>, pero no las innovaciones tecnológicas ni los cambios en los efectos

**Cuadro 3-3** Efectos del cambio climático en la agricultura en ausencia de intervenciones de política en el clima.\*

	<b>2025</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Concentración de CO <sub>2</sub> <sup>a</sup>	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Cambio de la temperatura media mundial desde el año 1990 <sup>b</sup>	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
Elevación media mundial del nivel del mar desde el año 1990 <sup>b</sup>	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
<b>Efectos en la agricultura<sup>c</sup></b>			
Rendimiento medio de las cosechas <sup>g</sup> [TIE GTII Secciones 5.3.6, 10.2.2, 11.2.2, 12.5, 13.2.3, 14.2.2, y 15.2.3]	Aumento del rendimiento de la cosecha de cereales en muchas regiones en latitudes medias y altas ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ). Disminución del rendimiento de la cosecha de cereales en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ).	Efectos mixtos en el rendimiento de la cosecha de cereales en regiones de latitudes medias. Disminución más acentuada del rendimiento de la cosecha de cereales en regiones tropicales y subtropicales ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ).	Reducción generalizada del rendimiento de la cosecha de cereales en la mayoría de las regiones en latitudes medias, tras un calentamiento superior a unos pocos °C ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ).
Temperaturas bajas y altas extremas [TIE GTII Sección 5.3.3]	Reducción de los daños por heladas en algunos cultivos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). Aumento de los problemas por el calor en algunos cultivos ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ). Aumento de los problemas por el calor en el ganado ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Aumento de los efectos de los cambios en temperaturas extremas ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).	Aumento de los efectos de los cambios en temperaturas extremas ( <i>confianza alta<sup>d</sup></i> ).
Ingresos y precios [TIE GTII Secciones 5.3.5–6]		Disminución de los ingresos de los agricultores pobres en países en desarrollo ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ).	Aumento de los precios de los alimentos en comparación con las proyecciones que excluyen el cambio climático ( <i>confianza entre baja y media<sup>d</sup></i> ).

\* Véanse las notas de pie de página a-d que acompañan al cuadro 3-1.

<sup>g</sup> Estas estimaciones se basan en la sensibilidad de las prácticas agrícolas actuales al cambio climático, teniendo en cuenta (en la mayoría de los casos) las adaptaciones basadas en el uso fluctuante de tecnologías existentes únicamente.

de las plagas y enfermedades, la degradación de los suelos y los recursos hídricos y los fenómenos climáticos extremos. Se sabe muy poco sobre la capacidad de los ganaderos para adaptar su ganado a los problemas fisiológicos asociados con los cambios climáticos. Se proyecta que el aumento de unos pocos °C incremente los precios de los alimentos en todo el mundo, lo que puede agravar el riesgo de hambre en los sectores vulnerables de la población (*confianza baja*).

## Aqua

### 3.22 El cambio climático proyectado podría agravar en gran medida los problemas de escasez y calidad del agua en muchas zonas del mundo que ya sufren los efectos de la insuficiencia de agua, pero atenuar esos problemas en otras.



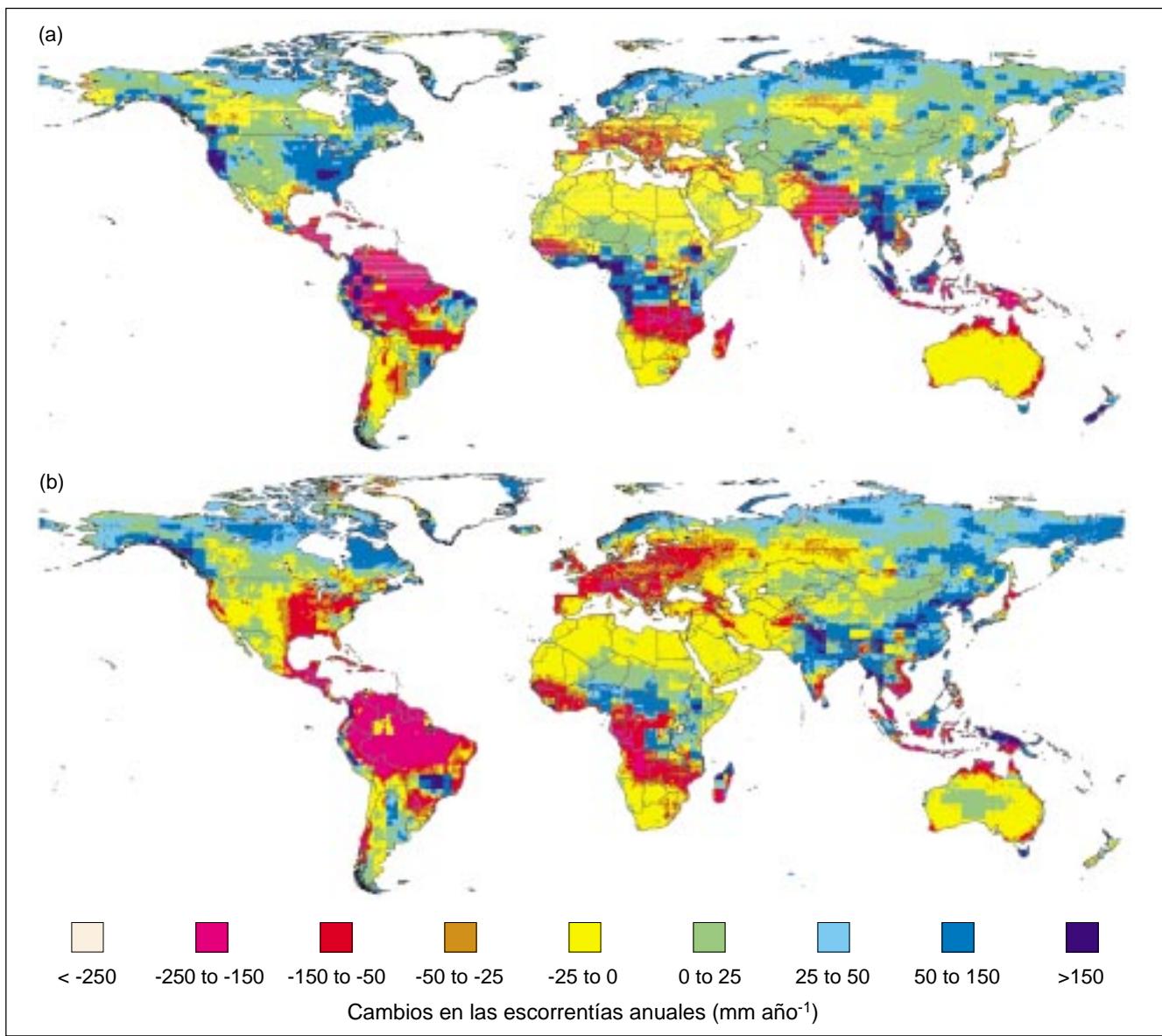
GTI TIE Sección 9.3.6 &  
GTII TIE Secciones 4.3-  
4, 4.5.2, & 4.6

La demanda del agua en general está aumentando, debido al crecimiento demográfico y al desarrollo económico, pero en algunos países está disminuyendo, debido a su utilización más eficiente. Se proyecta que el cambio climático reduzca las corrientes y la recarga del agua superficial en muchas partes del mundo, pero también puede aumentarlas en otras zonas (*confianza media*). La importancia del cambio varía según los diversos escenarios, en parte debido a las diferencias en las pautas de precipitación previstas (y especialmente su intensidad), y en parte debido a las diferencias en la evaporación proyectada. La Figura 3–5 muestra los cambios en flujos previstos en virtud de dos escenarios de cambio climático. Se prevé que entre varios cientos

<b>Cuadro 3-4</b> Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en ausencia de intervenciones de política en el clima.*			
	<b>2025</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Concentración de CO <sub>2</sub> <sup>a</sup>	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Cambio de la temperatura media mundial desde el año 1990 <sup>b</sup>	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
Elevación media mundial del nivel del mar desde el año 1990 <sup>b</sup>	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
<b>Impactos en los recursos hídricos<sup>c</sup></b>			
Abastecimiento de agua [TIE GTII, Secciones 4.3.6 y 4.5.2]	Desplazamiento del caudal máximo de los ríos, de la primavera al invierno, en las cuencas en que la nieve es una fuente importante de agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Disminución del abastecimiento de agua en muchos países con problemas con agua, y aumento en otros países con problemas de agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en el abastecimiento del agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).
Calidad del agua [TIE GTII Sección 4.3.10]	Degrado de la calidad del agua debido a las temperaturas más altas. Modificación de los cambios en la calidad del agua, debido a los cambios en el volumen del flujo. Aumento en la intrusión de agua salada en acuíferos costeros ocasionadas por la elevación del nivel del mar ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).	Degrado de la calidad del agua debido a las temperaturas más altas ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). Modificación de los cambios en la calidad del agua debido a los cambios en el volumen del flujo ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en la calidad del agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). 17.2, & 19.3.4
Demandas de agua [TIE GTII Sección 4.4.3]	Efectos de los cambios en el clima en la demanda de agua para riego; las temperaturas más altas han de tender a incrementar la demanda ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en la demanda de agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en la demanda de agua ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).
Fenómenos extremos [TIE GTI RRP; TIE GTII RRP]	Aumento de los daños por inundaciones debidas a precipitaciones más intensas ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). Aumento en la frecuencia de sequías ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los daños por inundaciones ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). Aumento en la frecuencia de sequías y en sus impactos.	Multiplicación de los daños por inundaciones, en comparación con los “escenarios sin cambio climático.”

\* Véanse las notas de pie de página a-d que acompañan al cuadro 3-1.

de millones y unos miles de millones de personas sufrirán una reducción del suministro de agua del 10 por ciento, o incluso más, hacia el año 2050, con proyecciones de un cambio climático que corresponden a un aumento del 1 por ciento anual de las emisiones de CO<sub>2</sub> (véase el Cuadro 3–4). La calidad del agua dulce podría degradarse en general con la subida de la temperatura del agua (confianza alta), aunque en algunas regiones esta degradación podría verse compensada con un aumento del caudal. Los impactos de los cambios climáticos en la escasez y calidad del agua, y la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones han de intensificar los problemas en la gestión del agua y de las inundaciones. Los sistemas hídricos sujetos a una gestión mediocre o nula son los más vulnerables a los impactos adversos del cambio climático.



**Figura 3–5: Los cambios proyectados en la cantidad media anual de escorrentía para el año 2050, en relación con la cantidad media de escorrentía de los años 1961–1990, en gran medida siguen los cambios proyectados en las precipitaciones.**

Los cambios en la cantidad de escorrentía se han calculado a partir de una simulación hidrológica que utiliza como insumos las proyecciones climáticas de dos versiones de la simulación general de circulación atmosférica-oceánica del Centro Hadley (AOGCM) para un escenario de un aumento anual de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> de un 1 por ciento: a) la media ensamblada HadCM2 y b) HadCM3. Los aumentos proyectados en las escorrentías en latitudes altas y en la zona de Asia sudoriental, y las disminuciones en Asia Central, la zona del Mediterráneo, África meridional y Australia muestran una gran coherencia con todos los experimentos del Centro Hadley, y con las proyecciones de precipitaciones obtenidas de otros experimentos de la AOGCM. Para otras zonas del mundo, los cambios en precipitación y escorrentía dependen de los escenarios y simulaciones empleados.



TIE GTII Sección 4.3.6

## Pequeñas islas y zonas costeras bajas

3.23 **La población que vive en pequeñas islas y/o en zonas costeras bajas está muy expuesta a sufrir graves consecuencias sociales y económicas derivadas del ascenso del nivel del mar y las mareas de tempestad repentinamente.** Muchos asentamientos humanos se verán afectados por un aumento de la erosión y las inundaciones costeras, y decenas de millones de personas que viven en deltas, zonas costeras bajas o en islas pequeñas podrían tener que desplazarse y perder infraestructuras y/o asumir muchos esfuerzos e importantes costos para proteger sus zonas costeras vulnerables. También estarían expuestos a gran riesgo algunos recursos críticos para la supervivencia en las costas o islas, tales como fuentes de agua dulce, pesquerías, playas, arrecifes y atolones coralinos y hábitat naturales.

3.24 **La elevación proyectada del nivel del mar ha de reflejarse en un aumento del número medio anual de personas damnificadas por las inundaciones causadas por mareas de tempestad costeras repentinamente (*confianza alta*).** Las zonas expuestas a mayor riesgo desde el punto de vista del número de personas afectadas son Asia meridional y sudoriental, con aumentos menores pero igualmente importantes en África oriental y occidental y el Mediterráneo, desde Turquía hasta Argelia. Gran parte de un gran número de ciudades costeras muy pobladas también se encuentran expuestas al riesgo de quedarse anegadas de forma permanente y sobre todo a inundaciones costeras más frecuentes debido al ascenso del nivel del mar. Estas estimaciones se basan en la hipótesis de que no haya cambios en la frecuencia o intensidad de las tormentas; si los hay, los riesgos de inundaciones debidas a la elevación del nivel del mar podrían ser mucho mayores en algunas zonas.

→ GTII TIE Secciones 6.5.1, 7.2.2, & 17.2.2

## Efectos en el mercado

3.25 **Se estima que en muchos países en desarrollo los efectos agregados en el sector del mercado, medidos por los cambios en el Producto interno bruto (PIB), sean negativos en todos los escenarios basados en cualquier aumento en la temperatura media mundial (*confianza baja*), y que en los países desarrollados esos efectos sean mixtos, en los escenarios basados en un aumento de temperatura de tan sólo unos pocos °C (*confianza baja*), y negativos en los que se basen en un mayor calentamiento (*confianza de media a baja*).** Los efectos del cambio climático van a tener consecuencias en el mercado que se manifestarán en cambios en la cantidad, calidad y precio de los alimentos, fibras, agua y otros bienes y servicios (véase el Cuadro 3–5). El cambio climático puede tener otros efectos en el mercado, a través de una alteración de la demanda de energía, el suministro de energía hidrológica, el transporte, el turismo y la construcción, daños en bienes y las pérdidas en los seguros, debido a fenómenos meteorológicos extremos, la pérdida de tierras costeras ocasionada por la elevación del nivel del mar, la decisión de asentar y reasentar poblaciones e iniciativas de urbanización, y el suministro de recursos y costos para la adaptación al cambio climático. Las estimaciones de los efectos netos en el mercado ofrecidas por los pocos estudios publicados hasta la fecha, combinando los diferentes sectores y sumándolos a escala nacional y regional, indican pérdidas en la mayoría de los países y regiones en desarrollo que se han estudiado. Se estiman que en los países y regiones desarrollados en que haya un aumento de unos pocos grados °C en la temperatura media mundial puede haber ganancias y pérdidas. En cambio, cuando el aumento de la temperatura es aún mayor, se estiman que los países desarrollados sufrirán pérdidas económicas. Cuando se suman dichas estimaciones a escala mundial, el PIB mundial podría aumentar o disminuir en unos cuantos puntos porcentuales en caso de un aumento de unos pocos °C en la temperatura media mundial, pero las pérdidas netas serán más importantes cuanto mayor sea el aumento en la temperatura. Las estimaciones no incluyen generalmente los efectos de los cambios en la variabilidad climática ni fenómenos extremos, ni contemplan los diferentes ritmos del cambio climático, y sólo consideran de manera incompleta los impactos sobre bienes y servicios no comercializados en el mercado, y parte de la base que las ganancias que pueden

→ GTII TIE Secciones 6.5, 7.2–3, 8.3, 18.3.4, 18.4.3, 19.4.1–3, & 19.5

<b>Cuadro 3-5</b> Efectos del cambio climático en otros sectores del mercado en ausencia de intervenciones de política en el clima.*			
	<b>2025</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Concentración de CO <sub>2</sub> <sup>a</sup>	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Cambio de la temperatura media mundial desde el año 1990 <sup>b</sup>	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
Elevación media mundial del nivel del mar desde el año 1990 <sup>b</sup>	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
<b>Efectos en otros sectores del mercado<sup>c</sup></b>			
Energía [TIE GTII Sección 7.3]	Disminución de la demanda de energía para calefacción en edificios ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ). Aumentos de demanda de energía para enfriamiento en edificios ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en la demanda de energía ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en la demanda de energía ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).
Sector financiero [TIE GTII Sección 8.3]		Aumento de los precios de seguros y reducción de la disponibilidad de seguros ( <i>confianza alta</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de los efectos en el sector financiero.
Efectos agregados en el mercado <sup>e</sup> [TIE GTII Secciones 19.4–5]	Pérdidas netas en el mercado en muchos países en desarrollo ( <i>confianza baja</i> <sup>d</sup> ). Mezcla de ganancias y pérdidas mercantiles en países desarrollados ( <i>confianza baja</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de las pérdidas en países en desarrollo ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ). Disminución de las ganancias y aumento de las pérdidas en países desarrollados ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).	Aumento de pérdidas en países en desarrollo ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ). Pérdidas netas en todos los sectores del mercado en países desarrollados, tras un calentamiento superior a unos pocos °C ( <i>confianza media</i> <sup>d</sup> ).

\* Véanse las notas de pie de página a-d que acompañan al cuadro 3-1 y la nota de pie de página e que acompaña al cuadro 3-2.

experimentar algunos compensan las pérdidas sufridas por otros. Por lo tanto, la confianza en las estimaciones de los efectos en el mercado para países específicos es generalmente baja, y las diversas omisiones probablemente den como resultado una subestimación de las pérdidas económicas y una sobreestimación de las ganancias.

### 3.26 Las medidas de adaptación podrían reducir los efectos adversos del cambio climático y, a menudo, producir efectos beneficiosos secundarios, aunque no se puedan evitar todos los daños.

3.27 Se han identificado numerosas opciones de adaptación como respuesta a los cambios climáticos que pueden reducir los efectos adversos y mejorar los beneficios del cambio climático, pero que pueden producir costos añadidos. No se ha finalizado la cuantificación de los beneficios y costos y de su variación en las diferentes regiones. La adaptación al cambio climático puede tener muchas formas, entre ellas las medidas que adopten las personas para atenuar los efectos o aprovechar de nuevas oportunidades, y los cambios estructurales y funcionales en los sistemas naturales como respuesta a una modificación de las presiones a que están sujetos. Este informe se ha de centrar en las medidas de adaptación adoptadas por las personas. La gama de opciones incluye la adaptación reactiva (medidas que se adoptan mientras van cambiando las condiciones y sin preparación previa) y la adaptación planificada (medidas que se adoptan mientras van cambiando las condiciones o incluso antes de que cambien, pero con preparación previa). Las medidas de adaptación pueden ser llevadas a cabo por organismos privados (individuos, familias o empresas) o por organismos públicos (organismos locales, regionales o del gobierno nacional). En el Cuadro 3-6 se dan algunos ejemplos de las opciones identificadas. Las ventajas y los costos de las opciones de adaptación, cuya evaluación está por finalizarse, también varía según las regiones y los organismos. A pesar de que nuestros conocimientos sobre la adaptación son incompletos y evolucionan constantemente, se han extraído y resumido algunas conclusiones sólidas.



GTII TIE Secciones 18.2.3 & 18.3.5

<b>Cuadro 3-6</b> Ejemplos de opciones de adaptación en determinados sectores.	
<i>Sector/Sistema</i>	<i>Opciones de adaptación</i>
Agua [TIE GTII Secciones 4.6 y 7.5.4; GTII SIE Secciones 10.6.4 y 14.4]	<p>Aumentar la eficiencia en el uso del agua con una gestión “desde la perspectiva de la demanda” (por ejemplo, incentivos sobre precios, reglamentaciones y normas de tecnología).</p> <p>Aumentar el suministro de agua, o la fiabilidad en su suministro, con una gestión “desde la perspectiva de la oferta” (por ejemplo, la construcción de nuevas infraestructuras para almacenamiento y distribución).</p> <p>Modificar el marco institucional y jurídico para facilitar la transferencia de agua entre los usuarios (por ejemplo, la creación de mercados de agua).</p> <p>Reducir las cargas de nutrientes en los ríos y proteger/aumentar la vegetación en las orillas para compensar los efectos eutróficos de una mayor temperatura de las aguas.</p> <p>Modificar los planes de gestión de las inundaciones para reducir los máximos alcanzados en inundaciones; reducir las superficies pavimentadas e introducir vegetación para reducir las escorrentías después de las tormentas y aumentar la infiltración del agua.</p> <p>Reevaluar los criterios en el diseño de diques, presas y otras infraestructuras para la protección contra inundaciones.</p>
Alimentos y fibras [TIE GTII Secciones 5.3.4-5; GTII SIE Secciones 2.9, 4.4.4, 13.9, y 15.6; IECMTTT Sección 11.2.1]	<p>Cambiar la época de siembra, cosecha y otras actividades de gestión agrícola.</p> <p>Emplear un mínimo de prácticas de labranza y otras, para mejorar los nutrientes y retención de humedad en suelos y prevenir su erosión.</p> <p>Cambiar la proporción de animales en los pastizales.</p> <p>adoptar cultivos o variedades que precisen menor cantidad de agua y tengan una mayor tolerancia al calor, las sequías y las plagas.</p> <p>Realizar investigaciones para el desarrollo de nuevos cultivos.</p> <p>Promover la agrosilvicultura en zonas áridas, por ejemplo, mediante la creación de zonas boscosas y el empleo de arbustos y árboles para forraje.</p> <p>Replantar una mezcla de especies de árboles para aumentar la diversidad y flexibilidad. Fomentar iniciativas de revegetación y reforestación.</p> <p>Ayudar a la migración natural de especies de árboles mediante la creación de zonas protegidas y transplantes.</p> <p>Mejorar la formación y educación de la mano de obra rural.</p> <p>Establecer o ampliar programas para proporcionar reservas seguras de alimentos, como salvaguarda frente a las perturbaciones en el suministro local.</p> <p>Reformar las políticas que fomentan las prácticas agrícolas y de pastoreo no eficientes, no sostenibles o que tengan un alto grado de riesgo (como las subvenciones para los cultivos, seguros para cultivos, o el agua).</p>
Áreas costeras y pesquerías marinas [TIE GTII Secciones 6.6 y 7.5.4; GTII SIE Sección 16.3; IECMTTT Sección 15.4]	<p>Prevenir o eliminar gradualmente el desarrollo en zonas costeras vulnerables a la erosión, a inundaciones o anegaciones por mareas de tempestad.</p> <p>Emplear estructuras “duras” (diques, presas, malecones) o “blandas” (relleno con arena en las playas, restablecimiento de dunas y humedales, forestación) para la protección de las costas.</p> <p>Aplicar sistemas de alerta en casos de tormentas y planes de evacuación.</p> <p>Proteger y restaurar los humedales, estuarios, cauces de avenidas para conservar el hábitat natural de las pesquerías.</p> <p>Modificar y fortalecer las políticas e instituciones de ordenación de las pesquerías, para fomentar su conservación.</p> <p>Investigar y vigilar para apoyar mejor la gestión integrada de las pesquerías.</p>
Salud humana [TIE GTII Secciones 7.5.4 y 9.11; GTII SIE Sección 12.5; IECMTTT Sección 14.4]	<p>Reconstruir y mejorar la infraestructura de salud pública.</p> <p>Mejorar la preparación frente a epidemias y desarrollar las capacidades para la previsión y alerta temprana de estas enfermedades.</p> <p>Vigilar el estado ambiental, biológico y de la salud.</p> <p>Mejorar las viviendas, el saneamiento y la calidad del agua.</p> <p>Integrar el diseño urbano para reducir el efecto de las islas de calor (por ejemplo, empleando la vegetación y superficies en colores claros).</p> <p>Impartir educación pública para promover comportamientos que reduzcan los riesgos para la salud.</p>
Servicios financieros [TIE GTII Sección 8.3.4]	<p>Repartir los riesgos, a través de seguros y reaseguros públicos y privados.</p> <p>Reducir los riesgos mediante códigos y otras normas sobre edificación establecidos o influenciados por el sector financiero como requisitos para un seguro o crédito.</p>

### 3.28 Un cambio climático mayor y más rápido puede plantear mayores problemas de adaptación y mayores riesgos que un cambio más lento y menos marcado.

Las características clave del cambio climático que hay que tomar en cuenta incluyen la magnitud y velocidad de los cambios en fenómenos extremos climáticos, la variabilidad y las condiciones media. Los sistemas naturales y humanos han desarrollado la capacidad de tolerar una gama de condiciones climáticas, dentro de cuyos límites el riesgo de daños es relativamente bajo y hay una alta capacidad de recuperación. Sin embargo, los cambios climáticos que dan como resultado una creciente frecuencia de fenómenos que se sitúan fuera de los niveles históricos registrados por dichos sistemas, aumentan el riesgo de



GTII TIE Secciones 18.2.2,  
18.3.3, & 18.3.5

daños graves y de una recuperación incompleta o incluso un desmoronamiento del sistema. Los cambios en las condiciones media (por ejemplo, los aumentos en la temperatura media), incluso cuando no producen cambios de variabilidad, pueden llevar a aumentos en la frecuencia de algunos fenómenos (por ejemplo, las olas de calor) que sobrepasan los límites de la tolerancia, y la disminución de la frecuencia de otros (por ejemplo, los períodos fríos) (véase la Pregunta 4 y la Figura 4–1).

- 3.29 **La mejora de la capacidad de adaptación puede ampliar o desplazar la gama de acciones para afrontar la variabilidad y los extremos climáticos y para generar beneficios actuales y futuros.** Muchas de las opciones de adaptación incluidas en la lista del Cuadro 3–6 ya se emplean para hacer frente a la variabilidad y a los extremos climáticos actuales, y su uso extendido podrá mejorar la capacidad presente y futura para abordar estos fenómenos. Pero estas acciones pueden no ser tan eficaces en el futuro, conforme el cambio climático crece en cantidad y velocidad.



GTII TIE Secciones 18.2.2 & 18.3.5

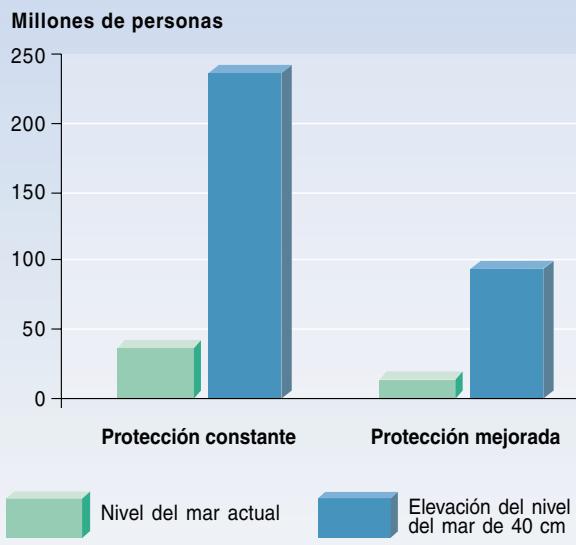
- 3.30 **Los beneficios directos potenciales de la adaptación son importantes y pueden reducir los efectos adversos y mejorar los efectos positivos del cambio climático.**

Los resultados de los estudios sobre los impactos futuros del cambio climático indican posibilidades de adaptación para reducir en gran medida muchos de los efectos adversos y mejorar los beneficiosos. Por ejemplo, de los análisis sobre los riesgos de inundaciones costeras producidas por mareas de tempestad repentinas se desprende que, si la protección costera contra las inundaciones no cambia respecto a la situación actual, la elevación del nivel del mar impulsada por el cambio climático podría multiplicar varias veces el número medio anual de personas afectadas por inundaciones. En cambio, si los niveles actuales de protección costera contra las inundaciones mejoran en proporción al crecimiento futuro del PIB, el aumento proyectado se podría reducir hasta de dos tercios (véase la Figura 3–6). Sin embargo, estimaciones como éstas indican sólo los beneficios posibles, y no los beneficios probables, de la adaptación, ya que los análisis suelen basarse en suposiciones bastante arbitrarias sobre las opciones de adaptación y los obstáculos, a menudo omiten considerar los cambios en valores extremos y variabilidad del clima, y no toman en cuenta las previsiones imperfectas.



GTII TIE Secciones 5.3.4, 6.5.1, & 18.3.2

### La adaptación y el número medio de personas afectadas por inundaciones causadas por mareas de tempestad: proyecciones para el decenio del 2080



TIE GTII Sección 6.5.1

**Figura 3–6:** La adaptación y el número medio de personas afectadas por inundaciones causadas por mareas de tempestad en las costas: proyecciones para el decenio del 2080. Las dos barras de la izquierda muestran el número de personas afectadas por inundaciones debidas a mareas de tempestad costeras en el año 2080 respecto al nivel del mar actual y para una elevación del nivel del mar de ~40 cm, suponiendo que la protección costera no cambie a partir de ahora y que haya un aumento demográfico moderado. Las dos barras a la derecha muestran lo mismo, pero suponiendo que la protección costera se mejora en proporción al crecimiento del PIB.

3.31 **Las estimaciones de los costos de la adaptación son escasas; las que están disponibles indican que éstos dependen en gran medida de los criterios de decisión para la selección y oportunidad de aplicación de las medidas específicas de adaptación.** Los mejores estudiados hasta la fecha son quizá los costos de las medidas de protección de las zonas costeras ante a la elevación del nivel del mar. Las medidas evaluadas incluyen la construcción de ‘estructuras duras’ como diques, atracaderos y malecones, y el empleo de ‘estructuras blandas’ como el llenado de playas con arena y el restablecimiento de las dunas. Las estimaciones de los costos de la protección costera varían según las hipótesis que se escojan en el momento de decidir la extensión costera que hay que proteger, los tipos de estructuras utilizadas, la fecha de la aplicación de las medidas (que depende a su vez de la velocidad de la elevación del nivel del mar), y los tipos de descuento aplicables. Las diferentes hipótesis sobre estos factores permiten estimaciones de los costos de la protección de las costas de los Estados Unidos frente a una elevación del nivel del mar de 0,5 m para el año 2100, que varían entre USD 20 mil millones y USD 150 mil millones en su valor actual.

→ GTII TIE Secciones 6.5.2 & 18.4.3

3.32 **Se espera que el cambio climático tenga un impacto negativo sobre el desarrollo, la sostenibilidad y la equidad.**

3.33 **Los impactos del cambio climático han de afectar de forma desproporcionada a los países en desarrollo y a la población más pobre dentro de todos los países, con el consiguiente aumento de las desigualdades en materia de acceso a la salud y los alimentos, agua limpia y otros recursos.** Como ya se ha comentado, se prevé de forma general que las poblaciones en los países en desarrollo se encuentren expuestas a los riesgos relativamente elevados que plantean los impactos adversos del cambio climático sobre la salud humana, el suministro de agua, la productividad agrícola, los bienes y otros recursos. La pobreza, la ausencia de formación y educación, la falta de infraestructura, la falta de acceso a tecnologías, la falta de diversidad en las fuentes de ingresos, una base degradada de recursos naturales, los incentivos poco racionales, un marco legal inadecuado y unas instituciones públicas y privadas agobiadas con muchos problemas, crean las condiciones propicias para una escasa capacidad de adaptación en la mayoría de los países en desarrollo. La combinación de la exposición a un riesgo alto y una escasa capacidad de adaptación ponen a la población de los países en desarrollo en una posición generalmente más vulnerable a los problemas climáticos que la de los países desarrollados.

→ GTII TIE Secciones 18.5.1–3

3.34 **El empleo de recursos no sostenibles agrava la vulnerabilidad frente al cambio climático.** La transformación de los hábitat naturales para aplicaciones de la actividad humana, los grandes niveles de consumo de recursos provenientes del medio ambiente, las actividades de cultivos y pastoreo que no protegen los terrenos de la degradación, y la contaminación del aire y del agua pueden reducir la solidez de los sistemas para hacer frente a las variaciones o cambios climáticos, además de disminuir la capacidad de estos sistemas para recuperarse de su degradación. Debido a dichas presiones, los sistemas, y las poblaciones que extraen de ellos bienes, servicios y medios de subsistencia, son muy vulnerables al cambio climático. Estas presiones se encuentran presentes tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, pero éstos últimos se enfrentan al dilema de cómo alcanzar sus objetivos de desarrollo sin ejercer una presión no sostenible sobre los sistemas.

→ GTII TIE Secciones 1.2.2, 4.7, 5.1, 6.3.4, & 6.4.4

3.35 **Los problemas asociados con el cambio climático pueden socavar el avance hacia un desarrollo sostenible.** Las sequías más frecuentes y más intensas pueden aumentar en gran medida la degradación de las tierras. Los aumentos de la intensidad de las precipitaciones pueden incrementar las inundaciones y los deslizamientos de tierras y lodos, y causar una destrucción que, en algunos casos, puede retrasar el desarrollo durante años. Los avances en la salud y la nutrición se pueden retrasar en algunas zonas, debido a los impactos de los cambios climáticos sobre la salud humana y la agricultura. Estos problemas podrían verse agravados por nuevas obras de infraestructura en zonas intrínsecamente dinámicas

→ GTII TIE Sección 18.6.1

e inestables (por ejemplo, cauces de avenidas, playas que actúan como barreras, zonas costeras bajas y laderas escarpadas desforestadas).

- 3.36 **Si no se toma en cuenta, el cambio climático puede afectar la eficacia de los proyectos de desarrollo.** Los proyectos de desarrollo a menudo incluyen inversiones en infraestructuras, instituciones y capital humano para la gestión de recursos sensibles al clima, como el agua, la energía hidráulica, las tierras agrícolas y los bosques. Aunque estos factores no se tienen muy en cuenta en el diseño de los proyectos, el rendimiento de dichos proyectos se puede ver afectado por el cambio climático y el aumento de la variabilidad climática. Los análisis han mostrado que en algunos casos conviene incorporar en semejantes proyectos, con sólo un pequeño costo incremental, cierto grado de flexibilidad que permita obtener un buen rendimiento en una amplia variedad de condiciones climáticas y, debido a los riesgos presentes en la actual variabilidad climática, esa mayor flexibilidad tiene un valor inmediato.



GTII TIE Sección 18.6.1

- 3.37 **Muchos de las condiciones para mejorar la capacidad para la adaptación ante un cambio climático son similares a las que requiere el fomento del desarrollo sostenible.** Entre los ejemplos de requisitos comunes para mejorar la capacidad de adaptación y el desarrollo sostenible figuran un mayor acceso a los recursos y la reducción de desigualdades para acceder a ellos, la mitigación de la pobreza, el mejoramiento de la educación y formación, la inversión en infraestructuras, la participación de las partes interesadas en la gestión de recursos locales, y el aumento de capacidad y eficiencia institucionales. Además, las iniciativas para reducir el ritmo de la conversión del hábitat natural, la gestión de prácticas para mejorar la protección de recursos, la incorporación de prácticas de cultivo y pastoreo que protejan el suelo, y la mejor regulación de contaminantes pueden reducir nuestra vulnerabilidad frente a los cambios climáticos, a la vez que nos orientamos hacia un uso más sostenible de los recursos.



GTII TIE Sección 18.6.1

# P4

## Pregunta 4

¿Qué se sabe sobre la influencia, en los planos regional y mundial, de la creciente concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y aerosoles, y del cambio antropogénico del clima proyectado, en:

- a. La frecuencia y magnitud de las fluctuaciones climáticas, incluida la variabilidad diaria, estacional, interanual y a lo largo de los decenios de fenómenos como los ciclos de El Niño/Oscilación meridional y otros?
- b. La duración, localización, frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, tales como olas de calor, sequías, inundaciones, fuertes precipitaciones, avalanchas, tormentas, tornados y ciclones tropicales?
- c. El riesgo de cambios repentinos/no lineales en, por ejemplo, las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, la circulación de los océanos y la extensión de las capas de hielo y del permafrost? En caso afirmativo, ¿se puede cuantificar el riesgo?
- d. El riesgo de cambios repentinos/no lineales en los sistemas ecológicos?

4.1 Esta respuesta se centra en los cambios proyectados en la frecuencia y magnitud de las fluctuaciones climáticas como resultado de unas crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero y de aerosoles. Se pone un énfasis particular en los cambios en la frecuencia, magnitud y duración de los fenómenos climáticos extremos, que conllevan riesgos importantes derivados del cambio climático para los sistemas ecológicos y los sectores socioeconómicos. Aquí nos ocupamos de los cambios repentinos u otros cambios no lineales proyectados en el sistema biofísico; los cambios graduales en los sistemas físicos, biológicos y sociales se tratan en la Pregunta 3.

4.2 **Las simulaciones proyectan que un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero ha de traer como resultado unas variabilidades diaria, estacional, interanual y a lo largo de los decenios.** Se espera que en muchas regiones disminuyan las temperaturas diurnas, y las temperaturas mínimas nocturnas aumenten más que las temperaturas máximas diurnas. De las simulaciones se desprende una reducción de la variabilidad diaria de la temperatura del aire en invierno, y un aumento de dicha variabilidad en verano en las zonas terrestres del Hemisferio Norte. Las proyecciones actuales muestran pocos cambios o un pequeño aumento en la amplitud de los fenómenos asociados con El Niño durante los próximos 100 años. Muchas simulaciones muestran una respuesta media muy parecida a la de El Niño en el Pacífico tropical, y se proyecta que las temperaturas de la superficie del mar en las zonas central y oriental del Pacífico ecuatorial sean más cálidas que las de la zona occidental del Pacífico ecuatorial, lo que se traducirá en un desplazamiento hacia el este de las precipitaciones. Es probable que, incluso con un cambio nulo o muy débil en la fuerza de El Niño, el calentamiento mundial lleve a mayores episodios extremos de sequías y fuertes precipitaciones, y que aumente el riesgo de sequías e inundaciones que acompañan los fenómenos asociados con El Niño en muchas partes del mundo. No se está claramente de acuerdo sobre los cambios en la frecuencia o estructura de pautas oceánicas-atmosféricas que tienen lugar de manera natural, como la Oscilación Atlántica Norte (NAO).



GTI TIE Secciones 9.3–6, & GTII TIE Sección 14.1.3

4.3 **Es probable o muy probable que cambie la duración, localización, frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos meteorológicos y climáticos, lo que podría traducirse en unos impactos, en su mayoría adversos, en los sistemas biofísicos.**

4.4 Las pautas naturales de circulación, como ENOM y NAO, tienen un papel fundamental en el clima mundial y en la variabilidad a corto plazo (diaria, dentro del año y entre los años) y a más largo plazo (de un decenio a varios decenios). El cambio climático puede manifestarse tanto en el desplazamiento de los valores medios como en un cambio en la preferencia de pautas climáticas específicas de circulación que podrían producir unos cambios en la varianza y frecuencia de los extremos de las variables climáticas (véase la Figura 4–1).

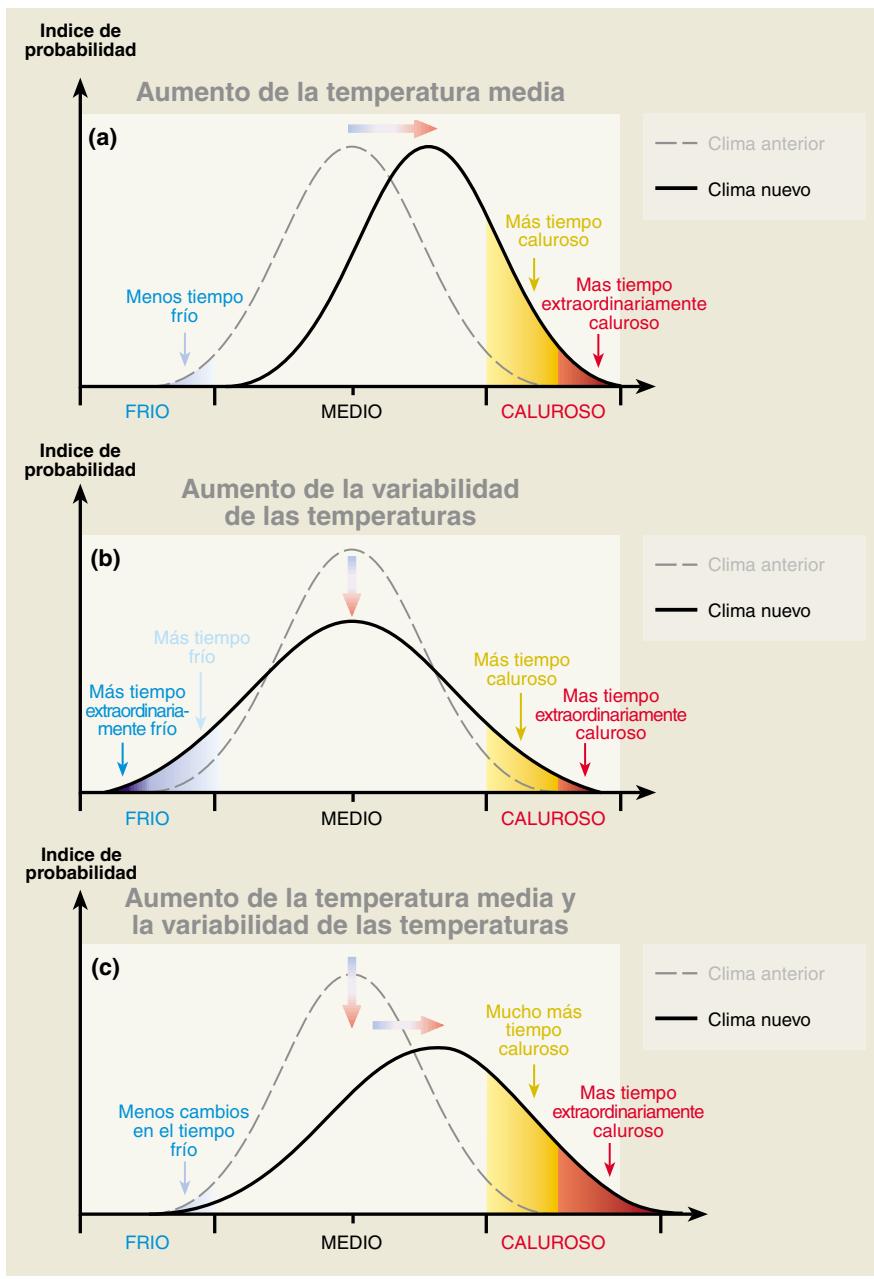


GTI TIE Secciones 1.2 & 2.7

4.5 **Es muy probable que tengamos más días calurosos y olas de calor y menos días fríos y días con heladas en casi todas las zonas terrestres.** Los aumentos de la temperatura media van a traer un aumento de días cálidos y de temperaturas máximas, con menos heladas y olas de frío (véase la Figura 4–1a,b). Una serie de simulaciones muestran un descenso generalizado en la variabilidad diaria de la temperatura media del aire en la superficie durante el invierno en las zonas terrestres del Hemisferio Norte, y un aumento de esa variabilidad en verano. Es probable que los cambios en las temperaturas extremas tengan como resultado mayores pérdidas en las cosechas y la ganadería, un mayor consumo de energía para refrigeración y un menor consumo para calefacción, y un aumento de la morbilidad y la mortalidad humana debido al estrés asociado con el calor (véase el Cuadro 4–1). El descenso de las heladas producirá una disminución de la morbilidad y mortalidad humanas asociadas con el frío y una disminución del riesgo de daños para algunos cultivos, aunque con un posible aumento del riesgo para otros. Las ventajas de un ligero incremento de las temperaturas para la agricultura podrían reflejarse en un pequeño incremento del PIB en los países situados en zonas templadas.



GTI TIE Secciones 9.3.6 & 10.3.2, & GTII TIE Secciones 5.3, 9.4.2, & 19.5



→ TIE GTI Figura 2-32

**Figura 4-1: Diagramas esquemáticos que muestran los efectos sobre temperaturas extremas cuando a) aumenta la media, produciendo un clima extraordinariamente caliente, b) aumenta la varianza, y c) aumentan tanto la media como la varianza, produciendo un aumento mucho más marcado en las temperaturas.**

- 4.6 **Es muy probable que la amplitud y la frecuencia de las precipitaciones extremas aumente en muchas regiones** y que disminuyan los intervalos entre los episodios de precipitaciones extremas. Esto podría originar inundaciones y deslizamientos de tierra más frecuentes, con las consiguientes pérdidas de vidas humanas, impactos sobre la salud (por ejemplo, epidemias, enfermedades infecciosas, intoxicaciones por alimentos), daños a los bienes, pérdida de infraestructuras y viviendas, erosión del suelo, mayores cargas de contaminación, y pérdidas en seguros y rendimiento agrícola. Es posible que un clima más seco en verano produzca un aumento de las sequías veraniegas y un incremento del riesgo de incendios en muchas zonas continentales. Esta sequía generalizada se debe a un aumento de las temperaturas y la evaporación potencial, no compensado por un aumento de las precipitaciones. Es probable que en el verano asiático, el calentamiento mundial produzca una mayor variabilidad de las precipitaciones durante la época monzónica.

→ GTI TIE Sección 9.3.6 & GTII TIE Secciones 4.3.8, 9.5.3, 9.7.10, & 9.8

- 4.7 **Algunas simulaciones de alta resolución indican la probabilidad de que en algunas zonas aumente la intensidad máxima del viento de los ciclones tropicales**

→ GTI TIE Recuadro 10.2

Cuadro 4-1	Ejemplos de variabilidad climática y fenómenos climáticos extremos, y ejemplos de sus impactos (TIE GTII, Cuadro RRP-1).
<i>Cambios proyectados durante el siglo XXI en fenómenos climáticos extremos y su probabilidad</i>	<i>Ejemplos representativos de los impactos proyectados<sup>a</sup> (todos con confianza alta de producirse en algunas zonas)</i>
Temperaturas máximas más altas, más días calurosos y olas de calor <sup>b</sup> en casi todas las zonas terrestres ( <i>muy probable</i> )	Aumento de la incidencia de muertes y enfermedades graves en ancianos y la población urbana pobre. Aumento de problemas producidos por el calor en el ganado y la fauna silvestre. Cambio de destinos turísticos. Aumento de riesgo de daños en varios cultivos. Aumento de la demanda de energía para aparatos de refrigeración y disminución de la fiabilidad del suministro eléctrico.
Temperaturas mínimas más altas (en progresión), menos días fríos o con heladas, y menos olas de frío <sup>b</sup> en casi todas las zonas terrestres ( <i>muy probable</i> )	Disminución de la morbilidad y mortalidad producida por problemas relacionados con el frío. Disminución del riesgo de daños en algunos cultivos, y aumento del riesgo en otros. Ampliación del área de distribución y actividad de algunas plagas y enfermedades transmitidas por vectores. Menor demanda de electricidad para calentamiento.
Episodios de precipitaciones más intensas ( <i>muy probable</i> ) en muchas zonas	Aumento de los daños ocasionados por inundaciones, deslizamiento de tierras, avalanchas y lodo. Aumento de la erosión del suelo. Aumento de las escorrentías tras inundaciones, que podría aumentar la recarga de agua, de algunos acuíferos en cauces de avenidas. Aumento de la presión en los sistemas oficiales y privados de seguros contra inundaciones y socorro en casos de desastre..
Aumento del clima seco estival en la mayor parte del interior continental en latitudes medias, con los consiguientes riesgos de sequías ( <i>probable</i> )	Disminución del rendimiento de las cosechas. Aumento de los daños en los cimientos de edificios, debido a la contracción del suelo. Disminución de la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Aumento del riesgo de incendios forestales.
Aumento de la intensidad máxima de los vientos en los ciclones tropicales y de la intensidad máxima y media de las precipitaciones ( <i>probable</i> , sobre algunas zonas) <sup>c</sup>	Aumento del riesgo a la vida humana, riesgo de epidemias de enfermedades infecciosas y muchos otros tipos de riesgos. Aumento de la erosión costera y daños en edificios e infraestructuras en las costas. Aumento de los daños en ecosistemas costeros, tales como arrecifes de coral y manglares.
Intensificación de sequías e inundaciones asociadas con El Niño en muchas regiones diferentes ( <i>probable</i> ) (véase también sequías y episodios de precipitaciones intensas)	Disminución de la productividad agrícola y ganadera en regiones propensas a sequías e/o inundaciones. Disminución de potencial de energía hidroeléctrica en zonas propensas a las sequías.
Aumento de la variabilidad de las lluvias monzónicas en el verano en Asia ( <i>probable</i> )	Aumento de la magnitud de las inundaciones y sequías en zonas templadas y tropicales de Asia.
Aumento de la intensidad de tormentas en latitudes medias (poca coincidencia entre las simulaciones actuales) <sup>b</sup>	Aumento de los riesgos en la vida y salud humanas. Aumento de las pérdidas de bienes e infraestructuras. Aumento de los daños en ecosistemas costeros.
<p><sup>a</sup> Estos impactos se pueden atenuar con medidas apropiadas de respuesta.  <sup>b</sup> Información del Resumen Técnico del TIE GTI (Sección F.5).  <sup>c</sup> Es posible que haya cambios en distribución regional de los ciclones tropicales, pero ello aún no se ha confirmado.</p>	

entre un 5 y un 10 por ciento y que se incremente la cantidad de precipitación entre un 20 y un 30 por ciento, pero ninguno de los estudios sugiere que cambie la localización de los ciclones tropicales. Existen pocas pruebas coherentes basadas en simulaciones que muestren cambios en la frecuencia de los ciclones tropicales.

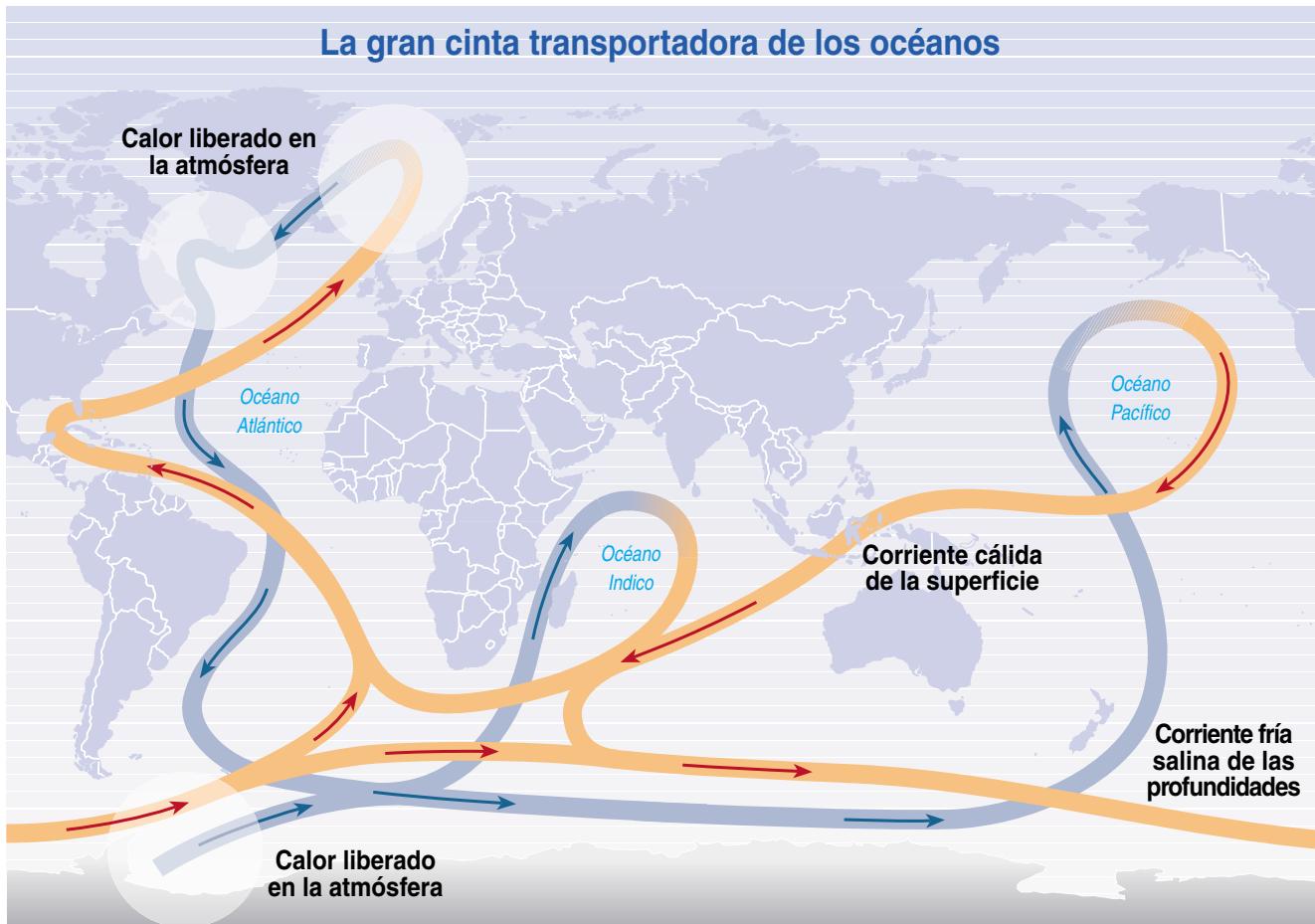
- 4.8 **No se dispone de suficiente información sobre los posibles cambios de los fenómenos a muy pequeña escala.** Los fenómenos a muy pequeña escala, como las tormentas, tornados, granizo y granizadas y rayos no son objeto de simulación en los modelos climáticos mundiales.
- 4.9 **El forzamiento de los gases de efecto invernadero en el siglo XXI podría poner en marcha cambios potencialmente repentinos, a gran escala, no lineales y de graves resultados en sistemas físicos**



y biológicos tanto en los próximos decenios como a lo largo de los milenios, con una amplia gama de probabilidades asociadas.

- 4.10 El sistema climático incluye muchos procesos que interactúan de forma compleja y no lineal, y que pueden originar niveles críticos en el sistema climático (y por consiguiente cambios repentinos). Dichos niveles se podrían exceder si el sistema se viese suficientemente desestabilizado. Estos cambios repentinos y no lineales incluyen unos grandes aumentos de origen climático en los gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres, el colapso de la circulación termohalina (THC; véase la Figura 4–2), y la desintegración de las capas de hielo de Groenlandia y el Ártico. Algunos de estos cambios tienen una escasa probabilidad de ocurrencia durante el siglo XXI; sin embargo, el forzamiento debido a los gases de efecto invernadero durante el siglo XXI podría poner en marcha cambios que produzcan dichas transiciones en siglos siguientes (véase la Pregunta 5). Algunos de estos cambios (como el de la THC) podrían ser irreversibles durante siglos o milenios. Existe una gran incertidumbre sobre los mecanismos implicados y sobre la probabilidad o escalas temporales de estos cambios; sin embargo, existen pruebas extraídas de testigos de hielo en los polos de que los regímenes atmosféricos pueden

GTI TIE Secciones 7.3,  
9.3.4, & 11.5.4; GTII TIE  
Secciones 5.2 & 5.8; &  
IEUTCS Capítulos 3 & 4



**Figura 4–2: Ilustración esquemática del sistema mundial de circulación oceánica, formado por las principales vías de circulación termohalina Norte-Sur en cada cuenca oceánica, que se juntan en la circulación circumpolar antártica.** Las corrientes cálidas de la superficie y las frías en la profundidad se conectan en las escasas zonas de formación de aguas profundas en latitudes altas del Atlántico y alrededor del Antártico (azul), en donde tienen lugar las principales transferencias de calor del océano a la atmósfera. Este sistema de corrientes contribuye en gran medida al transporte y redistribución del calor (como las corrientes que fluyen hacia el Polo en el Atlántico Norte, que aumentan la temperatura en el Noroeste de Europa hasta en 10°C). Las simulaciones indican que la rama de este sistema de circulación correspondiente al Atlántico Norte es especialmente vulnerable a cambios en la temperatura atmosférica y en el ciclo hidrológico. Dichas perturbaciones causadas por el calentamiento mundial podrían desestabilizar el sistema actual, lo que tendría graves impactos en el clima regional o incluso hemisférico. Conviene observar que se trata de un diagrama esquemático y no proporciona los emplazamientos exactos de las corrientes de agua que forman parte de la THC.

alterarse dentro de unos pocos años y de que cambios hemisféricos a gran escala han ocurrido dentro de sólo unos decenios ocasionando graves daños al sistema biofísico.

- 4.11 **Es posible que en el siglo XXI haya un gran aumento en las tasas de emisión de gases de efecto invernadero como resultado de factores climáticos producidos por cambios a gran escala en los suelos y la vegetación.** La interacción del calentamiento mundial con otros problemas ambientales y con la actividad humana podría producir un colapso rápido de los ecosistemas existentes. Entre los factores que pudieran ocasionar semejante colapso se incluyen el secamiento de la tundra y los bosques boreales y tropicales, y de las turberas asociadas con dichas zonas; un secamiento de este tipo haría que estas zonas estuviesen propensas a incendios. Estos colapsos podrían provocar unos mayores cambios climáticos con el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero de plantas y suelos, y con los cambios en las propiedades de la superficie y el albedo.



- 4.12 **Parece muy improbable la aparición de grandes y rápidos cambios en el CH<sub>4</sub> atmosférico proveniente de las reducciones en el sumidero químico atmosférico o de la liberación de fuentes sepultadas de CH<sub>4</sub>.** El rápido aumento del tiempo de vida del CH<sub>4</sub> debido a grandes emisiones de contaminantes troposféricos no se prevé dentro de la gama de los escenarios del IEE. Las fuentes de CH<sub>4</sub> sepultadas en los depósitos de hidratos sólidos debajo del permafrost y de los sedimentos oceánicos son enormes, mil veces más grandes que la cantidad actual en la atmósfera. Si dichos hidratos se descompusieran debido al calentamiento, se pudiera producir una respuesta climática en la que se emitiera grandes cantidades de CH<sub>4</sub>; sin embargo, la mayor parte del CH<sub>4</sub> gaseoso liberado desde la forma sólida la descomponen las bacterias en los sedimentos y en la columna de agua, limitando de esta manera la cantidad emitida a la atmósfera, a menos que se trate de unas emisiones explosivas y efervescentes. Esta respuesta no se ha cuantificado, pero el registro del CH<sub>4</sub> atmosférico durante los pasados 50.000 años no revela ninguna emisión rápida y enorme de CH<sub>4</sub>.



- 4.13 **La mayoría de las simulaciones muestran una reducción en la fuerza de la circulación termohalina oceánica, lo que produce una reducción del calor transportado a latitudes altas de Europa (véase la Figura 4-2).** Sin embargo, incluso en simulaciones en las que la THC se debilita, se produce el calentamiento sobre Europa debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero. Las actuales proyecciones no sugieren una paralización definitiva de la THC para finales del año 2100. Más allá de esta fecha, algunas simulaciones sugieren que la THC pueda paralizarse completamente y quizás irreversiblemente en ambos hemisferios si el cambio en el forzamiento radiativo es lo suficientemente grande y está en vigor durante el tiempo necesario. Las simulaciones indican que una disminución de la THC reduce su capacidad de recuperación ante las perturbaciones (es decir, una THC reducida parece ser menos estable y por lo tanto es más probable que se produzca un colapso total).



- 4.14 **Es probable que la placa de hielo del Antártico aumente en general su masa durante el siglo XXI. Sin embargo, la placa de hielo del Oeste del Antártico podría agotarse durante los próximos mil años, produciendo una elevación del nivel del mar de varios metros, aunque nuestros conocimientos sobre algunos de los procesos subyacentes son insuficientes.** Se han expresado preocupaciones sobre la estabilidad de la placa de hielo del Antártico Oeste, ya que sus capas inferiores están por debajo del nivel del mar. Sin embargo, existe una coincidencia sobre la improbabilidad de pérdidas de hielo que produzcan una gran elevación del nivel del mar debida a esta fuente durante el siglo XXI. Las simulaciones dinámicas actuales del clima y del comportamiento de las capas de hielo proyectan que durante los próximos 100 años, la placa de hielo del Antártico puede que aumente en general su masa debido al incremento previsto de las precipitaciones, lo que contribuiría a una disminución relativa de varios centímetros en el nivel del mar.



Durante los próximos 1.000 años, dichas simulaciones proyectan que la *placa de hielo* del Antártico Oeste podría contribuir a una elevación del nivel de mar de hasta 3 metros.

- 4.15 **Es probable que la placa de hielo de Groenlandia pierda masa durante el siglo XXI y contribuya con unos centímetros a la elevación del nivel del mar.** Durante el siglo XXI, es probable que la placa de hielo de Groenlandia pierda masa debido a que el aumento previsto de escorrentía ha de superar el aumento de las precipitaciones, con un incremento máximo de 10 cm en la elevación mundial del nivel del mar. Las capas de hielo van a continuar reaccionando al calentamiento climático, contribuyendo a la elevación del nivel del mar durante miles de años después de estabilizarse del clima. Las simulaciones climáticas indican que es probable que el calentamiento local sobre Groenlandia sea de entre una y tres veces el de la media mundial. Las simulaciones de las capas de hielo proyectan que si un calentamiento local de más de 3°C se mantiene durante miles de años, podría llevar a la fusión completa de la placa de hielo de Groenlandia, con una consiguiente elevación del nivel del mar de 7 m. Si un calentamiento local de 5,5°C se mantuviera durante 1.000 años, podría tener como consecuencia probable una contribución de unos 3 m a la elevación del nivel del mar por parte de la placa de hielo de Groenlandia (véase la Pregunta 3).



GTI TIE Sección 11.5.4

- 4.16 **Durante el siglo XXI se esperan unos acusados cambios en la temperatura, en la morfología superficial y en la distribución del permafrost.** El permafrost ocupa en estos momentos un 24,5 por ciento del área terrestre al descubierto en el Hemisferio Norte. En virtud del calentamiento climático, la mayor parte de estas tierras podrían ser vulnerables al hundimiento, sobre todo en zonas relativamente cálidas de permafrost discontinuo. Las zonas del Hemisferio Norte cubiertas de permafrost se podrían ver reducidas entre un 12 y un 22 por ciento respecto a su extensión actual, y podrían incluso desaparecer en la mitad de la región canadiense actual de permafrost. Los cambios que ocurrán en el límite sur puede que se hayan manifestado para finales del siglo XXI, pero algunas zonas en las que el permafrost es muy espeso y rico en hielo podrían permanecer durante siglos o milenios. La fusión del permafrost espeso y rico en hielo podría verse acompañada por movimientos y hundimientos masivos de la superficie, aumentando las cargas de sedimentos en cursos de agua y causando daños a las infraestructuras en las regiones desarrolladas. Dependiendo de las precipitaciones y de las condiciones de desagüe, la degradación del permafrost podría liberar unos gases de efecto invernadero, transformar los bosques en ciénagas, praderas o humedales, y causar unos grandes problemas de erosión y deslizamientos de tierras.



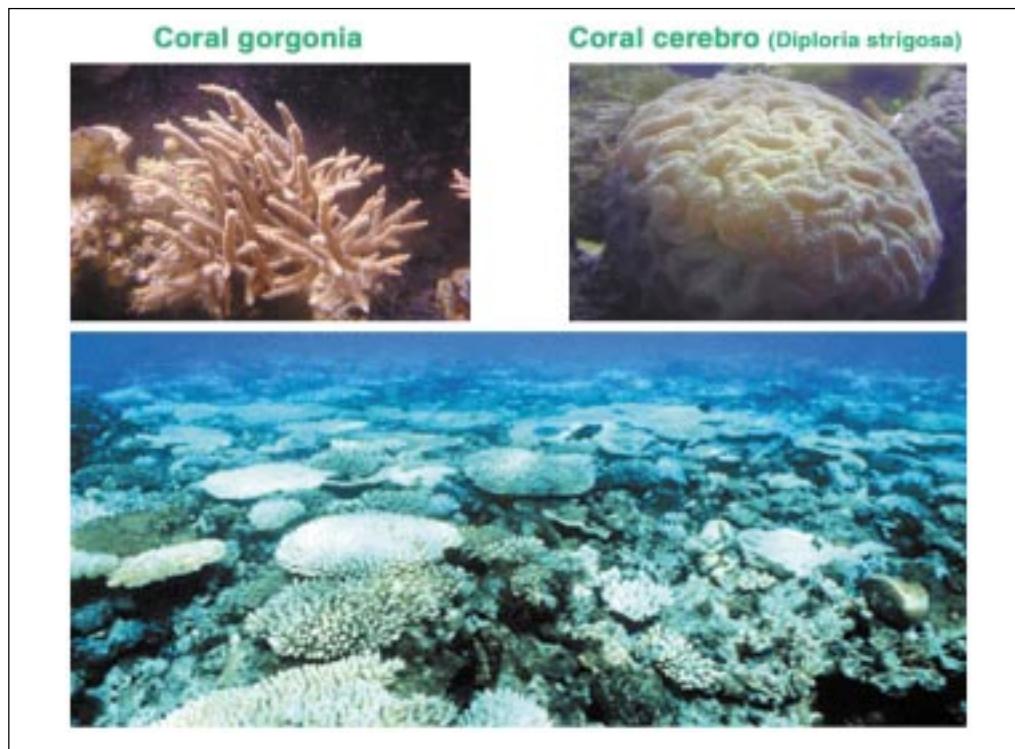
GTII TIE Secciones 16.1–2

- 4.17 **Muchos ecosistemas naturales y gestionados pueden cambiar repentinamente o de forma no lineal durante el siglo XXI. Cuanto mayor sea la magnitud y la velocidad del cambio, mayor será el riesgo de impactos adversos.**

- 4.18 **Los cambios en el clima podrían aumentar el riesgo de cambios repentinos y no lineales en muchos ecosistemas, lo que podría afectar su diversidad biológica, productividad y funcionamiento.** Por ejemplo, un incremento sostenido de la temperatura del agua de apenas 1°C, ya solo o en combinación con otros problemas (como la contaminación o el encenagamiento excesivos), podría hacer que los corales expulsen sus algas (decoloración de los corales; véase la Figura 4–3 y la Pregunta 2), ocasionar la muerte de los corales, y causar una posible pérdida de la diversidad biológica. El cambio climático también podría provocar el desplazamiento de los hábitat idóneos para muchos organismos terrestres y marinos hacia los polos, o de los hábitat en zonas montañosas hacia mayores altitudes. La mayor perturbación, junto con el desplazamiento de los hábitat y las condiciones más restrictivas necesarias para el establecimiento de las especies, podrían ocasionar un desequilibrio rápido y repentino en los ecosistemas terrestres y marinos y la aparición de nuevas agrupaciones de plantas y animales menos diversas y más débiles, y por lo tanto, más propensas a la extinción (véase la Pregunta 3).



GTII TIE Secciones 5.2, 6.4.5, & 17.2.4



**Figura 4-3: La diversidad de los corales se podría ver afectada**, con una disminución de los tipos de corales de tipo gorgonia (como los corales de cuerno de asta) o incluso la desaparición total, a medida que se vean más gravemente afectados por la temperatura de la superficie del mar, mientras aumenten los tipos de grandes corales (como los corales cerebro).



TIE GTII Sección 17.2.4

**4.19 Los sistemas ecológicos tienen muchos procesos no lineales que interactúan y les hacen vulnerables a cambios repentinos o los efectos de umbral derivados de cambios relativamente pequeños en las variables generadoras, entre las que figura el clima.** Por ejemplo:

- El aumento de las temperaturas por encima de un valor de umbral crítico, que varía en cada cultivo y en cada variedad, puede afectar etapas fundamentales del desarrollo de algunos cultivos, y producir graves pérdidas en su rendimiento. Como ejemplos de esas etapas fundamentales en el desarrollo y sus valores de umbral críticos pueden mencionarse los casos de la esterilidad de la espiguilla, en el arroz (una temperatura por encima de los 35°C durante más de una hora durante el proceso de floración y polinización reduce considerablemente la formación de la flor y, por lo tanto, la producción de grano), la pérdida de viabilidad del polen, en el maíz ( $>35^{\circ}\text{C}$ ), la inversión de la aclimatación al frío, en el trigo ( $>30^{\circ}\text{C}$  durante más de 8 horas), y la reducción en la formación y tamaño de los tubérculos, en la patata ( $>20^{\circ}\text{C}$ ). Las pérdidas de rendimiento de estos cultivos pueden ser grandes si las temperaturas sobrepasan estos valores críticos, incluso durante cortos períodos.
- Los manglares ocupan una zona de transición entre el mar y la tierra firme, que se establece debido al equilibrio entre los procesos de erosión causada por los mares y los procesos de encenagamiento que ocurren en la tierra. Se puede esperar que los procesos de erosión aumenten con la elevación del nivel del mar debida al cambio climático y a otras actividades humanas (por ejemplo el desarrollo de las zonas costeras). Por esto, el impacto sobre los bosques de manglares dependerá del equilibrio entre estos dos procesos, que determinará si los sistemas de manglares migran hacia tierra firme o hacia el mar.



GTII TIE Secciones 13.2.2 & 13.6.2



GTII TIE Secciones 5.3, 10.2.2, 15.2, & 17.2



GTII TIE Secciones 1.3.1, 5.2, 5.9, 10.2.6.3, 13.2.2, 13.6.2, & 14.2.1

**4.20 Los cambios a gran escala en la cubierta de vegetación podrían afectar al cambio climático regional.** Los cambios en las características de la superficie terrestre, como las creadas por la cubierta terrestre, pueden modificar los flujos de energía, agua y gases, y afectar la composición atmosférica, generando alteraciones en el clima local/regional y,

por lo tanto, afectando al régimen de perturbaciones (como sucede en el Ártico). En zonas sin agua superficial (normalmente zonas áridas o semiáridas) la evapotranspiración y el albedo afectan al ciclo hidrológico local, por lo que una reducción de la cubierta vegetal podría producir una disminución de las precipitaciones a escala local/regional, y cambiar la frecuencia y persistencia de las sequías.



**P5**

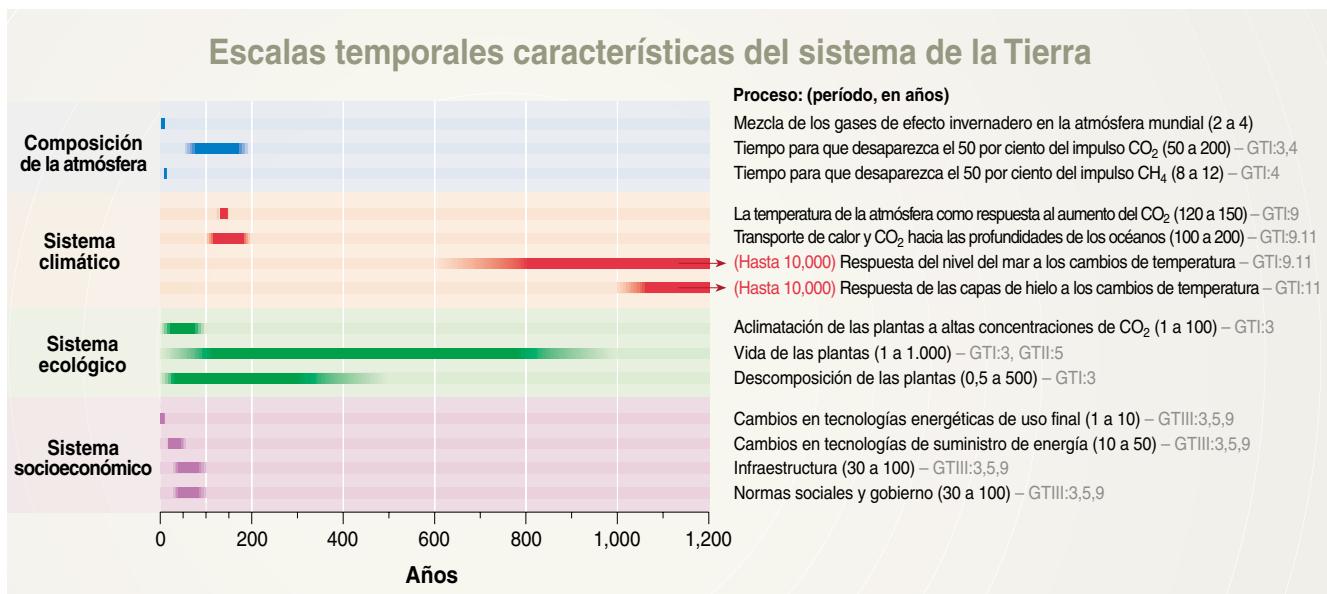
---

**Pregunta 5**

¿Qué se sabe sobre la inercia y las escalas temporales asociadas con los cambios en los sistemas climáticos y ecológicos y los sectores socioeconómicos, así como sus interacciones?

---

Recuadro 5-1	Escala temporal e inercia.
Los términos “escala temporal” e “inercia” no tienen un significado con una aceptación generalizada en las distintas disciplinas que abarca el TIE. En esta respuesta se utilizan las siguientes definiciones:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>“Escala temporal” es el tiempo necesario para que una perturbación en un proceso muestre al menos la mitad de sus efectos finales. En la Figura 5-1 se muestran las escalas temporales de algunos procesos del sistema de la Tierra.</li> <li>“Inercia” es el retraso, lentitud o resistencia en la respuesta de sistemas climáticos, biológicos o humanos ante factores que alteran su ritmo de cambio, incluida la continuación del cambio en el sistema una vez que se haya retirado la causa de este cambio.</li> </ul>	
Estos son sólo dos de los varios conceptos utilizados en los documentos para describir las respuestas de los sistemas complejos y no lineales de adaptación al forzamiento externo.	



**Figura 5-1: Las escalas temporales características de algunos procesos clave en el sistema de la Tierra:** composición atmosférica (azul), sistema climático (rojo), sistema ecológico (verde), y sistema socioeconómico (violeta). Por ‘escala temporal’ se entiende el tiempo necesario para que se muestren al menos la mitad de las consecuencias de un cambio en un elemento que impulsa el proceso. Los problemas de la adaptación surgen cuando los procesos de respuesta (como la longevidad de algunas plantas) son mucho más lentos que los procesos impulsores (el cambio de temperatura). Surgen problemas de equidad intergeneracional en todos los procesos con escalas temporales que duran más de una generación humana, ya que una gran parte de las consecuencias de las actividades de una generación determinada han de pasar a generaciones futuras.



TIE GTI Capítulos 3, 4, 7, y 11, TIE GTII Capítulo 6, y TIE GTIII Capítulos 5, 6, y 10

- 5.1 Esta respuesta aborda e ilustra la inercia y las diferentes escalas temporales asociadas con importantes procesos en los sistemas climático, ecológico y socioeconómico y sus interacciones. También trata de los cambios potencialmente irreversibles—es decir, las situaciones en que una parte de los sistemas climático, ecológico o socioeconómico puede no volver a su estado anterior dentro de una escala temporal equivalente a varias generaciones humanas, después que se hayan reducido o retirado las fuerzas impulsoras de dichos cambios. Por último, investiga la influencia de los efectos de la inercia en las decisiones sobre mitigación o adaptación al cambio climático.
- 5.2 **La inercia es una característica inherente y extendida de los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos que interactúan entre sí. Por lo tanto, puede pasar mucho tiempo antes de que algunos impactos del cambio climático antropogénico se pongan de manifiesto, y algunos de estos impactos pueden ser irreversibles si no se limita el ritmo y la magnitud del cambio climático antes de que se sobrepasen ciertos límites de umbral asociados, de los que se conoce muy poco.**

- 5.3 El efecto combinado de la interacción de las inercias de los diferentes procesos componentes es tal que la estabilización del clima y de los sistemas climáticos que reciben los impactos climáticos sólo se logrará mucho después de que se hayan reducido las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.** La perturbación de la atmósfera y de los océanos producida por el CO<sub>2</sub> emitido debido a actividades humanas desde el año 1750 ha de persistir durante siglos debido a la lenta redistribución del carbono entre los grandes depósitos oceánicos y terrestres en que la renovación es lenta (véanse las Figuras 5–2 y 5–4). Se proyecta que la concentración atmosférica futura de CO<sub>2</sub> continúe cerca de los niveles máximos alcanzados, ya que los procesos naturales sólo pueden volver la concentración a niveles preindustriales dentro de escalas temporales geológicas. En cambio, la estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero de corta vida, como el CH<sub>4</sub>, permite una estabilización de las concentraciones atmosféricas dentro de unos decenios. También debido a la inercia, la falta de emisiones de gases de efecto invernadero de larga vida tendrá beneficios duraderos.

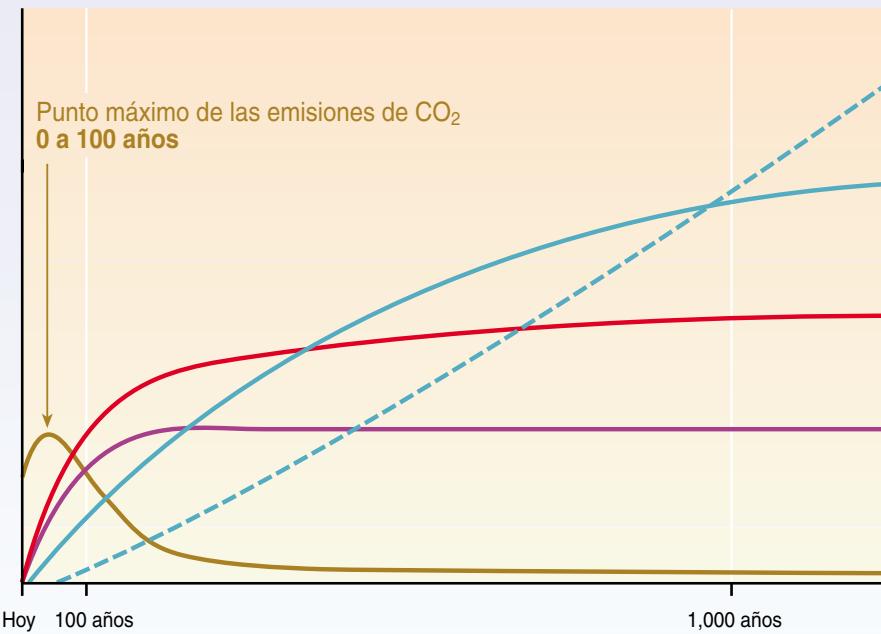
→ GTI TIE Secciones 3.2, 3.7, & 4.2, & GTI TIE Figura 9.16

- 5.4 Los océanos y la círosfera (capas y placas de hielo, glaciares, y permafrost) son las principales fuentes de inercia física en el sistema climático para escalas temporales de hasta 1.000 años.** Debido a la gran masa, espesor y capacidad térmica de los océanos y la círosfera, y la lentitud del proceso de transporte térmico, las simulaciones oceánicas-climáticas predicen que la temperatura media de la atmósfera cerca de la superficie del planeta ha de tardar siglos en acercarse finalmente al nuevo ‘equilibrio’ de temperatura tras un cambio del forzamiento radiativo. La penetración de calor desde la

→ GTI TIE Secciones 7.3, 7.5, & 11.5.4, & GTI TIE Figuras 9.1, 9.24, & 11.16

## Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, la temperatura y el nivel del mar seguirán subiendo mucho después de reducirse las emisiones

### Magnitud de la respuesta



### Tiempo para que se alcance el equilibrio

Elevación del nivel del mar debida a la fusión de los hielos: **varios milenios**

Elevación del nivel del mar debida a la expansión térmica: **de siglos a milenios**

Estabilización de las temperaturas: **unos cuantos siglos**

Estabilización del CO<sub>2</sub>: **100-300 años**

Emisiones de CO<sub>2</sub>

**Figura 5–2: Despues que se reduzcan las emisiones de CO<sub>2</sub> y que se estabilicen las concentraciones atmosféricas, la temperatura de la atmósfera en la superficie del planeta ha de continuar incrementándose en unas cuantas décimas partes de un grado C por siglo durante un siglo o más. La expansión térmica de los océanos ha de continuar incluso mucho después de haberse reducido las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la fusión de las capas de hielo continuará contribuyendo durante muchos siglos a la elevación del nivel del mar. Esta figura es una ilustración genérica de la estabilización a cualquier nivel entre 450 y 1.000 ppm y, por lo tanto, no incluye unidades en el eje de respuestas. Las respuestas a las trayectorias de estabilización en esta serie muestran unos períodos similares, pero los impactos son progresivamente más acuciantes cuando existen mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>.**

→ TIE GTI Secciones 2.7, 9.3, y 11.5, y TIE GTI Figuras 3.13., 9.16, 9.19, 11.15, y 11.16

atmósfera en la ‘capa mezclada’ superior del océano se produce en decenios, pero el transporte de calor en las profundidades del océano tarda siglos en producirse. Una consecuencia asociada es que la elevación del nivel del mar por actividades antropogénicas continúe inexorablemente durante muchos siglos después de que la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero se haya estabilizado.

### 5.5 Cuanto menor sea el objetivo de estabilización para el CO<sub>2</sub> atmosférico, más pronto se deberán disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, para cumplir dicho objetivo.

Si las emisiones se mantuvieran a los niveles actuales, las simulaciones del ciclo de carbono indican que la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> continuaría en ascenso (véase la Figura 5–3).

- La estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en un nivel determinado requiere una reducción definitiva de las emisiones netas mundiales a una pequeña fracción de las emisiones actuales.
- La estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> a 450, 650, o 1.000 ppm requiere que las emisiones antropogénicas mundiales de CO<sub>2</sub> se reduzcan por debajo de los niveles de 1990, en unos decenios, en un siglo, o en dos siglos, respectivamente, y continúen disminuyendo constantemente desde entonces (véase la Figura 6–1).

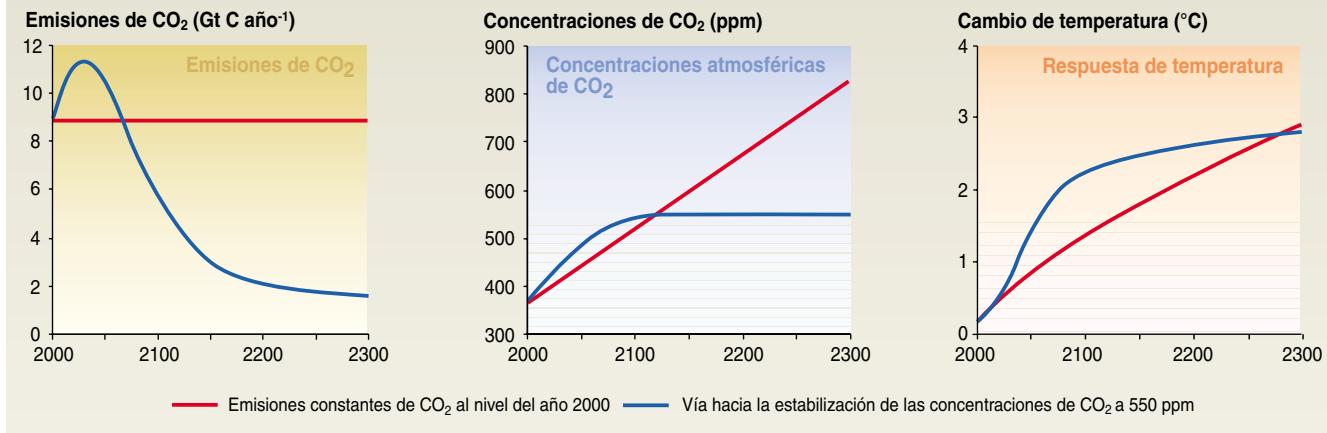
Estas limitaciones temporales son en parte debidas a la velocidad de la absorción del CO<sub>2</sub> por los océanos, la que se ve limitada por la lentitud del transporte de carbono entre la superficie y las aguas profundas. Existe en los océanos una capacidad suficiente de absorción como para incorporar entre un 70 y un 80 por ciento de las emisiones antropogénicas proyectadas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, pero se precisarán varios siglos para que dicha absorción se produzca. Las reacciones químicas con los sedimentos oceánicos tiene un potencial de secuestro de un 15 por ciento más en un período de 5.000 años.

### 5.6 El intervalo que se produce entre la absorción biosférica del carbono y su emisión se manifiesta como una absorción neta temporal de carbono. Los principales flujos en el ciclo mundial de carbono tienen muy diferentes escalas temporales

→ GTI TIE Secciones 3.2.3.2, 3.7.3, & 9.3.3.1

→ GTI TIE Secciones 3.2.2–3 & 3.7.1–2, & GTI TIE Figura 3.10

## Impacto de la estabilización de emisiones en relación con la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub>



**Figura 5–3:** La estabilización de las emisiones de CO<sub>2</sub> a los niveles actuales ha de tener como resultado un aumento continuo de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> y de las temperaturas. Para la estabilización del CO<sub>2</sub> atmosférico y del cambio de temperaturas sería necesario que las emisiones desciendan muy por debajo de los niveles actuales. En los tres paneles, las curvas rojas muestran el resultado de las emisiones cuando se mantienen constantes al nivel recomendado por el perfil WRE 550 para el año 2000 (que es ligeramente mayor que las emisiones actuales para el año 2000), mientras que las curvas azules son el resultado de las emisiones sugeridas en el perfil de estabilización WRE 550. Ambos casos son únicamente ilustrativos: unas emisiones mundiales constantes no son realistas a corto plazo, y no se expresa ninguna preferencia por el perfil WRE 550 en relación con los otros. En la Figura 6–1 se muestran otros perfiles de estabilización. La Figura 5–3 se desarrolló utilizando las simulaciones descritas en los Capítulos 3 y 9 del TIE del GTI.

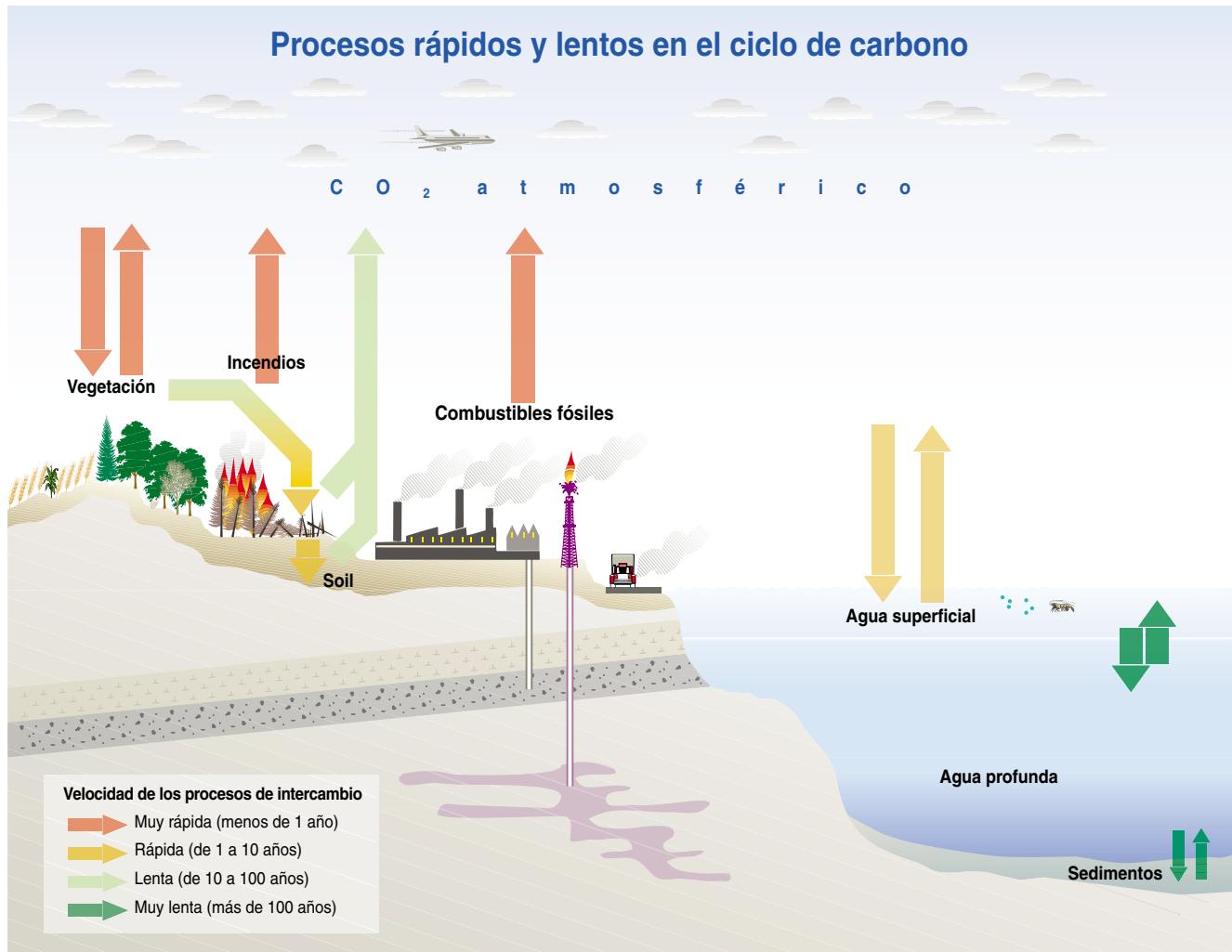
→ TIE GTI Secciones 3.7 y 9.3

características (véanse las Figuras 5–1 y 5–4). La absorción neta de carbono terrestre desarrollada durante los últimos decenios ha sido en parte el resultado del intervalo entre la absorción fotosintética de carbono y la emisión de carbono cuando la planta muere y se descompone. Por ejemplo, la absorción que resulta de la regeneración de los bosques sobre tierras agrícolas abandonadas durante el último siglo en el Hemisferio Norte, ha de disminuir a medida que los bosques alcancen la madurez en su biomasa, disminuya su ritmo de crecimiento y haya más muertes de especímenes. El mejoramiento de la absorción de carbono por las plantas, debido a una sedimentación elevada de CO<sub>2</sub> o nitrógeno, llegará a un punto de saturación, para luego acompañarse con la mayor descomposición de biomasa. Es probable que el cambio climático aumente los niveles de alteración y descomposición en el futuro. Algunas simulaciones proyectan que la creciente absorción neta de carbono terrestre que se ha registrado en años recientes alcance su nivel máximo, para luego equilibrarse o disminuir. Algunas de ellas proyectan que estos niveles máximos se alcancen durante el siglo XXI. Las proyecciones del intercambio neto mundial de carbono entre la tierra y la atmósfera después de algunos decenios siguen siendo inciertas (véase la Figura 5–5).

- 5.7 Aunque el calentamiento reduce la absorción de CO<sub>2</sub> por los océanos, se proyecta que la absorción oceánica neta del carbono persista con el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, al menos durante el siglo XXI. El transporte del carbono desde la superficie hasta el fondo



GTI TIE Secciones 3.2.3 &  
3.7.2, & GTI TIE Figuras  
3.10c,d



**Figura 5–4:** La gama de escalas temporales de los principales procesos dentro del ciclo de carbono lleva a una gama de tiempos de respuesta para perturbaciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y contribuye al desarrollo de sumideros temporales, por ejemplo, cuando la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> sube por encima de su nivel de equilibrio de antes del año 1750.

de los océanos tarda muchos siglos en producirse, y se necesitarán varios milenios hasta que se deposite en los sedimentos oceánicos.

- 5.8 **Es probable que cuando se encuentran sujetos a un rápido cambio climático los sistemas climáticos se desestabilicen como consecuencia de los distintos ritmos de las respuestas dentro del sistema.** La resultante pérdida de capacidad del ecosistema para suministrar servicios como alimentos, maderas y el mantenimiento de la diversidad biológica sobre unas bases sostenibles puede no manifestarse inmediatamente. El cambio climático puede crear condiciones desfavorables para el establecimiento de especies fundamentales, pero la respuesta lenta y retrasada de las plantas de larga vida oculta la importancia del cambio hasta que individuos ya establecidos mueren a raíz de una alteración. Por ejemplo, para el posible cambio climático del siglo XXI, es probable que en algunas zonas de bosque se produzca una perturbación por incendios, vientos, plagas o cosechas, las comunidades no se regeneren, como antes, sino que las especies se pierdan o sean sustituidas por otras diferentes.

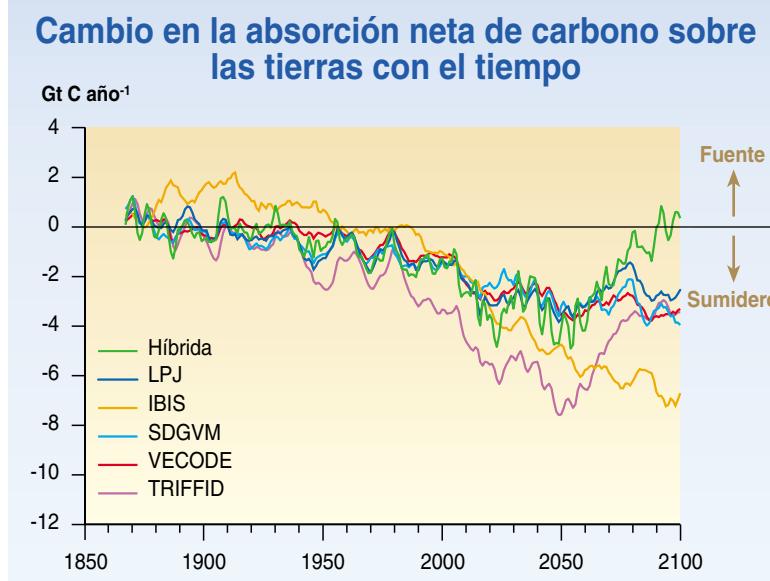
GTII TIE Sección 5.2

- 5.9 **El ser humano ha mostrado su capacidad para adaptarse a condiciones climáticas medias a largo plazo, pero no es lo mismo cuando se trata de adaptarse a fenómenos extremos y a variaciones interanuales en las condiciones climáticas.** Se proyecta que los cambios climáticos durante los próximos 100 años sobrepasan cualquier otro experimentado por el hombre durante, al menos, los últimos 5 milenios. La magnitud y la velocidad de estos cambios han de plantear un grave problema para la humanidad. El tiempo necesario para la adaptación socioeconómica varía entre años y decenios, y en función del sector y de los recursos disponibles para ayudar a esta transición. El proceso de adopción y aplicación de decisiones en materia de adaptación y mitigación adolece de una inercia, que a veces dura varios decenios. Como generalmente las entidades que adoptan las decisiones sobre adaptación y mitigación no son las mismas, ello agrava las dificultades inherentes a la identificación y aplicación de la mejor combinación posible de estrategias, y por lo tanto contribuye al retraso de la respuesta frente al cambio climático.

GTII TIE RRP 2.7, GTI  
TIE Secciones 4.6.4,  
18.2–4, & 18.8, & GTIII  
TIE Sección 10.4.2

- 5.10 **Normalmente percibir la necesidad de responder a un problema grave, planificar, investigar, desarrollar una solución, y ponerla en práctica conlleva una demora de años, y hasta de decenios.** Este retraso se puede acortar anticipando las necesidades mediante la previsión, y por lo tanto, el desarrollo de tecnologías por adelantado. La respuesta de la tecnología a cambios en el precio de la energía ha sido un proceso histórico rápido

GTII TIE Secciones 1.4.1,  
12.8.4, & 18.3.5, & GTIII  
TIE Secciones 3.2, 5.3.1,  
& 10.4



TIE GTI Figura 3.10b

Figura 5–5: La absorción neta reciente de carbono sobre las tierras se debe en parte a la mejora de la absorción de CO<sub>2</sub> con el crecimiento de las plantas, con un intervalo antes de que este carbono vuelva a la atmósfera mediante la descomposición de dichas plantas y la materia orgánica del suelo. Varios procesos contribuyen a la mejora en el crecimiento de las plantas: los cambios en la gestión y uso del suelo, el efecto fertilizante de cantidades elevadas de CO<sub>2</sub> y nitrógeno, y algunos cambios climáticos (como una mayor temporada de crecimiento de las plantas en altas latitudes). Una gama de simulaciones (identificadas por sus siglas en la figura) proyectan un continuo aumento en la fuerza de la absorción neta de carbono sobre las tierras durante algunos decenios, para luego estabilizarse o incluso disminuir a finales del siglo XXI por razones explicadas en el texto. Los resultados simulados ilustrados se obtienen a partir del escenario IS92a, pero se extraen conclusiones parecidas con el empleo de otros escenarios.

(normalmente, menos de 5 años entre un aumento abrupto de los precios y su respuesta en términos de patente e introducción de nuevas soluciones), pero su difusión necesita mucho más tiempo. La velocidad de difusión está a menudo en función de la velocidad con que se retiran los equipos instalados. La rapidez con que se implantan mejores tecnologías permite una reducción en la curva de aprendizaje (aprendizaje activo sobre la marcha), y no incorporar prematuramente tecnologías existentes y poco eficientes. El ritmo de difusión tecnológica depende en gran medida no sólo de las posibilidades económicas, sino también de las presiones socioeconómicas. Para algunas tecnologías, como la incorporación de nuevas variedades de cultivos, la disponibilidad y la información sobre opciones preexistentes de adaptación permite una adaptación rápida. En muchas regiones, sin embargo, las presiones de la población sobre tierras y recursos hídricos escasos, las políticas gubernamentales que impiden el cambio, y el poco acceso a la información o a recursos financieros, dificultan y frenan el proceso de adaptación. La adaptación óptima a las tendencias de cambio climático, por ejemplo, a sequías más frecuentes, se puede retrasar si se piensa que obedecen a una variabilidad natural, siendo que en realidad están relacionadas con el cambio climático. A la inversa, puede producirse una mala adaptación si la variabilidad climática se confunde con una tendencia.

- 5.11 Las estructuras sociales y los valores personales interactúan con la infraestructura física de la sociedad, las instituciones y las tecnologías incorporadas en ella, y el sistema combinado avanza de una manera relativamente lenta.** Esto resulta obvio, por ejemplo, en relación con los impactos del diseño urbano y de las infraestructuras en el consumo de energía para calefacción, aire acondicionado y transporte. A veces los mercados se ‘encierran’ en tecnologías y prácticas que no son óptimas, debido a la inversión económica hecha en apoyo de la infraestructura, lo que puede bloquear las alternativas. La difusión de muchas innovaciones se topa con las preferencias tradicionales de las personas y otros obstáculos sociales y culturales. A menos que las ventajas sean muy claras, los cambios de comportamiento o sociales de los usuarios de tecnologías pueden llevar decenios. El uso de la energía y la mitigación de gases de efecto invernadero tienen un interés secundario en la vida diaria de la mayoría de las personas. Sus hábitos de consumo están impulsados no sólo por cambios demográficos, económicos y tecnológicos, la disponibilidad de recursos, la infraestructura y las limitaciones temporales, sino también por la motivación, los hábitos, la necesidad, la coacción, las estructuras sociales y otros factores.



GTIII TIE Secciones 3.2, 3.8.6, 5.2–3, & 10.3;  
IECMTTT RRP, &  
IECMTTT Capítulo 4RE

- 5.12 Las escalas temporales sociales y económicas no son fijas; son sensibles a fuerzas sociales y económicas, y pueden cambiarse gracias a las políticas y a las decisiones individuales de cada persona.** En condiciones económicas difíciles, los cambios de comportamiento y tecnológicos pueden ser rápidos. Por ejemplo, la crisis petrolera del decenio de 1970 sensibilizó a la sociedad sobre la conservación y las fuentes alternativas de energía, y en la mayoría de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) la economía se apartó en gran medida de los nexos tradicionales entre los índices de crecimiento del consumo de energía y el desarrollo económico (véase la Figura 5–6). Otro ejemplo es la reducción observada de emisiones de CO<sub>2</sub> causada por las conmociones económicas de los países de la ex Unión Soviética en 1988. La respuesta en ambos casos fue muy rápida (tan sólo unos años). Al parecer, también ocurre lo contrario; en situaciones en donde la presión al cambio es pequeña, existe una gran inercia. Esta ha sido la hipótesis implícita en los escenarios del IEEE, en los que no se toman en cuenta tensiones importantes, como la recesión económica, los conflictos a gran escala o la desaparición de las reservas de alimentos, ni tampoco el consiguiente sufrimiento humano, por ser muy difíciles de predecir.



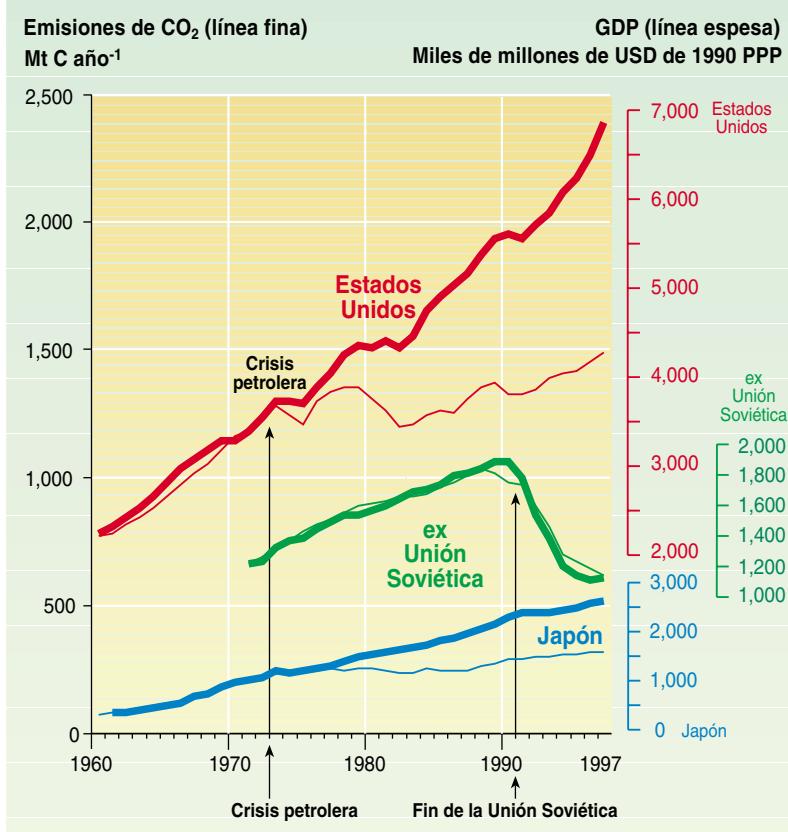
GTIII TIE Capítulo 1,  
GTIII TIE Secciones 3.2 & 10.1.4.3, & GTIII SIE Sección 20.1

- 5.13 La estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> a niveles por debajo de 600 ppm sólo es posible con una reducción del coeficiente de carbono y/o de energía utilizado, muy superior al que se ha logrado históricamente.**



GTI TIE Sección 3.7.3.4,  
GTIII TIE Sección 2.5, &  
IEEE Sección 3.3.4

## Comparación entre PIB y emisiones de CO<sub>2</sub> en países seleccionados



TIE GTIII Cuadro 3.1 y  
GTII SIE Figura 20-1

**Figura 5-6: La respuesta del sistema energético, indicada por la emisión de CO<sub>2</sub> (expresado como carbono), frente a cambios económicos, indicados por el PIB (expresado en términos de Poder Adquisitivo). La respuesta puede ser casi sin inercia si el impacto es muy grande. La ‘crisis petrolera’, durante la cual los precios de la energía experimentaron una gran subida en un período breve, provocó una divergencia casi inmediata y continua de las emisiones y del PIB—elementos antes muy vinculados en la mayoría de los países desarrollados. Japón y Estados Unidos se muestran como ejemplos. Cuando la ex Unión Soviética estaba a punto de desmembrarse, los dos indicadores estaban muy vinculados, por lo que las emisiones se redujeron rápidamente junto con un declive del PIB.**

Esto implica un desplazamiento hacia vías alternativas de desarrollo con nuevas configuraciones sociales, institucionales y tecnológicas, que aborden los problemas ambientales. Los bajos niveles históricos de mejoramiento del coeficiente de energía utilizado (uso de energía por unidad de PIB) reflejan la prioridad relativamente baja que dan a la eficiencia energética la mayoría de productores y usuarios de tecnologías. Por el contrario, la productividad en el trabajo aumentó a una velocidad mayor en el período 1980–1992. Para lograr la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 600 ppm o incluso menos, sería preciso aumentar y mantener los niveles mundiales de mejoramiento del coeficiente energético registrados históricamente (de 1 a 1,5 por ciento por año) durante mucho tiempo (véase la Figura 5–7). Los niveles de la reducción del coeficiente de carbono utilizado (carbono por unidad de energía producida) tendrían que cambiar incluso más (hasta un 1,5 por ciento por año: la tasa base histórica es de 0,3 a 0,4 por ciento por año). En realidad, es probable que tanto el coeficiente energético como el coeficiente del carbono continúen mejorando, pero para la estabilización de los gases de efecto invernadero a niveles por debajo de 600 ppm es necesario que, al menos, uno de estos factores lo haga a un ritmo mayor que hasta ahora. Cuanto menor sea el objetivo de estabilización y mayor el nivel de emisiones de referencia, mayor será la diferencia entre el CO<sub>2</sub> y la cantidad de referencia, y más pronto deberá corregirse.

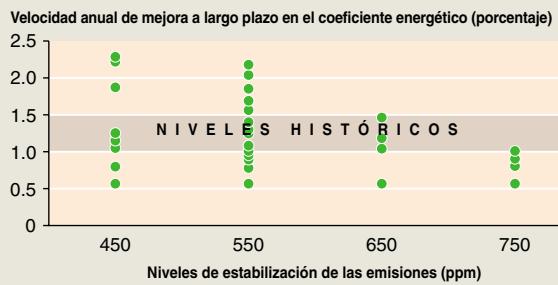
### 5.14 Algunos cambios en los sistemas climáticos, ecológicos, y socioeconómicos son irreversibles efectivamente durante varias generaciones, y otros son irreversibles intrínsecamente.

5.15 Existen dos tipos de irreversibilidad manifiesta. La ‘irreversibilidad efectiva’ proviene de procesos que pueden volver al estado anterior a la perturbación, pero que precisan entre siglos y milenios para que suceda. Un ejemplo es la fusión parcial de la

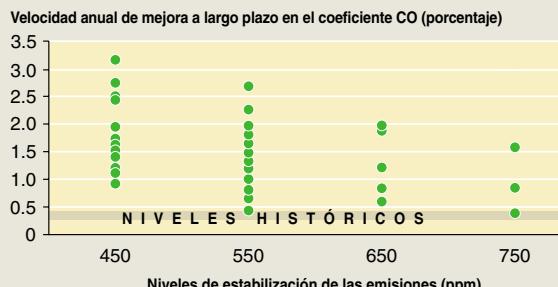
GTI TIE Capítulo 11, GTII  
TIE Capítulo 5, & GTII  
TIE Secciones 16.2.1 &  
17.2.5

## Aceleración del cambio en el sistema energético

- (a) Gama de velocidad del cambio en el **coeficiente energético**, en distintos escenarios de mitigación, a partir de diferentes simulaciones: años 1990-2100



- (b) Gama de velocidad del cambio en el **coeficiente de CO<sub>2</sub>**, en distintos escenarios de mitigación, a partir de diferentes simulaciones: años 1990-2100



TIE GTIII Figuras 2.8 y 2.18

Figura 5-7: a) La velocidad del cambio en el coeficiente energético (energía por unidad de PIB) necesaria para alcanzar los objetivos determinados para la estabilización de concentraciones de CO<sub>2</sub> se sitúa dentro de la gama de niveles logrados históricamente para la estabilización por encima de 550 ppm, y posiblemente incluso a 450 ppm, pero b) el nivel requerido para la mejora en el coeficiente de carbono (las emisiones de carbono por unidad de energía) para estabilizar los niveles por debajo de 600 ppm es mayor que los niveles logrados históricamente. Como consecuencia de ello, el costo de la mitigación aumenta a medida que el nivel de estabilización decrece, y lo hace en mayor medida por debajo de un objetivo de unos 600 ppm que por encima de este valor (véase la Figura 7-3).

placa de hielo de Groenlandia. Otro es la elevación proyectada en el nivel medio del mar, en parte como resultado de la fusión de la círosfera, pero sobre todo debida al aumento de las temperaturas en los océanos. El mundo ya da por sentado cierta elevación del nivel del mar como consecuencia del calentamiento atmosférico de la superficie durante el siglo pasado. La ‘irreversibilidad intrínseca’ es el resultado del traspaso de un valor de umbral, más allá del cual el sistema ya no puede volver de forma espontánea a su estado previo. Un ejemplo de un cambio intrínsecamente irreversible, por haberse sobrepasado este valor de umbral, es la extinción de especies a raíz de la combinación de cambio climático y pérdida de hábitat.

- 5.16 **La situación del valor de umbral y la resistencia al cambio en sus proximidades, pueden verse afectados por la velocidad de acercamiento a dicho valor de umbral.** Los resultados obtenidos de simulaciones indican que puede haber un valor de umbral en la circulación termohalina (véase la Pregunta 4) de forma que, si el mundo se calentara rápidamente, se podría provocar una transición a una nueva circulación oceánica, tal como ocurrió al salir de la última era glaciar. Es muy improbable que esta transición se produzca durante el siglo XXI, pero algunas simulaciones sugieren que si ocurriera podría ser irreversible (la nueva circulación podría persistir incluso después de que la perturbación desapareciese). Si el ritmo de calentamiento es más lento, la circulación termohalina (THC) podría ajustarse gradualmente, sin que se sobreponga el valor de umbral. Esto implica que la trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero es importante para determinar la evolución de la THC. Cuando un sistema se acerca a su valor de umbral, como es el caso del debilitamiento de la THC por calentamiento mundial, disminuye su capacidad de recuperación ante perturbaciones.



GTI TIE Secciones 2.4.3, 7.3.7, & 9.3.4.3, & GTI TIE Sección 1.4.3.5

**5.17 El mayor ritmo de calentamiento y los efectos combinados de múltiples tensiones aumentan la probabilidad de que se sobrepase el valor de umbral.**

Un ejemplo de un umbral ecológico aparece en la migración de especies de plantas como respuesta al cambio climático. Los registros fósiles indican que el nivel máximo al que la mayoría de las especies de plantas han migrado en el pasado ha sido de 1 km por año. Las conocidas limitaciones que impone el proceso de dispersión (como el período medio entre germinación y producción de semillas, y la distancia media que una semilla particular puede viajar) sugieren que, sin intervención humana, muchas especies no podrán estar a la par del ritmo con que, según las proyecciones, ha de modificarse su espacio climático preferido durante el siglo XXI, incluso cuando existieran los obstáculos a su migración impuestos por el uso de las tierras. Un ejemplo de umbral socioeconómico lo proporcionan los conflictos en condiciones ya problemáticas—por ejemplo una cuenca fluvial compartida por varios países, que compiten por unos recursos hídricos escasos. Una mayor presión ocasionada por un problema ambiental, como una reducción del flujo de caudal, podría provocar mayores conflictos. Si no se conocen plenamente los sistemas afectados, es posible que la presencia de un valor de umbral no resulte manifiesta hasta que se alcanza.



GTII TIE Secciones  
1.2.1.2, 4.7.3, & 5.2,  
GTIII TIE RT 2.3, IEEE  
Recuadro 4.2, & GTII SIE  
A.4.1

**5.18 La inercia en los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos hace que la adaptación sea inevitable y necesaria en algunos casos, y la inercia afecta la combinación óptima de estrategias de mitigación y adaptación.**



GTIII TIE Sección 8.4.2

**5.19 Como consecuencia de las demoras y la inercia inherentes en el sistema terrestre, incluidos sus componentes sociales, algunas de las consecuencias de las medidas que se adopten, o no se adopten, sólo se manifestarán dentro de muchos años.** Por ejemplo, las diferencias en las trayectorias iniciales de los diferentes escenarios del IEEE y de estabilización son pequeñas, pero los resultados para el clima del año 2100 son enormes. La elección de la vía de desarrollo tiene consecuencias a todas las escalas temporales afectadas; por lo tanto, los costos y beneficios totales a largo plazo pueden variar considerablemente de los de a corto plazo.

**5.20 Cuando hay inercia, las medidas bien fundamentadas para adaptarse o mitigar las consecuencias del cambio climático son más eficaces y, en algunas circunstancias, pueden incluso ser más económicas, si se adoptan sin demora.**



GTII TIE Secciones 1.3.4 & 2.7.1, GTIII TIE Capítulo 2, GTIII TIE Secciones 10.1 & 10.4.2–3, & GTIII TIE Cuadro 10.7

Los retrasos entre las emisiones y sus impactos proporcionan un espacio que da tiempo para una adaptación planificada. La inercia del adelanto tecnológico y la sustitución de los bienes de capital es un importante punto a favor para la mitigación gradual. El aspecto esencial de la inercia en las estructuras y los procesos económicos es que la desviación de una tendencia determinada tiene sus costos, y que estos costos aumentan con la velocidad de estas desviaciones (por ejemplo, los costos de un pronto desmantelamiento de instalaciones con un alto coeficiente de carbono). Las medidas de mitigación, si se adoptan con prontitud, pueden reducir el riesgo de impactos graves, duraderos o irreversibles, y atenuar al mismo tiempo la necesidad de una mitigación más rápida ulteriormente. Si las medidas se aceleran, se pueden reducir los costos de la mitigación y adaptación a largo plazo, al acelerar el adelanto tecnológico y la pronta obtención de beneficios que ahora están ensombrecidos por las imperfecciones del mercado. La reducción de emisiones durante los próximos años es económicamente valiosa si existe una probabilidad importante de tener que permanecer por debajo de unos valores máximos que, de otra forma, se alcanzarían dentro de las escalas temporales características de los sistemas que producen gases de efecto invernadero. Las decisiones sobre la mitigación del cambio climático dependen del juego entre la inercia y la incertidumbre, lo que da como resultado un proceso de adopción de decisiones secuenciales. La previsión y la pronta adaptación serán sobre todo ventajosas en sectores con infraestructuras de larga vida, como puentes y presas, y una gran inercia social, como los derechos de propiedad mal distribuidos. Las medidas de adaptación anticipadas pueden ser muy económicas si la tendencia prevista se materializa.

**5.21 Como consecuencia de los retrasos, la inercia y la irreversibilidad en los sistemas de la Tierra, una medida de mitigación o para el desarrollo de tecnologías pueden tener diferentes resultados, según cuándo se aplique.**

Por ejemplo, en una simulación del efecto hipotético de la reducción a un nivel de cero de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero en el año 1995, sobre la elevación del nivel del mar durante el siglo XXI en el Pacífico, mostró que la elevación del nivel del mar que inevitablemente ocurriría debido al calentamiento que tuvo lugar antes del 1995 (entre 5 y 12 cm), sería mucho menor que si la misma reducción de emisiones sucediera en el año 2020 (entre 14 y 32 cm). Esto muestra la creciente inevitabilidad de una elevación del nivel del mar en el futuro debida a emisiones de gases actuales y pasadas, y el efecto de un retraso en las reducciones hipotéticas de emisiones.



GTII TIE Secciones 2.7.1 & 17.2.1

**5.22 La inercia tecnológica en los países menos adelantado se puede reducir con un 'salto tecnológico' (es decir, la adopción de estrategias preventivas para evitar los problemas que hoy en día debe afrontar la sociedad industrial).**

No cabe suponer que los países en desarrollo vayan a seguir automáticamente las vías de desarrollo que tomaron los países industrializados en el pasado. Por ejemplo, algunos países en desarrollo han obviado la instalación de líneas terrestres para comunicaciones, y han pasado directamente a las comunicaciones móviles. Los países en desarrollo podrían evitar las prácticas pasadas de los países desarrollados basadas en un uso ineficiente de la energía, y adoptar tecnologías que utilizan la energía de forma más sostenible, reciclando más residuos y productos, y ocupándose de los desechos residuales de manera más aceptable. Esto se podría lograr más fácilmente en nuevas infraestructuras y sistemas energéticos que se adopten en los países en desarrollo, pues de todos modos se necesitan grandes inversiones. La transferencia de tecnología entre países y regiones puede reducir la inercia tecnológica.



GTII TIE Capítulo 2, GTIII TIE Sección 10.3.3, IEEE Sección 3.3.4.8, & IECMTT RRP

**5.23 La inercia y la incertidumbre en los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos imponen prever determinados márgenes de seguridad a la hora de establecer estrategias, objetivos y calendarios para evitar niveles peligrosos de interferencias en el sistema climático.** Los niveles de estabilización fijados, por ejemplo, para la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, la temperatura o el nivel del mar, se pueden ver afectados por:

- La inercia del cambio climático, que ha de prolongar el cambio climático durante un período después de haberse aplicado las medidas para mitigar los efectos de dicho fenómeno
- La incertidumbre sobre la situación de los posibles valores de umbral, a partir de los cuales los cambios sean irreversibles y el comportamiento del sistema en la zona próxima a dicho umbral
- El intervalo entre la adopción de los objetivos de mitigación y el momento en el que se alcanzan.



GTII TIE Sección 2.7.1 & GTIII TIE Secciones 10.1.4.1-3

Análogamente, la adaptación se ve afectada por el intervalo entre la identificación de los impactos del cambio climático, el desarrollo de estrategias eficaces y la aplicación de medidas de adaptación. Las estrategias de protección y la adopción de decisiones secuenciales (medidas iterativas, evaluación y revisión de las medidas) pueden ser apropiadas cuando se combina la inercia y la incertidumbre. La inercia tiene consecuencias diferentes para la adaptación y para la mitigación, ya que la adaptación está orientada principalmente a los impactos del cambio climático localizados, mientras que la mitigación se ocupa de los impactos en todo el sistema climático. En ambos casos hay retrasos e inercia, y es esta última la que más subraya en general la urgencia de medidas de mitigación.

**5.24 La omnipresencia de la inercia y la posibilidad de irreversibilidad en la interacción de los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos son la principal explicación de los beneficios de adoptar medidas preventivas para la mitigación y la adaptación al cambio.** Si la aplicación de estas medidas se demora se pueden perder una serie de oportunidades para poner en práctica opciones de mitigación y adaptación.



# P6

## Pregunta 6

- a) ¿De qué manera la magnitud y oportunidad de introducción de una gama de medidas para reducir las emisiones determinan y afectan la velocidad, la magnitud y los impactos del cambio climático, y repercuten en la economía regional y mundial, teniendo en cuenta las emisiones presentes y pasadas?
- b) ¿Qué se conoce, a partir de estudios de sensibilidad, sobre las consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas, a escala regional y mundial, si las concentraciones de gases de efecto invernadero (en equivalentes al dióxido de carbono) se estabilizaran en niveles que varíen entre los actuales y el doble o incluso más, teniendo en cuenta en la medida de lo posible los efectos de los aerosoles? Para cada escenario de estabilización, incluidas las diferentes vías hacia la estabilización, evalúe los niveles de costos y beneficios relacionados con los escenarios tratados en la Pregunta 3, en cuanto a:
- Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima y el nivel del mar, incluyendo los cambios producidos después de 100 años
  - Los impactos, costos y beneficios económicos de los cambios en el clima y en la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y los sectores socioeconómicos (especialmente agricultura y agua)
  - La gama de opciones para la adaptación, incluyendo los costos y beneficios y los problemas que se planteen
  - La gama de tecnologías, políticas y prácticas que se podrían utilizar para lograr cada uno de estos niveles de estabilización, con una evaluación de los costos y beneficios nacionales y mundiales, y una comparación de dichos costos y beneficios, ya sea de forma cualitativa o cuantitativa, con el daño ambiental que se podría evitar con la reducción de las emisiones
  - Los problemas de desarrollo, sostenibilidad y equidad asociados con los impactos, la adaptación y la mitigación del cambio climático a nivel regional y mundial.

6.1 En la Pregunta 3 se evaluaron las consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas de las emisiones de gases de efecto invernadero para escenarios que no incluían ninguna intervención climática de tipo político. En la Pregunta 6 se abordan los mismos asuntos, pero esta vez se evalúan los beneficios que podrían resultar de un conjunto de intervenciones climáticas de tipo político. Entre los escenarios para la reducción de emisiones considerados figuran los que pudieran lograr la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. También se evalúa el papel de la adaptación como un complemento de la mitigación y las contribuciones de la reducción de emisiones para lograr los objetivos de desarrollo sostenible y equidad. La Pregunta 7 se ocupa de las políticas y tecnologías que se podrían utilizar para poner en práctica la reducción de emisiones y sus costos.

**6.2 La velocidad y la magnitud del calentamiento y de la elevación del nivel del mar proyectados se pueden disminuir con una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.**



6.3 **Cuanto mayores sean las reducciones de las emisiones y cuanto antes se introduzcan, menor y más lento se proyecta que sean el calentamiento y la elevación del nivel del mar.** El cambio climático futuro se determina a partir de las emisiones actuales, las pasadas y las futuras. Se han realizado estimaciones de la temperatura media mundial y de los efectos de la elevación del nivel del mar para una reducción anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de un 2 por ciento en los países desarrollados durante el período 2000–2100, suponiendo que los países en desarrollo no reduzcan sus emisiones.<sup>6</sup> Bajo esta hipótesis, las emisiones mundiales y la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> aumentan durante todo el siglo, pero a una velocidad decreciente en comparación con los escenarios que suponen que no se tomen medidas para reducir las emisiones en los países desarrollados. Los efectos de la limitación de las emisiones se muestran lentamente, pero se consolidan con el tiempo. Hacia el año 2030, la concentración proyectada de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se reduce en un 20 por ciento en comparación con el escenario IS92a, basado en una no reducción de emisiones, lo que disminuye el calentamiento y la elevación del nivel del mar en una pequeña cantidad dentro de este marco temporal. Hacia el año 2100, la proyección de la concentración de CO<sub>2</sub> se reduce en un 35 por ciento en comparación con el escenario IS92a, el calentamiento mundial medio proyectado se reduce en un 25 por ciento, y la elevación proyectada del nivel del mar se reduce en un 20 por ciento. Los análisis de la reducción anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de un 1 por ciento en los países desarrollados indican que si esa reducción fuera menor, también sería menor la reducción de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, el cambio de temperatura y la elevación del nivel del mar. Si se aplicaran ahora medidas de este tipo, los efectos en el año 2100 serían mayores que si las mismas reducciones de emisiones se llevaran a cabo más adelante.

**6.4 La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de los gases que controlan su concentración podría ser necesaria para estabilizar los forzamientos radiactivos.** Por ejemplo, en el caso de los más importantes gases de efecto invernadero antropogénicos, las simulaciones del ciclo de carbono indican que para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 450, 650 o 1.000 ppm se precisaría que las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> mundiales se redujeran por debajo de los niveles del año 1990 en unos decenios, un siglo o cerca de dos siglos, respectivamente, y que siguieran decreciendo constantemente en adelante (véase la Figura 6–1). Dichas simulaciones muestran que las emisiones podrían alcanzar sus niveles máximos dentro de uno o dos decenios (450 ppm) y aproximadamente dentro de un siglo (1.000 ppm) a partir de



<sup>6</sup> En estos análisis, las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, y SO<sub>2</sub> por parte de los países desarrollados se mantienen constantes en sus valores de 1990, y los halocarbonos siguen un escenario coherente con la versión de Copenhague del Protocolo de Montreal. Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los países en desarrollo y de otros gases de efecto invernadero se supone que sigan las proyecciones del escenario IS92. Las proyecciones de temperaturas se realizaron con una simulación climática sencilla. Los escenarios IS92 se describen en el Informe Especial del IPCC *Forzamiento radiativo del cambio climático*.

hoy (véase el Cuadro 6–1). A largo plazo, podría ser necesario que las emisiones de CO<sub>2</sub> también se redujeran a una fracción muy pequeña de las emisiones actuales. Los beneficios de los diferentes niveles de estabilización se tratan con más detalle en la Pregunta 6, y los costos de estos niveles de estabilización se abordan en la Pregunta 7.

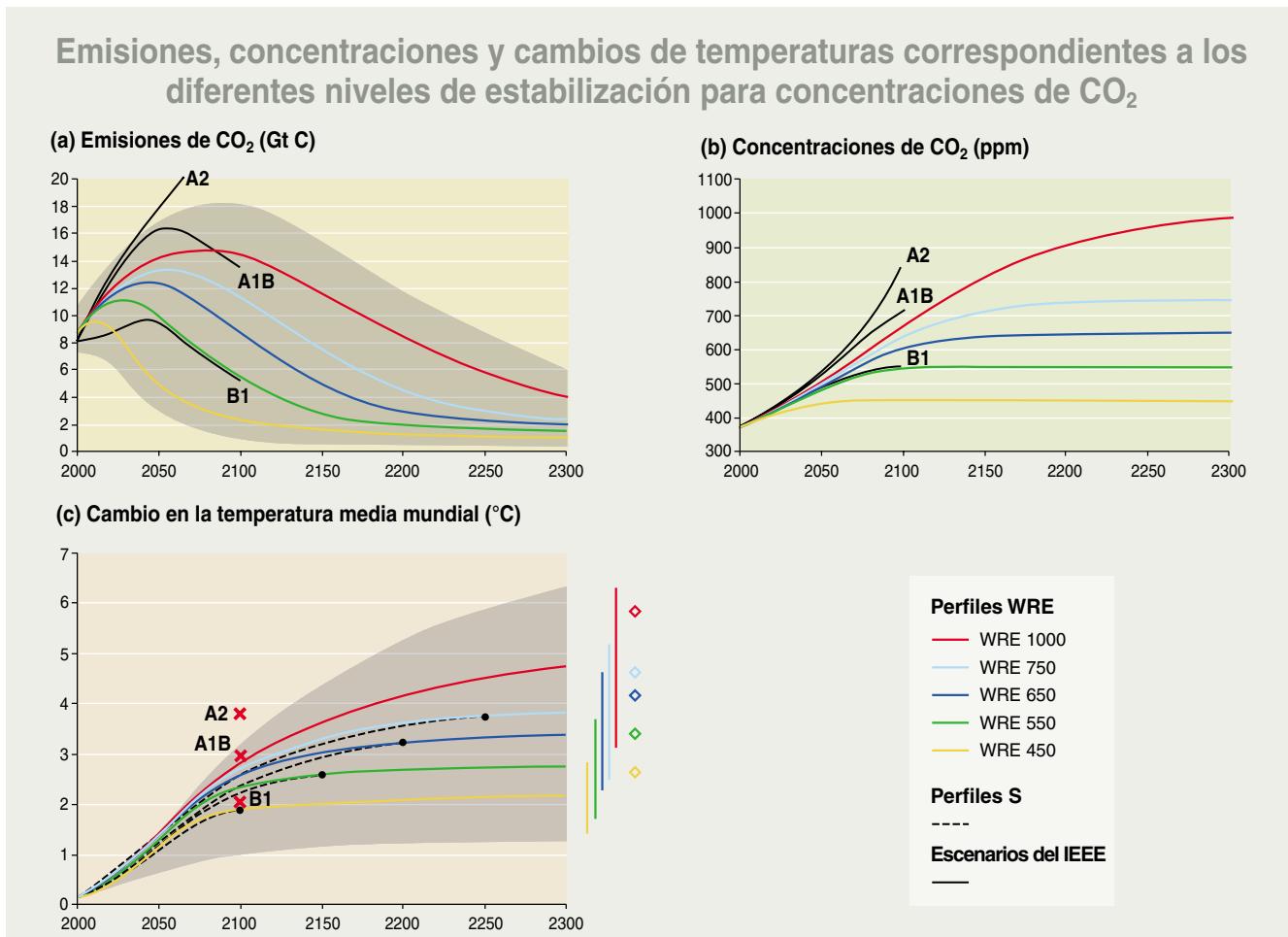


Figura 6–1: La estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> requeriría importantes reducciones de las emisiones por debajo de los niveles actuales, y frenaría la velocidad del calentamiento.

TIE GTI Secciones 3.7.3  
y 9.3.3, & IPCC DT3

- Emisiones de CO<sub>2</sub>:** El calendario de emisiones de CO<sub>2</sub> que permitiría una estabilización de las concentraciones atmosféricas CO<sub>2</sub> a varios niveles para los perfiles de estabilización WRE se ha determinado utilizando simulaciones del ciclo de carbono. La zona sombreada muestra el nivel de incertidumbre al estimarse las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a vías temporales específicas de concentración, representadas en las simulaciones del ciclo del carbono. A los fines de comparación, se muestran también las estimaciones de concentraciones de CO<sub>2</sub> que resultarían de tres de las proyecciones de emisiones del IEEE (A1B, A2 y B1).
- Concentraciones de CO<sub>2</sub>:** se muestran las concentraciones de CO<sub>2</sub> especificadas para los niveles estabilizados del enfoque gradual de los perfiles del WRE, que varían entre 450 y 1.000 ppm.. A los fines de comparación, se muestran también las emisiones de CO<sub>2</sub> para tres de los escenarios IEEE (A1B, A2 y B1), que no incluyen límites a las emisiones de gases de efecto invernadero
- Cambios de la temperatura media mundial:** Los cambios de temperatura media mundial se estiman para los perfiles de estabilización WRE utilizando una simulación climática sencilla, afinada a su vez con cada una de varias simulaciones más complejas. El calentamiento estimado se frena a medida que se frena el crecimiento en las concentraciones de CO<sub>2</sub>, y el crecimiento continúa después de la estabilización del CO<sub>2</sub> (que se indican con puntos negros), pero a un nivel cada vez menor. Se supone que las emisiones de otros gases que no son CO<sub>2</sub> sigan la proyección A1B del IEEE hasta el año 2100, y que posteriormente sean constantes. Este escenario se eligió por situarse en el punto medio de la gama de escenarios del IEEE. Las líneas de puntos muestran los cambios de temperatura proyectados para los perfiles S (que no se muestran en los paneles a) y b)). El área sombreada ilustra el efecto de una serie de sensibilidades climáticas en los cinco casos de estabilización. Las barras coloreadas en la parte derecha muestran, para cada perfil WRE, la gama en el año 2300, debidas a los diferentes afinamientos de la simulación climática, y los rombos en la parte derecha muestran el punto medio de equilibrio para el calentamiento (a muy largo plazo) en cada nivel de estabilización de CO<sub>2</sub>. A los efectos de la comparación también se muestran (con cruces rojas) los cambios de temperatura en el año 2100 estimados para los escenarios de emisiones del IEEE.

<b>Cuadro 6-1</b> Concentraciones proyectadas de CO <sub>2</sub> para los escenarios de emisiones del IEEE y emisiones deducidas de los perfiles WRE que conducen a la estabilización del CO <sub>2</sub> atmosférico. <sup>a</sup>								
	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gt C año<sup>-1</sup>)</i>		<i>Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub></i>	<i>Año en el que las emisiones alcanzan su punto máximo</i>		<i>Concentración atmosférica (ppm)</i>		<i>Año de la estabilización de las concentraciones</i>
	<i>2050</i>	<i>2100</i>		<i>descienden por debajo de los niveles de 1990<sup>b</sup></i>	<i>2050</i>	<i>2100</i>		
<b>Escenarios de emisiones del IEEE</b>								
A1B	16.4	13.5	1,415			490–600	615–920	
A1T	12.3	4.3	985			465–560	505–735	
A1FI	23.9	28.2	2,105			520–640	825–1,250	
A2	17.4	29.1	1,780			490–600	735–1,080	
B1	11.3	4.2	900			455–545	485–680	
B2	11.0	13.3	1,080			445–530	545–770	
<b>Perfiles de estabilización WRE</b>								
450	3.0–6.9	1.0–3.7	365–735	2005–2015	<2000–2045	445	450	2090
550	6.4–12.6	2.7–7.7	590–1,135	2020–2030	2030–2100	485	540	2150
650	8.1–15.3	4.8–11.7	735–1,370	2030–2045	2055–2145	500	605	2200
750	8.9–16.4	6.6–14.6	820–1,500	2040–2060	2080–2180	505	640	2250
1,000	9.5–17.2	9.1–18.4	905–1,620	2065–2090	2135–2270	510	675	2375

<sup>a</sup> texto en azul = recomendado y texto en negro = resultados obtenidos a partir de simulaciones; se toman en cuenta tanto los combustibles fósiles como los cambios en el uso de las tierras. Las gamas se han obtenido de dos simulaciones sencillas del ciclo de carbono: la gama de la simulación ISAM se basa en los resultados de una simulación compleja, mientras que la de la simulación BERN-CC se basa en las incertidumbres sobre las respuestas y reacciones del sistema. Los resultados del IEEE se pueden encontrar en el Apéndice II.1.1 del TIE GTI. El calendario exacto para las emisiones WRE depende de la vía escogida hacia la estabilización.

<sup>b</sup> Se consideran que las emisiones en 1990 son 7,8 Gt C; este valor es incierto, sobre todo por la incertidumbre sobre el tamaño de las emisiones ocasionadas por cambios en el uso de las tierras, que aquí suponen de 1,7 Gt C, es decir, valor anual medio en todo el decenio del 1980.

6.5 **Existe una gran incertidumbre sobre la cantidad de calentamiento que podría resultar tras una estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero.** La Figura 6-1c muestra estimaciones de los cambios de la temperatura media mundial para escenarios que estabilizan las concentraciones de CO<sub>2</sub> a niveles diferentes, y las mantienen constantes en adelante. La incertidumbre sobre la sensibilidad climática proporciona una amplia gama de estimaciones del cambio de temperaturas que podrían ser resultado de las emisiones correspondientes a los niveles de concentración seleccionados.<sup>7</sup>

GTI TIE Sección 9.3.3

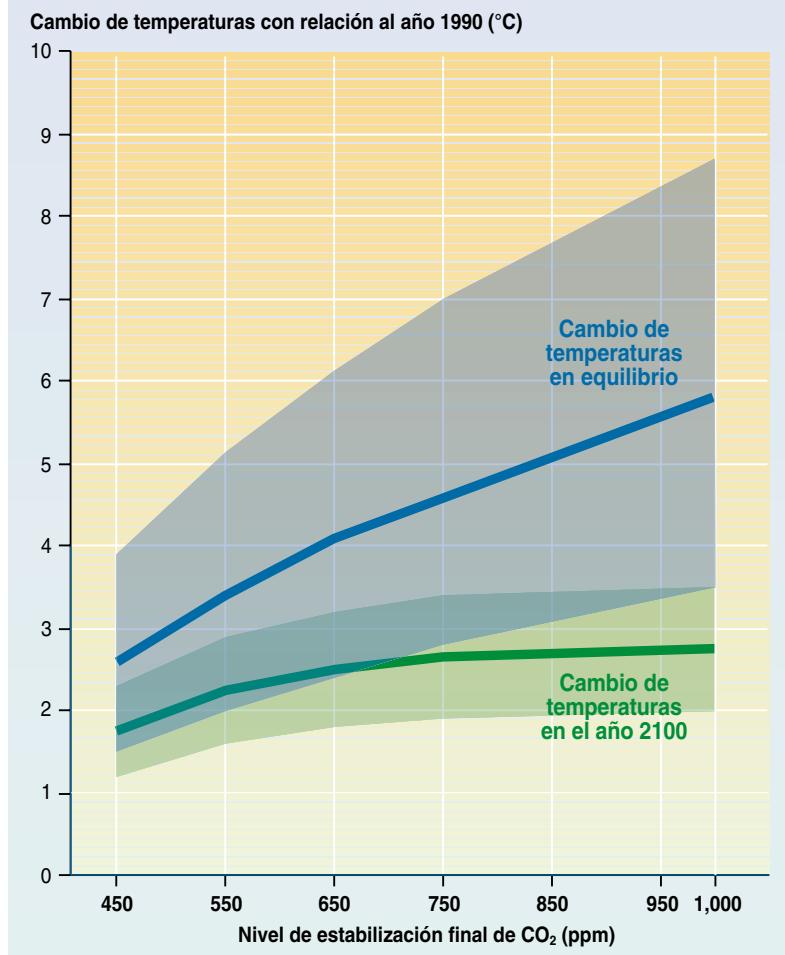
Esto se ve con más claridad en la Figura 6-2, que muestra los niveles de estabilización de concentraciones de CO<sub>2</sub> y la correspondiente gama de cambio de temperaturas que se estima se ha de producir en el año 2100 y en equilibrio a largo plazo. Para estimar los cambios de temperatura para estos escenarios, se supone que las emisiones de gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> podrían seguir lo que se muestra en el escenario IEEE A1B hasta el año 2100, y que las emisiones de estos gases se mantendrían constantes en adelante. Las diferentes suposiciones sobre otros gases de efecto invernadero podrían producir diferentes estimaciones del calentamiento para cada nivel de estabilización de CO<sub>2</sub>.

6.6 **Se estima que las reducciones de emisiones que permitirían con el tiempo estabilizar la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico a un nivel por debajo de 1.000 ppm, basándose en los perfiles mostrados en la Figura 6-1, y suponiendo que las emisiones de otros gases que no sean CO<sub>2</sub> siguen la proyección A1B del IEEE hasta el año 2100 y se mantienen constantes posteriormente, limitarían el incremento de la temperatura media mundial a 3,5°C o incluso menos hasta el año 2100.** Se estima que la temperatura media de la superficie del

GTI TIE Sección 9.3.3 &  
GTI TIE Cuadro 9.3

<sup>7</sup> La respuesta en equilibrio de la temperatura media mundial a la multiplicación por dos del CO<sub>2</sub> atmosférico se utiliza a menudo como una medida de sensibilidad climática. Las temperaturas mostradas en las Figuras 6-1 y 6-2 se extraen de una simulación simple calibrada para dar la misma respuesta que una serie de simulaciones complejas que tienen una sensibilidad climática comprendida entre 1,7 y 4,2°C. Esta gama es muy similar a la gama comúnmente aceptada (entre 1,5 y 4,5°C).

**Existe una amplia zona de incertidumbre sobre el grado de calentamiento que podría resultar de cualquier concentración estabilizada de gases de efecto invernadero**



→ TIE GTI Sección 9.3.3

Figura 6–2: Los cambios de temperatura con relación al 1990 en: a) el año 2100, y b) en equilibrio, se estiman utilizando una simulación climática sencilla para los perfiles WRE, como en la Figura 6–1. Las estimaciones mínimas y máximas para cada nivel de estabilización suponen una sensibilidad climática de 1,7 y 4,2°C, respectivamente. La línea central es una media de las estimaciones máximas y mínimas.

planeta puede aumentar en un 1,2 a 3,5°C hasta el año 2100 para los perfiles en que las concentraciones de CO<sub>2</sub> se estabilicen a niveles de 450 a 1.000 ppm. Así pues, aunque todos los perfiles de estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> analizados podrían evitar, durante el siglo XXI, que se produzcan los niveles más altos de las proyecciones de calentamiento del IEEE (1,4–5,8°C para el año 2100), debe decirse que en la mayoría de esos perfiles las concentraciones de CO<sub>2</sub> continuarán incrementándose más allá del año 2100. Debido a la gran inercia térmica de los océanos (véase la Pregunta 5), se prevé que las temperaturas han de continuar subiendo incluso después de la estabilización de CO<sub>2</sub> y de las concentraciones de otros gases de efecto invernadero, aunque más lentamente de lo que se proyecta para el período anterior a la estabilización, disminuyendo posteriormente con el tiempo. Puede ser que tarde muchos siglos en producirse la subida de la temperatura del equilibrio final, que está comprendida entre 1,5 y 3,9°C por encima de los niveles de 1990 para una estabilización a 450 ppm, y entre 3,5 y 8,7°C por encima de los niveles de 1990 para una estabilización a 1.000 ppm.<sup>8</sup> Además, para un objetivo específico de estabilización de la temperatura existe una amplia gama de incertidumbres asociadas con el nivel requerido de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero

<sup>8</sup> Para todos estos escenarios, la contribución al calentamiento en equilibrio de otros gases de efecto invernadero y aerosoles es de 0,6°C para una sensibilidad baja climática y de 1,4°C para una sensibilidad alta climática. El aumento resultante del forzamiento radiativo es equivalente al que ocurre con un 28 por ciento adicional en las concentraciones finales de CO<sub>2</sub>.

(véase la Figura 6-2). El nivel necesario de estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> para obtener un objetivo determinado de temperatura también depende de los niveles de otros gases que no sean CO<sub>2</sub>. Los resultados de la única simulación climática completa que se ha utilizado para analizar los efectos regionales de la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> proyectan que los cambios medios de la temperatura regional podrían ser parecidos en su perfil geográfico pero menores en magnitud que los previstos para un escenario de base que suponga un aumento anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de 1 por ciento desde el año 1990.<sup>9</sup>

- 6.7 Las diferentes pautas temporales de emisiones que producen un nivel común para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero dan como resultado diferentes pautas temporales del cambio de temperaturas.** Para niveles de estabilización de CO<sub>2</sub> de 450, 550, 650, y 750 ppm, se han analizado en anteriores informes del IPCC dos grupos de pautas temporales de emisión, a los que se han denominado perfiles S y perfiles WRE.<sup>10</sup> Los perfiles WRE permiten en los primeros decenios mayores emisiones que los perfiles S, pero luego exigen menos emisiones en los decenios posteriores, para lograr un nivel de estabilización determinado. Se estima que esta diferencia en la reducción de emisiones en los perfiles WRE ha de reducir los costos de mitigación (véase la Pregunta 7) pero podría tener como resultado un calentamiento inicial más rápido. La diferencia en las proyecciones de temperaturas para los conjuntos de pautas es de 0,2°C o menos en el año 2050, cuando la diferencia sea más marcada. Más allá del 2100, los cambios de temperatura de los perfiles WRE y S convergen. En la Figura 6-1c se comparan las proyecciones de temperaturas para los perfiles S y WRE.
- 6.8 El nivel del mar y las capas de hielo continuarán respondiendo al calentamiento durante muchos siglos después de que se estabilicen las concentraciones de gases de efecto invernadero (véase la Pregunta 5).** La elevación proyectada del nivel del mar debido a la expansión térmica en equilibrio es de 0,5 a 2m para un aumento en concentraciones de CO<sub>2</sub> desde el nivel preindustrial de 280 a 560 ppm, y de 1 a 4 m para un aumento de concentraciones de CO<sub>2</sub> de 280 a 1.120 ppm. El aumento observado en el siglo XX fue de 0,1 a 0,2 m. La elevación del nivel del mar proyectada sería mayor si se tuviera en cuenta el efecto del aumento de las concentraciones de otros gases de efecto invernadero. Existen otros factores que contribuyen a la elevación del nivel del mar en escalas temporales de siglos a milenios (véase la Pregunta 5). Las simulaciones evaluadas en el TIE predicen una elevación del nivel del mar de varios metros debido a la fusión de las capas de hielo polares (véase la Pregunta 4) y del hielo terrestre incluso para niveles de estabilización de CO<sub>2</sub> equivalente a 550 ppm.
- 6.9 La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para estabilizar su concentración atmosférica podría retrasar y reducir los daños causados por el cambio climático.**
- 6.10 La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación) podría atenuar las presiones que reciben los sistemas naturales y humanos debido al cambio climático.** Si se reduce la velocidad del aumento de la temperatura media mundial y la elevación del nivel del mar, podríamos conseguir más tiempo para la adaptación. Por ello, las acciones de mitigación podrían retrasar y reducir los daños causados por el cambio climático y, por lo tanto, producir unos beneficios ambientales y socioeconómicos. En las respuestas a la Pregunta 7 se evalúan las medidas de mitigación y sus costos asociados.
- 6.11 Las medidas de mitigación para estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero podrían generar mayores beneficios, al reducir los daños.** La estabilización en niveles inferiores reduce el riesgo de sobrepasar los



GTI TIE Sección 9.3.3.1



GTI TIE RRP & GTI TIE Sección 11.5.4



GTII TIE Secciones 1.4.3, 18.8, & 19.5



GTI TIE Sección 9.3.3 &  
GTII TIE Secciones 1.4.3.5,  
5.2, 5.4, & 19.3–6

<sup>9</sup> Esta tasa de crecimiento de las emisiones es muy similar a la del escenario de emisiones IS92a.

<sup>10</sup> Los perfiles S y WRE se tratan en el GTI del SIE y se describen con más detalle en el DT3 del IPCC.

umbrales de temperatura en los sistemas biofísicos en que existan. Se estima, por ejemplo, que la estabilización de CO<sub>2</sub> en 450 ppm puede producir en el año 2100 un aumento en la temperatura media mundial de unos 0,75–1,25°C menos de lo proyectado para una estabilización a 1.000 ppm (véase la Figura 6-2). En equilibrio, la diferencia sería de 2–5°C. La extensión geográfica del daño o pérdida de los sistemas naturales y el número de sistemas afectados—que aumenta con la magnitud y la velocidad del cambio climático—podrían ser menores a un nivel inferior de estabilización. De forma parecida, a un nivel inferior de estabilización se prevé que la gravedad de los impactos debidos a cambios climáticos extremos sea inferior, que menos regiones sufran impactos netos adversos en el sector comercial, que los efectos agregados mundiales sean menores y que se reduzcan los fenómenos a gran escala y de grandes consecuencias. La Figura 6-3 muestra un resumen de los riesgos y motivos de preocupación asociados con el cambio climático (véase el Recuadro 3-2) junto con las gamas de cambios de la temperatura media mundial en el año 2100 estimadas para los diferentes escenarios.<sup>11</sup>

- 6.12 **Aún no existen unas estimaciones completas y cuantitativas de los beneficios de la estabilización a varios niveles de concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero.** Se han realizado avances para entender el carácter cualitativo de los impactos de un cambio climático futuro, pero no se han cuantificado totalmente los impactos que podrían resultar con los diferentes escenarios. Debido a la incertidumbre sobre la sensibilidad climática y sobre las pautas geográficas y estacionales de los cambios de las temperaturas, precipitaciones y otras variables y fenómenos climáticos, no se pueden determinar los impactos del cambio climático únicamente para escenarios específicos de emisiones. También existe una gran incertidumbre sobre los procesos claves y la sensibilidad y las capacidades de adaptación de los sistemas ante los cambios climáticos. Además, algunos impactos como los cambios en la composición y funcionamiento de los sistemas ecológicos, la extinción de especies y cambios en la salud humana, y la disparidad en la distribución de los impactos en diferentes regiones y poblaciones, no se pueden fácilmente expresar en unidades monetarias o de otro tipo. Debido a estas limitaciones, no se han determinado de forma completa los beneficios de las diferentes medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, incluidas las orientadas a estabilizar las concentraciones de estos gases en niveles determinados y, por lo tanto, no se pueden comparar directamente esos beneficios con los costos de la mitigación, a los fines de estimar los efectos económicos netos de dicha mitigación.
- 6.13 **La adaptación es una estrategia necesaria a todas las escalas para complementar los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Si ambos elementos se utilizan de forma conjunta, pueden ayudar a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible.**

- 6.14 **La adaptación puede servir de complemento a la mitigación, en una estrategia económica para reducir los riesgos derivados del cambio climático.** Las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, incluso la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a bajos niveles, no han de prevenir completamente el cambio climático ni el ascenso del nivel del mar, ni evitar algunos de sus impactos. Como respuesta a los cambios climáticos y a la elevación del nivel del mar se producirán muchas adaptaciones reactivas, y algunas ya han ocurrido. Además, el desarrollo de estrategias de adaptación planificadas para abordar los riesgos y aprovechar de las oportunidades puede servir de complemento a las medidas de mitigación para atenuar los efectos del cambio climático. Sin embargo, la adaptación puede suponer algunos costos, y no siempre se evitan todos los daños. La



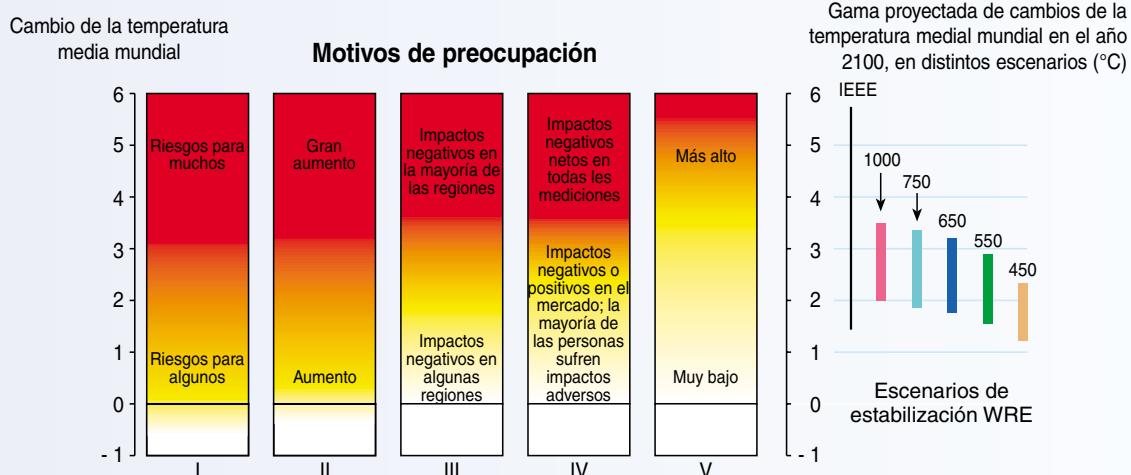
GTII TIE Secciones 19.4–5



GTII TIE Secciones 1.4.4.2, 18.3.5, &amp; 18.4.1

<sup>11</sup> Los impactos del cambio climático varían según regiones, sectores y sistemas, y dichos impactos se verán influenciados por cambios regionales y estacionales en temperaturas y precipitaciones medias, variabilidad climática, frecuencias e intensidad de fenómenos climáticos extremos, y elevación del nivel del mar. El aumento de la temperatura media mundial se utiliza como una medida que resume las presiones ejercidas por el cambio climático.

## Los riesgos de daños provocados por el cambio climático se reducirían con la estabilización de las concentraciones del CO<sub>2</sub>



### I Sistemas únicos y amenazados

- Extinción de especies.
- Pérdida de hábitat únicos, zonas húmedas costeras.
- Decoloración y muerte de los arrecifes de coral.

### II Fenómenos climáticos extremos

Impactos sobre la salud, los bienes y el medio ambiente ocasionados por la mayor frecuencia e intensidad de algunos fenómenos climáticos extremos.

### III Distribución de los impactos

- Cambios en el rendimiento de cultivos de cereales, que varían de aumentos a descensos según las regiones, pero que según las estimaciones descenderían en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales.
- Mayores impactos sobre la salud humana en países en desarrollo que en países desarrollados.
- Pérdidas netas proyectadas en el sector del mercado para muchos países en desarrollo; impactos mixtos en países desarrollados, con un calentamiento de unos pocos °C, e impactos negativos con un calentamiento mayor.

### IV Impactos mundiales agregados

- Los impactos netos mundiales agregados estimados en sectores del mercado son positivos y negativos con un calentamiento de unos pocos °C, y negativos con un calentamiento mayor.
- Se prevé que haya más personas afectadas adversamente que beneficiadas, incluso con un calentamiento de menos de unos pocos °C.

### V Riesgos de fenómenos de gran impacto y a gran escala

- Possible disminución importante de la circulación termohalina para el 2100.
- Fusión y ruptura de las capas de hielo, que contribuye a una importante elevación del nivel del mar (probabilidad muy baja antes de 2100; probabilidad más alta a lo largo de varios siglos).

**Figura 6–3: Los riesgos de daños provocados por el cambio climático se reducirían con la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub>.** Se muestran los riesgos de impactos adversos debidos al cambio climático para diferentes magnitudes de aumento de la temperatura media mundial, utilizando el aumento de la temperatura media mundial como dato para representar la magnitud del cambio climático. Las estimaciones del aumento de la temperatura media mundial para el año 2100 con relación al año 1990 se muestran a la derecha de la figura para los escenarios que producirían una estabilización de las concentraciones atmosféricas del CO<sub>2</sub> y para el conjunto completo de proyecciones del IEEE. Muchos riesgos asociados con un calentamiento por encima de 3,5°C para el año 2100 se evitarían con la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> a un nivel igual o inferior a 1.000 ppm. La estabilización a un nivel inferior reduciría aún más los riesgos. El color blanco indica impactos o riesgos neutros o pequeños (positivos o negativos); el amarillo denota impactos negativos en algunos sistemas o pequeños riesgos; y el rojo se emplea para impactos o riesgos negativos más extendidos y/o de mayor magnitud. La evaluación de los efectos o riesgos tiene en cuenta sólo la magnitud del cambio y no su velocidad. El aumento de la temperatura media mundial se utiliza como dato para representar la magnitud del cambio climático, pero los impactos estarían en función de la magnitud y velocidad de los cambios regionales y mundiales en el clima medio, la variabilidad climática y los fenómenos climáticos extremos, las condiciones sociales y económicas, y las medidas de adaptación, entre otros factores.



TIE GTI Sección 9.3.3, y  
TIE GTII Sección 19.8.2

aplicación de medidas de adaptación junto con medidas de mitigación para reducir los impactos del cambio climático puede ser un enfoque más económico que si ambas se aplicaran de forma independiente. En la Pregunta 3 se evaluaron las posibilidades que ofrece la adaptación para reducir en gran medida muchos de los impactos adversos del cambio climático. Como existen gamas imbricadas de aumentos de la temperatura mundial asociados con los diferentes niveles de estabilización (véase la Figura 6–1c), hay varias opciones para adaptación que son apropiadas para cualquier gama de niveles de estabilización. Si se mejoran los conocimientos, es posible reducir las incertidumbres asociadas con los niveles particulares de estabilización y la identificación de estrategias de adaptación apropiadas.

- 6.15 Los problemas y costos de la adaptación se pueden disminuir con la mitigación del cambio climático.** La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero podría reducir la magnitud y velocidad de los cambios a los que es preciso adaptarse, lo que posiblemente incluye cambios en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos. Cuanto más pequeños sean los cambios a los que se exponen los sistemas, y menor sea la velocidad de aumento de la tensión, habrá más tiempo para la adaptación y menos se necesitará modificar las prácticas actuales para soportar la variabilidad y los extremos climáticos (véase la Pregunta 3). Si se hacen esfuerzos más activos de mitigación, menores serán los costos de adaptación para lograr un nivel de eficacia específico.



GTII TIE Sección 18.2.2,  
18.3, & 18.8

- 6.16 Las medidas mitigación y adaptación, si se diseñan correctamente, pueden impulsar los objetivos del desarrollo sostenible.** Tal como se ha descrito en la Pregunta 3, los riesgos asociados con el cambio climático pueden debilitar el progreso hacia el desarrollo sostenible (por ejemplo, daños producidos por fenómenos climáticos extremos, escasez y degradación del agua, problemas asociados con el suministro de alimentos y hambre, degradación de las tierras, y deterioro de la salud humana). Al disminuir estos riesgos, las políticas de adaptación y mitigación del cambio climático pueden mejorar las perspectivas del desarrollo sostenible.<sup>12</sup>



GTII TIE Sección 18.6.1,  
& GTIII TIE Secciones  
2.2.3 & 10.3.2

- 6.17 Se proyecta que el cambio climático tenga diferentes efectos tanto dentro de un país determinado como entre distintos países. El reto del cambio climático plantea un tema de equidad muy importante.** Las presiones provocadas por el cambio climático pueden agravar las desigualdades entre los países desarrollados y los en desarrollo; si se reducen estas presiones gracias a la mitigación y mejora de la capacidad de adaptación, es posible atenuar las desigualdades. Se estima que los habitantes de los países en desarrollo, especialmente los más pobres, son más vulnerables al cambio climático que los habitantes de los países desarrollados (véase la Pregunta 3). La reducción de la velocidad del calentamiento y de la elevación del nivel del mar y el incremento de la capacidad para adaptarse al cambio climático podrían redundar en beneficio de todos los países, especialmente los países en desarrollo.



GTII TIE Secciones 18.5.3  
& 19.4

- 6.18 La reducción y freno del cambio climático también puede promover la equidad entre las generaciones.** Las emisiones producidas durante la generación actual van a afectar a muchas generaciones futuras debido a la inercia del sistema climático atmosférico-oceánico y a los efectos a veces irreversibles del cambio climático sobre el medio ambiente. En general, se prevé que las generaciones futuras sean más prósperas, instruidas e informadas, más avanzadas tecnológicamente que la generación actual y, por lo tanto, que en muchos respectos sean más capaces de adaptarse. Pero los cambios que se produzcan en los decenios venideros se han de acumular, y algunos de ellos podrían alcanzar proporciones que pongan a prueba la capacidad de muchas sociedades para soportarlos. En el caso de los efectos irreversibles, como la extinción de especies o la pérdida de ecosistemas únicos, no existen respuestas de adaptación para remediarlos. La mitigación del cambio climático también podría reducir los riesgos que presuponen para las generaciones futuras las actividades de la generación actual.



GTII TIE Secciones 1.2 &  
18.5.2, & GTIII TIE Sección  
10.4.3

<sup>12</sup> Las relaciones entre las acciones de mitigación, el desarrollo sostenible y la equidad se tratan en la Pregunta 7. Las relaciones entre la adaptación, el desarrollo sostenible y la equidad se tratan en la Pregunta 3.



# P7

## Pregunta 7

¿Qué se conoce sobre las posibilidades, los costos y beneficios y el marco temporal para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero?

- ¿Cuáles serían los costos sociales y económicos y las consecuencias, en términos de equidad, de las opciones sobre políticas y medidas, y de los mecanismos del Protocolo de Kyoto que se deberían considerar para abordar los cambios climáticos a nivel regional y mundial?
- ¿Qué opciones de investigación y desarrollo, inversiones y otras políticas se podrían considerar como las más eficaces para mejorar el desarrollo e implementación de tecnologías para hacer frente al cambio climático?
- ¿Qué tipos de opciones económicas y políticas se podrían considerar para superar los obstáculos actuales y potenciales, y para estimular la transferencia de tecnología de los sectores públicos y privados y su implantación en diferentes países, y qué efectos tendrían sobre las emisiones proyectadas?
- ¿Cómo afectaría la aplicación oportuna de las opciones indicadas a los costos y beneficios asociados y a las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero en el próximo siglo, o incluso después?

7.1 Esta pregunta se centra en las posibilidades y los costos de medidas de mitigación a corto y a largo plazo. En las Preguntas 5 y 6 se abordan la cuestión de los beneficios primarios de la mitigación (los costos y daños evitados gracias a la atenuación del cambio climático), y en esta respuesta y en la respuesta a la Pregunta 8 se tratan los beneficios secundarios de esa mitigación. Esta respuesta describe una serie de factores que contribuyen a importantes discrepancias e incertidumbres en las estimaciones cuantitativas sobre los costos de las opciones de mitigación. El SIE describe dos tipos de estudios para la estimación de los costos: el enfoque de abajo arriba, que a menudo evalúa los costos y potenciales a corto plazo, y se desarrolla a partir de evaluaciones de tecnologías y sectores específicos; y el enfoque de arriba abajo, que parte de relaciones macroeconómicas. Estos dos enfoques producen diferencias en la estimación de costos, que se han corregido hasta cierto punto desde la labor del SIE. La respuesta que se muestra a continuación informa sobre las estimaciones de costos para ambos enfoques a corto plazo, y para el enfoque de arriba abajo a largo plazo. En primer lugar se tratan las opciones de mitigación y su potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y secuestro de carbono. A continuación se muestran los costos para lograr la reducción de emisiones que permita cumplir con las restricciones de emisiones a corto plazo, los objetivos para la estabilización a largo plazo, y el calendario de reducciones para alcanzar dichos objetivos. Por último, en la respuesta se abordan los problemas de equidad asociados con la mitigación del cambio climático.

**Posibilidades, obstáculos, oportunidades, políticas y costos de la reducción a corto plazo de las emisiones de gases de efecto invernadero**

7.2 **Existe un importante potencial tecnológico y biológico para la mitigación a corto plazo.**

7.3 **Desde el SIE se ha realizado un importante progreso tecnológico en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y dicho progreso ha sido más rápido de lo que se había anticipado.** Se están haciendo avances en una amplia gama de tecnologías en diferentes etapas de desarrollo—por ejemplo, la introducción en el mercado de turbinas eólicas; la rápida eliminación de gases que son subproductos industriales, como el N<sub>2</sub>O resultante de la producción de ácido adipílico y los perfluorocarbonos a partir de la producción de aluminio; coches con motores híbridos eficientes; el desarrollo de la tecnología de células energéticas; y la demostración del almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub>. Entre las opciones tecnológicas para la reducción de emisiones figura la mejor eficiencia de dispositivos para los usuarios finales y las tecnologías de conversión energética, la adopción de tecnologías energéticas con un consumo muy bajo o nulo de carbono, la mejora de la gestión energética, la reducción de las emisiones de gases y subproductos industriales, y la retirada y almacenamiento de carbono. El Cuadro 7–1 resume los resultados de muchos estudios sectoriales, sobre todo a nivel regional, nacional y de proyecto, y algunos a nivel mundial, que nos ofrecen unas estimaciones de las reducciones potenciales de emisiones de gases de efecto invernadero para el marco cronológico 2010 y 2020.



GTIII TIE Secciones 3.3–8, & GTIII TIE Capítulo 3 Apéndice

7.4 **Los bosques, las tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen muchas posibilidades de mitigación del carbono. La conservación y secuestro de carbono, aunque no necesariamente con carácter permanente, pueden dar tiempo para que se desarrollem y pongan en práctica otras medidas.** La mitigación biológica puede producirse mediante tres estrategias: a) la conservación de los yacimientos de carbono ya existentes, b) el secuestro mediante un aumento de la capacidad de los yacimientos de carbono<sup>13</sup> y c) el uso de productos biológicos obtenidos de manera sostenible (por ejemplo, la madera como sustituto de productos en la industria de la



GTIII TIE Secciones 3.6.4 & 4.2–4, & IEUTCS

<sup>13</sup> El cambio del uso de las tierras podría influenciar la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>. Hipotéticamente, si todo el carbono emitido por los cambios históricos del uso de las tierras se pudiera poner de nuevo en la biosfera terrestre durante lo que queda del siglo (por ejemplo, mediante la reforestación) las concentraciones de CO<sub>2</sub> se reducirían en unos 40–70 ppm.

Cuadro 7-1	Estimaciones del potencial de reducciones mundiales de emisiones de gases de efecto invernadero el año 2010 y 2020 (GTIII RRP Cuadro RRP-1).				
Sector	Emisiones históricas en el año 1990 [Mt C <sub>eq</sub> año <sup>-1</sup> ]	Nivel histórico de crecimiento anual del C <sub>eq</sub> en el período 1990-95 [porcentaje]	Reducciones potenciales de emisiones en el año 2010 [Mt C <sub>eq</sub> año <sup>-1</sup> ]	Reducciones potenciales de emisiones en el año 2020 [Mt C <sub>eq</sub> año <sup>-1</sup> ]	Costo neto directo por tonelada de carbono evitado
Construcción <sup>a</sup> sólo CO <sub>2</sub>	1,650	1.0	700–750	1,000–1,100	La mayoría de las reducciones se obtienen con costos netos directos negativos.
Transporte sólo CO <sub>2</sub>	1,080	2.4	100–300	300–700	La mayoría de los estudios muestran costos netos directos de menos de USD 25 por t C pero dos sugieren que los costos netos directos han de superar los USD 50 por t C.
Industria sólo CO <sub>2</sub> – eficiencia energética – eficiencia de materiales	2,300	0.4	300–500 ~200	700–900 ~600	Más de la mitad se obtienen con un costo neto directo negativo. Los costos son inciertos.
Industria gases que no son CO <sub>2</sub>	170		~100	~100	Los costos de la reducción de emisiones de N <sub>2</sub> O son de USD 0–10 por t C <sub>eq</sub> .
Agricultura <sup>b</sup> sólo CO <sub>2</sub> gases que no son CO <sub>2</sub>	210 1,250–2,800	n/a	150–300	350–750	La mayoría de las reducciones han de costar entre USD 0–100 por t C <sub>eq</sub> , con oportunidades limitadas para opciones de costos netos directos negativos.
Residuos <sup>b</sup> sólo CH <sub>4</sub>	240	1.0	~200	~200	Cerca del 75 por ciento de los ahorros, como recuperación de CH <sub>4</sub> de vertederos a costo neto directo negativo; 25 por ciento a un costo de USD 20 por t C <sub>eq</sub> .
Aplicaciones de sustitución en virtud del Protocolo de Montreal gases que no son CO <sub>2</sub>	0	n/a	~100	n/a	Cerca de la mitad de las reducciones debidas a la diferencia en los datos de referencia de los estudios y valores de referencia del IEEE. La mitad restante de las reducciones se obtienen con costos netos directos negativos por debajo de USD 200 por t C <sub>eq</sub> .
Suministro de energía y reconversión <sup>c</sup> sólo CO <sub>2</sub>	(1,620)	1.5	50–150	350–700	Existen opciones con costos netos directos negativos; hay muchas opciones disponibles por menos de USD 100 por t C <sub>eq</sub> .
Total	6,900–8,400 <sup>d</sup>		1,900–2,600 <sup>e</sup>	3,600–5,050 <sup>e</sup>	

<sup>a</sup> Los edificios incluyen aparatos, edificios y armazones de edificios.

<sup>b</sup> La gama para la agricultura se debe principalmente a un gran número de incertidumbres sobre las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con los suelos. Entre los residuos predominan los vertidos de metano, y los otros sectores se podrían estimar con más precisión, ya que predomina el CO<sub>2</sub> de origen fósil.

<sup>c</sup> Incluido en los valores de sectores supra. Las reducciones incluyen sólo las opciones para generación de electricidad (sustitución del combustible por gas/nuclear, captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, mejora de la eficiencia en las centrales eléctricas, y formas renovables de energía).

<sup>d</sup> El total incluye todos los sectores estudiados en el Capítulo 3 del TIE GTIII para los seis gases. Excluye las fuentes de CO<sub>2</sub> no relacionadas con la energía (producción de cemento, 160 Mt C; faroles de gas, 60 Mt C; y cambio en el uso de las tierras, 600–1,400 Mt C) y la energía utilizada para el cambio de combustibles en los totales del sector de usos finales (630 Mt C). Si se añadiera el refinado de petróleo y los gases de hornos de coque, las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales en el 1990 de 7,100 Mt C habrían ascendido en un 12 por ciento. Conviene observar que no se incluyen las emisiones por silvicultura y sus opciones de mitigación con sumideros de carbono.

<sup>e</sup> Los escenarios del IEEE de referencia (para los seis gases incluidos en el Protocolo de Kyoto) proyectan una gama de emisiones de 11.500–14.000 Mt C<sub>eq</sub> para el año 2010 y de 12.000–16.000 Mt C<sub>eq</sub> para el 2020. Las estimaciones de reducciones de emisiones son sumamente compatibles con las tendencias de emisiones de referencia del escenario B2 del IEEE. Las reducciones potenciales tienen en cuenta el giro normal del capital. No se limitan a opciones económicas, pero excluyen las opciones con costos superiores a USD 100 t C<sub>eq</sub> (excepto para los gases del Protocolo de Montreal) y las opciones que no se han de adoptar mediante el empleo de políticas generalmente aceptadas.

construcción que precisan una gran cantidad de energía y la biomasa como sustituto de los combustibles fósiles). La conservación de los yacimientos de carbono amenazados puede ayudar a evitar emisiones, si se previenen las fugas, pero sólo será sostenible cuando se hayan abordado las fuerzas socioeconómicas que impulsan la deforestación y la pérdida de otros yacimientos de carbono. El secuestro refleja la dinámica biológica del crecimiento, que a menudo comienza lentamente, para pasar a un punto máximo antes de decaer durante decenios o siglos. Las posibilidades de las opciones biológicas para la mitigación se sitúan en el orden de 100 Gt C (acumulado) para el año 2050, lo que es equivalente a un 10 a 20 por ciento de las emisiones proyectadas provenientes de combustibles fósiles durante ese mismo período, aunque existen grandes incertidumbres en relación con estas cifras. La consecución de este potencial depende de la disponibilidad de tierras y agua, además de la rapidez con que se incorporen prácticas de gestión de dichas tierras. Las mayores posibilidades para la mitigación biológica del carbono atmosférico se dan en las regiones tropicales y subtropicales.

**7.5 Si se quiere aprovechar las oportunidades, entre las que figuran tecnologías y medidas para la reducción de gases de efecto invernadero, se tendrá que aplicar medidas de política para superar los obstáculos.**

- 7.6 Para que la aplicación de las opciones para la mitigación de gases de efecto invernadero sea satisfactoria se deberán superar los obstáculos técnicos, económicos, políticos, culturales, sociales, de comportamiento y/o institucionales que impiden aprovechar completamente las oportunidades tecnológicas, económicas y sociales de dichas opciones (véase la Figura 7-1).** Las oportunidades potenciales de mitigación y los tipos de obstáculo varían según las regiones, los sectores y el tiempo. La mayoría de los países se podrían beneficiar de formas innovadoras de financiación, aprendizaje social, innovación, reformas institucionales, la supresión de obstáculos comerciales y la erradicación de la pobreza. Esto se debe a la gran variación en la capacidad de mitigación. La población pobre de cualquier país cuenta con limitadas oportunidades para la incorporación de tecnologías o cambios en su comportamiento social, sobre todo



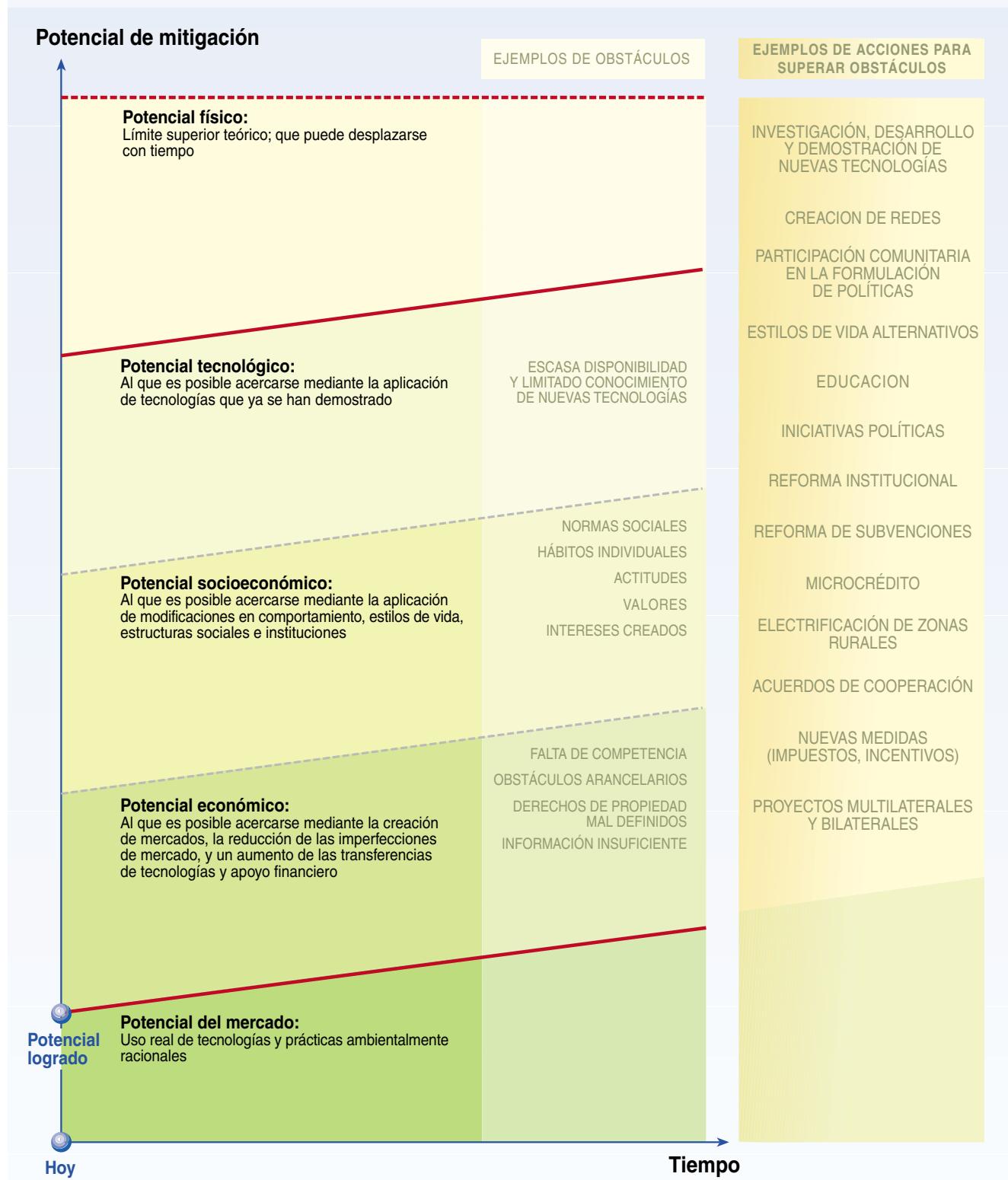
<b>Cuadro 7-2</b> Estimaciones de la reducción potencial de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en el año 2010: uso de las tierras, cambio del uso de las tierras y silvicultura.			
<i>Categorías de las opciones de mitigación</i>	<i>Reducciones potenciales de emisiones en el año 2010 [Mt C año<sup>-1</sup>]</i>	<i>Reducciones potenciales de las emisiones [Mt C]</i>	
Forestación/reforestación (FR) <sup>a</sup>	197–584		Incluye el carbono contenido en la biomasa por encima y por debajo del suelo. Excluye el carbono contenido en suelos y en materia orgánica muerta.
Reducción de la deforestación (RD) <sup>b</sup>		1,788	El potencial para la reducción de la deforestación es muy incierto para los trópicos y podría tener un error de hasta ±50 por ciento.
Mejora de la gestión en un uso de las tierras (MGU) <sup>c</sup>	570		Se supone que se trata del mejor conjunto de prácticas de gestión para cada uso de la tierra y zona climática.
Cambio del uso de las tierras (CUT) <sup>c</sup>	435		
Total	1,202–1,589	1,788	

<sup>a</sup> Fuente: IEUTCS Cuadro RRP-3. Basado en el escenario de definición del IPCC. No se dispone de información para otros escenarios de definición. El potencial se refiere a la gama estimada de cambio medio de existencias contabilizadas durante el período 2008–2012 (Mt C año<sup>-1</sup>).

<sup>b</sup> Fuente: IEUTCS Cuadro RRP-3. Basado en el escenario de definición del IPCC. No se dispone de información para otros escenarios de definición. El potencial se refiere al cambio medio de existencias (Mt C).

<sup>c</sup> Fuente: IEUTCS Cuadro RRP-4. El potencial se refiere al cambio neto estimado de existencias de carbono en el año 2010 (Mt C año<sup>-1</sup>). La lista de actividades no es excluyente ni completa, y es poco probable que todos los países ejecuten todas las actividades. Algunas de estas estimaciones reflejan un elevado grado de incertidumbre.

## Conceptos de potencial de mitigación



**Figura 7-1: Penetración de tecnologías (incluidas prácticas) ambientalmente racionales: marco conceptual.**

Diversos obstáculos impiden la realización de los diferentes potenciales. Existen oportunidades para superar dichos obstáculos mediante proyectos, programas y acuerdos financieros innovadores. Una medida puede servir para abordar más de un obstáculo. Se pueden adoptar medidas para abordar obstáculos a todos los niveles simultáneamente. Su aplicación puede exigir políticas, medidas e instrumentos políticos. El potencial socioeconómico puede situarse en cualquier punto entre el potencial económico y el tecnológico.

si no forman parte de la economía monetaria. La mayoría de los países se podrían beneficiar de formas innovadoras de financiación, reformas institucionales, y la supresión de obstáculos comerciales. Además, las oportunidades futuras dependen principalmente, en los países industrializados, de la eliminación de obstáculos sociales y de comportamiento; en los países con economías en transición, de la racionalización de precios; y en países en desarrollo, de la racionalización de precios, unida a un mayor acceso a datos e información, la disponibilidad de tecnologías avanzadas y de recursos financieros, y el desarrollo de la formación y las capacidades. Sin embargo, en un país determinado, la supresión de cualquier combinación de obstáculos puede crear oportunidades.

- 7.7 Las respuestas nacionales a los cambios climáticos pueden ser más eficaces si en la práctica adoptan la forma de una serie de instrumentos políticos para limitar o reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero.** Estos instrumentos políticos nacionales pueden consistir—según las circunstancias nacionales—en impuestos sobre emisiones/carbono/energía, permisos comercializables o no comercializables, políticas sobre el uso de las tierras, concesión y/o eliminación de subvenciones, sistemas de depósitos/devoluciones, normas de tecnología o rendimiento, obligaciones de una combinación de energía, la prohibición de productos, acuerdos voluntarios, etiquetado ecológico, gasto e inversión por parte del gobierno, y apoyo a la investigación y el desarrollo (I y D). La documentación sobre este tema no da en general ninguna preferencia a un instrumento político en particular.



GTIII TIE Secciones 1.5.3,  
5.3-4, & 6.2

- 7.8 Las medidas coordinadas entre países y sectores pueden ayudar a reducir los costos de mitigación, al abordar las cuestiones de competitividad, los posibles conflictos con normas del comercio internacional y las fugas de carbono. Un grupo de países que deseé limitar sus emisiones colectivas de gases de efecto invernadero podría acordar la aplicación de instrumentos internacionales bien diseñados.** Los instrumentos evaluados en el GTIII TIE, y que se desarrollan en el Protocolo de Kyoto, son el comercio de derechos de emisiones, la aplicación conjunta (JI), y el Mecanismo para un desarrollo limpio (CDM). Otros instrumentos internacionales también evaluados en el GTIII TIE incluyen los impuestos coordinados o armonizados sobre emisiones/carbono/energía, normas sobre tecnologías o productos, acuerdos voluntarios con los sectores industriales, transferencias directas de recursos financieros y tecnología, y la creación coordinada de condiciones favorables (por ejemplo la reducción de subvenciones para combustibles fósiles). Hasta la fecha sólo se han tenido en cuenta algunos de estos mecanismos en algunas regiones.



GTIII TIE Secciones 6.3-4  
& 10.2

- 7.9 La transferencia de tecnologías entre países y regiones podría ampliar el abanico de opciones a nivel regional. Las economías de escala y aprendizaje podrán reducir el costo de su incorporación.**

- 7.10 Una capacidad humana y organizativa adecuada en cada etapa puede aumentar el flujo y la calidad de la tecnología que se transfiere tanto dentro como entre los países.** La transferencia de tecnologías ambientalmente apropiadas se ha llegado a percibir como un elemento esencial en las estrategias mundiales para lograr el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático. La disponibilidad local de conocimientos técnicos, empresariales, de gestión y normativos puede mejorar el flujo de capital internacional, ayudando a la promoción de transferencias tecnológicas. Los conocimientos técnicos se mejoran con la creación de competencias en servicios asociados, conocimientos y experiencia organizativa y una mejora de la capacidad para formular y hacer cumplir las normas. El fomento de capacidad es un proceso constante que necesita seguir el ritmo de la evolución de las opciones de mitigación a medida que respondan a cambios tecnológicos y técnicos.



GTIII TIE Secciones 2.4.5  
& 10.3.3, & IECMTTT RRP

- 7.11 Con unas políticas económicas positivas, unos marcos normativos, y con transparencia y estabilidad política, los gobiernos pueden crear el entorno**



GTIII TIE Sección 10.3.3  
& IECMTTT RRP

### **propicio para la transferencia de tecnología en los sectores público y privado.**

A un macrónivel, se pueden considerar medidas como la reforma del sistema jurídico, la protección de los derechos de propiedad intelectual, mercados abiertos y competitivos, la reducción de la corrupción, disuasión de prácticas empresariales restrictivas, la reforma de créditos a la exportación, el seguro de riesgo político, la reducción de la asistencia condicionada, el desarrollo de infraestructuras físicas y de comunicaciones, y la mejora de la estabilidad macroeconómica. A niveles sectorial y de proyecto, las medidas podrían consistir en la racionalización de los precios de combustibles y electricidad, la reforma institucional del sector energético, la mejora de la titularidad de las tierras, procesos transparentes para la aprobación de proyectos, la garantía que se evaluarán las necesidades locales en tecnología y el impacto social de estas tecnologías, iniciativas transnacionales de investigación y desarrollo sobre tecnologías innovadoras, y programas de demostración.

- 7.12 **La transferencia efectiva de tecnologías se ve favorecida por la constitución de redes entre partes interesadas privadas y públicas, y un enfoque centrado en productos y técnicas con múltiples ventajas secundarias que satisfagan o se adapten a las necesidades y prioridades de desarrollo local.** Los sistemas nacionales de innovación (NSI) pueden contribuir a este objetivo mediante actividades como a) el fortalecimiento de las instituciones educativas; b) el acopio, evaluación y difusión de información técnica, comercial, financiera y jurídica; c) la evaluación de tecnologías, proyectos de demostración y servicios de divulgación; d) el apoyo a las organizaciones de mercado intermediarias; y e) mecanismos innovadores de financiación. El aumento de los flujos de ayuda nacional y multilateral puede ayudar a movilizar y multiplicar los recursos financieros adicionales, incluida la ayuda oficial para el desarrollo, en apoyo de las actividades de los NSI.



- 7.13 **En los países participantes, un aumento de la cooperación internacional, por ejemplo, el comercio de derechos de emisiones<sup>14</sup> y la transferencia tecnológica, reducirá los costos de mitigación.**

- 7.14 Un gran número de estudios apoyados en enfoques de arriba abajo y de abajo arriba (véanse las definiciones en el Recuadro 7–1) informan sobre los costos de la mitigación de los gases de efecto invernadero. Las estimaciones sobre los costos de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de combustibles fósiles varían bastante y dependen de las metodologías elegidas, las hipótesis subyacentes, los escenarios de emisiones, los instrumentos políticos, el año del informe y otros criterios.

- 7.15 **Los estudios de abajo arriba indican que existen unas importantes oportunidades de mitigación a bajo costo.** Según los estudios de base hacia arriba (véase el Recuadro 7–1) sobre tecnologías y sectores específicos, la mitad de esa reducción potencial de emisiones se podría lograr para el año 2020, con beneficios directos (energía ahorrada) que sobrepasan los costos directos (capital neto, costos de explotación y mantenimiento); la otra mitad se lograría a un costo neto directo de hasta USD 100 por t C<sub>eq</sub> (a precios de 1998). Sin embargo, por razones que se describen a continuación, el potencial obtenido puede ser diferente. Estas estimaciones de costos netos directos se realizan utilizando unos tipos de descuento comprendidos entre el 5 y el 12 por ciento (comparables con los tipos de descuento del sector público). La tasa de rendimiento interna privada varía enormemente, y es a menudo mucho mayor, lo que afecta el ritmo de incorporación de estas tecnologías por parte de entidades privadas. Según los escenarios de emisiones, esto podría permitir reducir las emisiones mundiales por debajo de los



<sup>14</sup> Un enfoque basado en el mercado para lograr unos objetivos ambientales que permite que aquellos países que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de lo que se precisa, puedan utilizar o comercializar las reducciones en exceso para compensar las emisiones en otra fuente dentro o fuera del país. Aquí el término se utiliza ampliamente para incluir el comercio en asignación de emisiones, y colaboraciones basadas en proyectos.

<b>Recuadro 7-1</b>	Enfoques de arriba abajo y de abajo arriba para la estimación de costos: factores críticos e importancia de las incertidumbres.
---------------------	---

Por una serie de razones, las estimaciones cuantitativas específicas de los costos de mitigación se caracterizan por importantes diferencias e incertidumbres. La estimación de costos difiere debido a: a) la metodología utilizada en el análisis, y b) los factores e hipótesis subyacentes incorporadas en el análisis. Las simulaciones de abajo arriba incorporan estudios detallados de los costos de ingeniería de una amplia variedad de tecnologías disponibles y previstas, y describen con todo detalle el consumo de energía. Sin embargo, utilizan normalmente relativamente poca información sobre el comportamiento del consumidor en temas no relacionados con la energía y las interacciones con otros sectores de la economía. Los costos estimados por los enfoques de abajo arriba pueden variar desde valores negativos (debido a la incorporación de opciones de "medidas útiles en todo caso") a valores positivos. Los costos negativos indican que los beneficios energéticos directos de una opción de mitigación superan sus costos directos (costos netos de capital, explotación y mantenimiento). Sin embargo, los obstáculos de mercado e institucionales pueden impedir, retrasar o encarecer la adopción de estas opciones. La inclusión de los costos de aplicación y de políticas se añadiría a los costos estimados por las simulaciones de abajo arriba.

Las simulaciones de arriba abajo son simulaciones agregadas de la economía que a menudo se basan en el análisis de tendencias y relaciones históricas para predecir las interacciones de gran escala entre sectores de la economía, especialmente las interacciones entre el sector de la energía y el resto de la economía. Las simulaciones de arriba abajo incorporan normalmente poca información sobre el consumo de energía y los cambios tecnológicos. Los costos estimados por las simulaciones de arriba abajo normalmente varían entre cero y valores positivos. Ello se debe a la hipótesis de que en los escenarios de referencia y en los de políticas se adoptan las opciones sobre costos estimadas en las simulaciones de abajo arriba. Este es un factor importante a la hora de evaluar las diferencias de las estimaciones en estos dos tipos de simulaciones.

La incorporación de algunos factores llevará a unas estimaciones de costos menores, y la incorporación de otros, a estimaciones mayores. La incorporación de múltiples gases de efecto invernadero, sumideros, cambios técnicos inducidos y el comercio de derechos de emisiones pueden reducir los costos. Además, los estudios sugieren que en algunas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero se puede limitar el costo social a cero o negativo, en la medida en que las políticas aprovechen las oportunidades de medidas útiles en todo caso, tales como la corrección de imperfecciones de mercado, los beneficios secundarios, y el reciclado eficaz de los ingresos fiscales. La cooperación internacional que facilite una reducción económica de las emisiones puede reducir los costos de mitigación. Por otra parte, si se toman en cuenta los macroimpactos potenciales a la economía a corto plazo, las limitaciones sobre el uso de mecanismos de mercado nacionales e internacionales, los altos costos de las transacciones, la inclusión de costos suplementarios y medidas ineficaces en el reciclado de impuestos, ello puede aumentar los costos estimados. Como ningún análisis incorpora todos los factores de importancia que afectan a los costos de mitigación, los costos estimados pueden no reflejar los costos reales de la aplicación de medidas de mitigación.

 TIE GTIII Secciones 3.3–8,  
7.6.3, 8.2–3, y 9.4, y TIE  
GTIII, Recuadro RRP–2

niveles del año 2000 en el período 2010–2020, con los costos directos netos estimados. La consecución de estos niveles de reducción supone costos adicionales de aplicación, que en algunos casos pueden ser enormes, así como la posible necesidad de políticas de apoyo, un aumento de investigación y desarrollo, una transferencia eficaz de tecnología y la superación de otros tipos de obstáculos. Los diferentes estudios mundiales, regionales, nacionales, sectoriales y de proyectos evaluados en el GTII TIE tienen diferente alcance y parten de diferentes hipótesis. No existen estudios realizados para cada sector y región.

- 7.16 **Las estimaciones de costos basadas en análisis de abajo arriba comunicados hasta la fecha sobre la mitigación biológica varían en gran medida y no toman en cuenta todos los elementos de importancia en esos costos.** Las estimaciones de costos que utilizan los análisis de abajo arriba realizados hasta la fecha sobre mitigación biológica varían enormemente desde USD 0,1 hasta USD 20 por t C en varios países tropicales y de USD 20 a USD 100 por t C en países no tropicales. Los métodos de análisis financiero y del cálculo del carbono no han podido compararse. Además, en muchos casos, los cálculos de costos no abarcan, entre otras cosas, los costos infraestructurales, los tipos de descuento apropiados, la vigilancia, los costos de la recopilación y aplicación de datos, los costos de oportunidad de tierras y mantenimiento, y otros costos recurrentes, que a menudo se han excluido o pasado por alto. La parte inferior de la gama se ha evaluado con una tendencia a la baja, aunque nuestros conocimientos y el tratamiento de los costos están mejorando con el tiempo. Las opciones para mitigación biológica pueden reducir o incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub>.

 GTIII TIE Secciones 4.3–4

**7.17 Las proyecciones de los costos de reducción de emisiones que suponen las opciones políticas a corto plazo aplicadas sin comercio de derechos de emisiones del Anexo B para alcanzar un objetivo de emisiones de CO<sub>2</sub> a corto plazo, tal y como informan varias simulaciones<sup>15</sup> de la economía mundial (simulaciones de arriba abajo), varían entre las diferentes regiones (tal y como muestran las líneas marrones en la Figura 7-2a para zonas del Anexo II y el Cuadro 7-3a).** Los motivos de la diferenciación entre las simulaciones dentro de una región determinada radican en las distintas hipótesis adoptadas sobre el crecimiento futuro del PIB y los cambios en coeficiente de utilización del carbono y de la energía (diferentes vías de desarrollo socioeconómico). Lo mismo se puede decir de las diferencias entre regiones. Estas simulaciones parten de la base que los instrumentos políticos nacionales son eficientes y coherentes con los instrumentos políticos internacionales. Es decir, suponen que dentro de cada región se realizan las reducciones mediante el empleo de mecanismos de mercado (como límites y comercio). En la medida en que las regiones emplean una combinación de mecanismos de mercado y políticas de mando y control, es probable que los costos sean mayores. Por otra parte, la inclusión de sumideros de carbono, gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub>, cambios técnicos inducidos, beneficios secundarios, o reciclado de ingresos con una orientación específica podrían reducir los costos.



GTIII TIE Secciones 8.2–3

**7.18 Las simulaciones utilizadas en este estudio muestran que los mecanismos de Kyoto son importantes para controlar los riesgos de altos costos en determinados países y, por lo tanto, podrían servir de complemento a los mecanismos de política nacionales y minimizar los riesgos de impactos internacionales poco equitativos.** Por ejemplo, las líneas marrones y azules en la Figura 7-2b y en el Cuadro 7-3b muestran que los costos marginales nacionales para alcanzar los objetivos de Kyoto oscilan entre USD 20 y USD 600 por t C, sin comercio de derechos de emisión del Anexo B, y entre USD 15 y USD 150 por t C con ese comercio, respectivamente. Cuando se realizaron estos estudios, la mayoría de las simulaciones no incluían los sumideros, los gases de efecto invernadero que no eran CO<sub>2</sub>, el Mecanismo para un desarrollo limpio, opciones de costos negativos, beneficios secundarios, o reciclado de ingresos con orientación específica, que reducen los costos estimados. Por otra parte, estas simulaciones se basan en hipótesis que subestiman los costos, porque suponen un uso completo del comercio de derechos de emisiones sin costos de transacción, tanto dentro como entre países del Anexo B, y que las medidas de mitigación sean perfectamente eficientes y que las economías empiecen a ajustarse entre 1990 y 2000 a la necesidad de cumplir con los objetivos de Kyoto. Las reducciones de costo provenientes del comercio de derechos del Anexo B dependerán de los detalles de la aplicación, incluida la compatibilidad de los mecanismos nacionales e internacionales, las limitaciones, y los costos de transacción. Lo siguiente revela las amplias variaciones en el cambio del PIB estimado para los países del Anexo B:

- Para países del Anexo II, los estudios de simulación citados muestran reducciones del PIB, en relación con los niveles proyectados para el año 2010. La Figura 7-2 indica que, sin comercio de derechos de emisiones por partes de los países del Anexo B, las pérdidas oscilan entre un 0,2 y un 2 por ciento del PIB. Con dicho comercio, las pérdidas oscilan entre un 0,1 y un 1 ciento del PIB. Los estudios nacionales, que exploran un conjunto más diverso de conjuntos de medidas de política y tienen en cuenta circunstancias nacionales específicas, varían incluso más.
- Para la mayoría de los países con economías en transición, los efectos en el PIB varían entre un aumento insignificante y de varios puntos porcentuales, lo que refleja oportunidades para mejorar la eficiencia energética que no existen para los países del

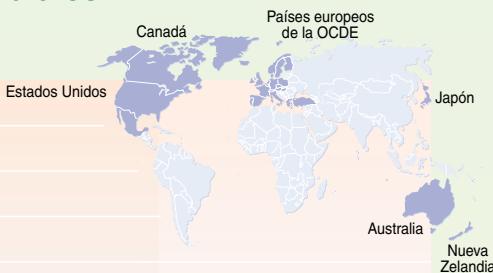
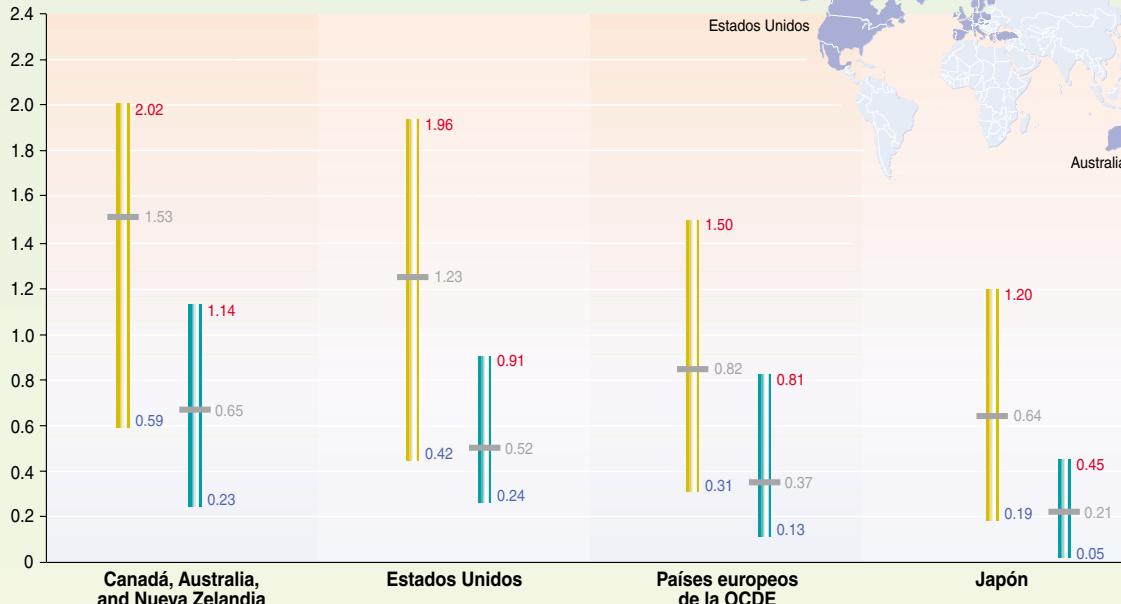
GTIII TIE Secciones RT  
8.3, 7.3, 8.3, 9.2, & 10.2

<sup>15</sup> Las simulaciones a las que se hicieron referencia anteriormente muestran los resultados del Energy Modeling Forum y examinan los beneficios del comercio de derechos de emisiones. Para los análisis de los que aquí se informa, estas simulaciones excluyen los sumideros, gases múltiples, beneficios secundarios, impactos macroeconómicos y cambios técnicos inducidos pero incluyen el reciclado de ingresos tributarios como una suma global. En la cantidad base de la simulación, se incluyen opciones adicionales de medidas “útiles en todo caso” que no se encuentran en la lista anterior.

## Proyecciones de pérdidas del PIB y costos marginales en al año 2010 a partir de simulaciones mundiales

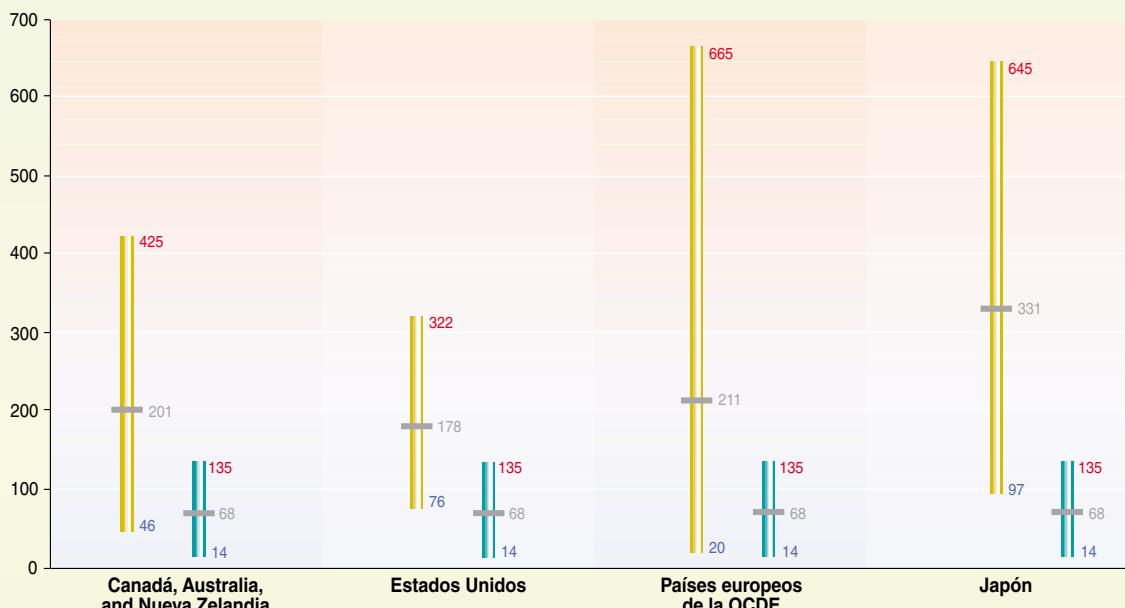
### (a) Pérdidas del PIB

Porcentaje de pérdidas del PIB en el año 2010



### (b) Costos marginales

USD de 1990 por t C



#### Gama de resultados para los dos escenarios

Ausencia de comercio internacional en derechos de emisiones de carbono: cada zona debe adoptar su reducción recomendada

Comercio total de derechos permitidos de emisiones de carbono en países del Anexo B

Los tres números en cada barra representan las proyecciones más altas, medias y más bajas del conjunto de simulaciones.

**Figura 7-2: Proyecciones de pérdidas de PIB y costos marginales en países del Anexo II en el año 2010, a partir de simulaciones mundiales: a) pérdidas de PIB y b) costos marginales.** Las reducciones en PIB para el año 2010 están en relación con el PIB de la simulación de referencia. Estas estimaciones se basan en los resultados de un estudio del Energy Modeling Forum. Las proyecciones que muestran las figuras corresponden a las cuatro regiones que forman parte del Anexo II. En las simulaciones se examinaron dos escenarios. En el primero, cada región lleva a cabo la reducción recomendada únicamente con comercio de derechos de emisiones de carbono en el plano nacional. En el segundo, se permite el comercio de derechos con los países del Anexo B y, por lo tanto, los costos marginales son idénticos en todas las regiones. Véase los factores clave, hipótesis e incertidumbres en los estudios, en el Recuadro 7-1.



Anexo II. Suponiendo una mejora drástica de la eficiencia energética y/o una recesión económica constante en algunos países, las cantidades atribuidas pueden exceder las emisiones proyectadas en el primer período de compromiso. En este caso, las simulaciones muestran un aumento del PIB debido a ingresos provenientes del comercio de cantidades asignadas. Sin embargo, para algunas economías en transición, la aplicación del Protocolo de Kyoto ha de tener en el PIB un impacto similar al de los países del Anexo II.

<b>Cuadro 7-3</b> Resultados de la comparación de simulaciones del Energy Modeling Forum. <sup>a</sup>								
<b>Simulación</b>	<i>Sin comercio de derechos de emisiones</i>				<i>Comercio de derechos de emisiones del Anexo I</i>			
	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>Japón</i>	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>Japón</i>
ABARE-GTEM	1.96	1.96	0.94	0.72	0.23	0.47	0.13	0.05
AIM	0.59	0.45	0.31	0.25	0.36	0.31	0.17	0.13
CETA		1.93				0.67		
G-Cubed	1.83	0.42	1.50	0.57	0.72	0.24	0.61	0.45
GRAPE			0.81	0.19			0.81	0.10
MERGE3	2.02	1.06	0.99	0.80	1.14	0.51	0.47	0.19
MS-MRT	1.83	1.88	0.63	1.20	0.88	0.91	0.13	0.22
RICE	0.96	0.94	0.55	0.78	0.54	0.56	0.28	0.30

(b) Costos marginales de reducción (en 1990 USD por t C: objetivo de Kyoto para el año 2010).								
<b>Simulación</b>	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>Japón</i>	<i>Comercio de derechos de emisiones del Anexo I</i>			
					<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>Japón</i>
ABARE-GTEM	425	322	665	645	106			
AIM	147	153	198	234	65			
CETA		168			46			
Fund					14			
G-Cubed	157	76	227	97	53			
GRAPE			204	304	70			
MERGE3	250	264	218	500	135			
MIT_EPPA	247	193	276	501	76			
MS-MRT	213	236	179	402	77			
RICE	145	132	159	251	62			
SGM	201	188	407	357	84			
WorldScan	46	85	20	122	20			

(c) Costos de aplicación del Protocolo de Kyoto para países exportadores de petróleo según varias simulaciones. <sup>b</sup>								
<b>Simulación<sup>c</sup></b>	<i>Sin comercio de derechos de emisiones<sup>d</sup></i>			<i>Con comercio de derechos de emisiones del Anexo I</i>		<i>Con “Comercio de derechos de emisiones a nivel mundial”</i>		
	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>CANZ</i>	<i>Estados Unidos</i>
G-Cubed	-25 por ciento de ingresos por petróleo			-13 por ciento de ingresos por petróleo			-7 por ciento de ingresos por petróleo	
GREEN	-3 por ciento de ingresos reales			“reducción considerable de pérdidas”			n/d	
GTEM	0,2 por ciento de pérdida del PIB			<0,05 por ciento de pérdida del PIB			n/d	
MS-MRT	1,39 por ciento de pérdida de bienestar			1,15 por ciento de pérdida de bienestar			0,36 por ciento de pérdida de bienestar	
OPEC	-17 por ciento de ingresos de la OPEP			-10 por ciento de ingresos de la OPEP			-8 por ciento de ingresos de la OPEP	
CLIMOX	n/d			-10 por ciento de ingresos de algunos países exportadores de petróleo			n/d	

<sup>a</sup> El cuadro 7-3a se extrae del TIE GTIII Cuadro RT-5, Cuadro 7-3b del TIE GTIII Cuadro RT-4, y Cuadro 7-3c del TIE GTIII Cuadro RT-6.

<sup>b</sup> La definición de país exportador de petróleo varía. Para las simulaciones de G-Cubed y OPEP, son los países de la OPEP; para GREEN, un grupo de países exportadores de petróleo; para el GTEM, México e Indonesia; para el MS-MRT, los países de la OPEP más México; y para CLIMOX, los países exportadores de petróleo de Asia occidental y Norte de África.

<sup>c</sup> Las simulaciones muestran el impacto sobre la economía mundial en el año 2010, habiéndose conseguido la mitigación, con arreglo a los objetivos del Protocolo de Kyoto (normalmente en las simulaciones aplicadas a la mitigación del CO2 para el año 2010, más que a las emisiones de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012) mediante la imposición de impuestos sobre el carbono o la subasta de permisos de emisiones, y el reciclado de los ingresos a través del pago de sumas a tanto alzado a los consumidores. No se toman en cuenta en los resultados los beneficios secundarios tales como la reducción del daño local por contaminación de la atmósfera.

<sup>d</sup> “Comercio de derechos de emisiones” significa el uso de permisos de comercio de emisiones entre países.

n/d = no disponible.

**7.19 Las limitaciones de emisiones en países del Anexo I tienen impactos indirectos bien establecidos<sup>16</sup>, aunque variados, sobre los países que no forman parte del Anexo I.**

- Los países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I: Los análisis indican reducciones en el PIB proyectado y en los ingresos proyectados de los países exportadores de petróleo que no forman parte del Anexo I. El estudio que muestra los costos más bajos indica una reducción del 0,2 por ciento del PIB proyectado, sin comercio de emisiones, y menos del 0,05 por ciento del PIB proyectado, con comercio de emisiones de países del Anexo B en el año 2010.<sup>17</sup> El estudio que muestra los costos más altos indica para el mismo año una reducción del 25 por ciento de los ingresos proyectados por petróleo sin comercio de derechos de emisiones, y un 13 por ciento de los ingresos por petróleo proyectados con ese comercio en países del Anexo B en el año 2010 (véase el Cuadro 7–3c). Estos estudios no toman en cuenta otras políticas y medidas<sup>18</sup> distintas al comercio de emisiones entre países del Anexo B, que podrían disminuir los impactos en países que no forman parte del Anexo I y que son exportadores de petróleo y, por lo tanto, tenderán a sobreestimar tanto los costos a estos países y los costos generales. Los impactos sobre estos países se pueden reducir aún más si se retiran las subvenciones a los combustibles fósiles, se reestructuran los impuestos sobre energía para que reflejen el contenido de carbono, se aumentan el empleo de gas natural, y se diversifican las economías de países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I.
- Otros países que no forman parte del Anexo I pueden verse afectados de forma adversa por la reducción de la demanda de sus exportaciones a países de la OCDE, y por la subida de los precios de productos que se deben importar y precisan una gran cantidad de carbono para su fabricación y otros productos que deseen continuar importando. Estos países se pueden beneficiar de la reducción en los precios de los combustibles, del aumento de las exportaciones de productos que precisan una gran cantidad de carbono para su fabricación, y de la transferencia de conocimientos y tecnologías que no perjudican el medio ambiente. El balance neto para un país específico depende de cuál de estos factores domina. Dadas esta complejidad, la división entre ganadores y perdedores permanece incierta.
- Fuga de carbono: El posible traslado de algunas industrias que precisan una gran cantidad de carbono a países no incluidos en el Anexo I y los efectos más amplios sobre los flujos de emisiones como respuesta a las fluctuaciones de los precios pueden producir una fuga del orden de un 5–20 por ciento.<sup>19</sup> Las exenciones (por ejemplo, para las industrias que precisan una gran cantidad de carbono) hacen poco probables las estimaciones simuladas de fugas de carbono más elevadas, pero podrían elevar los costos agregados. La transferencia de tecnologías ambientalmente racionales y de experiencia y conocimientos puede reducir las fugas y, especialmente a largo plazo, puede incluso compensar con creces dichas fugas.

**7.20 Es posible limitar algunas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero a un costo social neto nulo o incluso negativo, en la medida en que las políticas pueden aprovechar las oportunidades de medidas “útiles en todo caso”. Esto puede lograrse suprimiendo las imperfecciones del mercado, tomando en**



GTIII TIE Secciones 8.3.2 & 9.3.1–2



GTIII TIE Secciones 5.3–5, 7.3.3, 8.2.2, 8.2.4, 9.2.1–2, 9.2.4, 9.2.8, & 10.4

<sup>16</sup> Estos impactos secundarios incorporan sólo efectos económicos, no los ambientales.

<sup>17</sup> Estos costos estimados se pueden expresar como diferencias en los niveles de crecimiento del PIB en el período 2000–2010. Sin comercio de derechos de emisiones, el nivel de crecimiento anual del PIB se reduce en un 0,02 por ciento; con comercio de derechos de emisiones en países del Anexo B, dicho crecimiento se reduce en menos del 0,005 por ciento.

<sup>18</sup> Estas políticas y medidas incluyen las de los gases que no son CO<sub>2</sub> y las fuentes no energéticas de todos los gases; compensaciones de sumideros; reestructuración de la industria (por ejemplo, desde el productor de energía al suministrador de servicios de energía); empleo del poder mercantil de la OPEP; y las acciones (como las de las Partes en el Anexo B) relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología. Además de esto, los estudios no incluyen normalmente las siguientes políticas e impactos que puedan reducir el costo total de la mitigación: el empleo de ingresos tributarios para reducir la carga fiscal o la financiación de otras medidas de mitigación; los beneficios secundarios ambientales de la reducción del empleo de combustibles fósiles; y los cambios técnicos inducidos a partir de las políticas de mitigación.

<sup>19</sup> La fuga de carbono se define aquí como un aumento de emisiones en países que no son Partes en el Anexo B debido a la aplicación de reducciones en países del Anexo B, expresados como un porcentaje de las reducciones en países del Anexo B.

cuenta los beneficios secundarios (véase la Pregunta 8), y utilizando el reciclado de ingresos para financiar las reducciones de impuestos distorsionantes (“doble dividendo”).

- *Imperfecciones del mercado:* La corrección de los fallos existentes en el mercado o a nivel institucional, así como de otros obstáculos que impiden la adopción de medidas para la reducción económica de las emisiones puede ayudar a reducir los costos privados, en relación con las prácticas actuales. Puede también reducir los costos privados generales.
- *Beneficios secundarios:* Las medidas de mitigación del cambio climático tendrán repercusiones en otras cuestiones de la sociedad. Por ejemplo, la reducción de las emisiones de carbono dará muchas veces como resultado una disminución simultánea en la contaminación atmosférica a nivel local y regional. Es probable que las estrategias de mitigación también afecten al transporte, la agricultura, las prácticas en el uso de las tierras y la gestión de residuos y otros asuntos sociales, como el empleo y la seguridad energética. Sin embargo, no todos los efectos han a ser positivos; una cuidadosa selección de políticas y un buen diseño pueden garantizar mejor unos efectos positivos y minimizar los efectos negativos. En algunos casos, la magnitud de los beneficios secundarios de la mitigación se puede comparar con los costos de las medidas de mitigación, añadiendo el potencial de las medidas “útiles en todo caso”, si bien las estimaciones son difíciles de hacer y varían enormemente.
- *Doble dividendo:* Algunos instrumentos (como los impuestos o las subastas de permisos) proporcionan ingresos para el gobierno. Esos ingresos, si se utilizan para financiar la reducción de impuestos distorsionantes existentes ('reciclado de ingresos'), disminuyen los costos económicos de la reducción de gases de efecto invernadero. La magnitud de esta compensación depende de la estructura fiscal existente, el tipo de reducción fiscal, las condiciones del mercado de trabajo y el método de reciclado. En algunas circunstancias, es posible que los beneficios económicos puedan sobrepasar los costos de mitigación.

Posibilidades, obstáculos, oportunidades, políticas y costos de la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero a largo plazo

#### 7.21 El costo de la estabilización depende del objetivo y de la vía elegida en materia de emisiones.

7.22 No existe una única vía para la reducción de las emisiones en el futuro, y los países y regiones tendrán que elegir sus propias vías. La mayor parte de los resultados de las simulaciones indican que con las opciones tecnológicas conocidas<sup>20</sup> se podría lograr una amplia gama de niveles de estabilización atmosférica de CO<sub>2</sub>, como 550 ppmv, 450 ppmv, o incluso por debajo de estas cifras en los próximos 100 años o incluso más, pero su aplicación podría precisar unos cambios socioeconómicos e institucionales. Para lograr una estabilización a estos niveles, los escenarios indican la necesidad de una reducción muy importante de las emisiones mundiales de carbono por unidad de PIB de los niveles de 1990. En el caso del sector energético, que es esencial, casi todos los escenarios de estabilización y mitigación de concentraciones de gases de efecto invernadero se caracterizan por la introducción de tecnologías eficientes para el uso y abastecimiento de energía, así como de energías con un coeficiente bajo o nulo de carbono. Sin embargo, ninguna opción tecnológica permitirá por sí sola lograr todas las reducciones de emisiones necesarias para la estabilización. Las opciones de reducción basadas en fuentes que no consumen energía o en gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> ofrecen también muchas posibilidades para la reducción de emisiones.



GTIII TIE Secciones 2.3.2, 2.4.5, 2.5.1–2, 3.5, & 8.4, & GTIII TIE Capítulo 3 Apéndice

<sup>20</sup> Por ‘opciones tecnológicas conocidas’ nos referimos a las tecnologías que ya existen o que se emplean en plantas piloto, tales y como se muestran en los escenarios de mitigaciones tratados en este informe. No se incluye ninguna nueva tecnología que requiera drásticas innovaciones tecnológicas. De esta manera, se puede considerar como una estimación conservadora, teniendo en cuenta la longitud del período del escenario.

**7.23 El desarrollo y la difusión de una nueva tecnología económicamente competitiva y ambientalmente racional puede reducir en gran medida los costos de la estabilización de las concentraciones en un nivel determinado.** Un gran número de investigadores han estudiado las consecuencias del desarrollo y la difusión de la tecnología en los costos de la consecución de niveles alternativos de estabilización. La principal conclusión ha sido que los costos de la mitigación de emisiones dependen esencialmente de la capacidad para desarrollar y aplicar nuevas tecnologías. El valor de la difusión satisfactoria de la tecnología parece muy elevado, y depende de la magnitud y la oportunidad de las medidas de mitigación de las emisiones, el escenario de referencia adoptado, y la competitividad económica de la tecnología.


**GTIII TIE Sección 10.3.3**

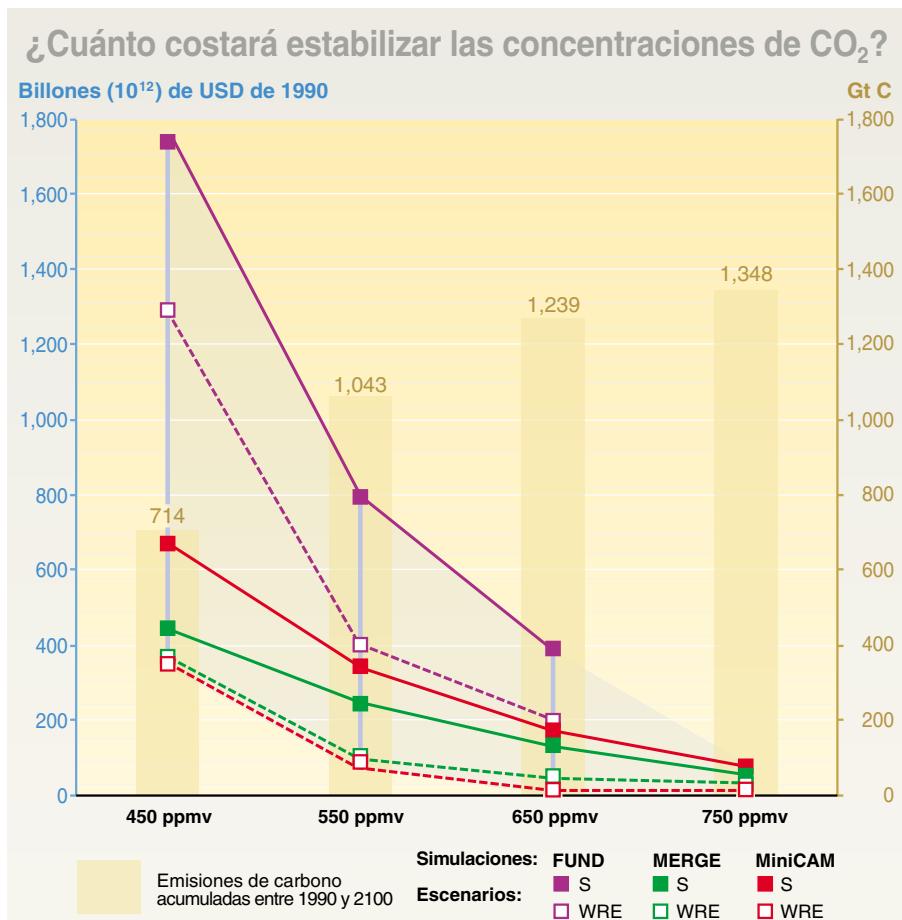
**7.24 La vía elegida para la estabilización puede ser tan importante para la determinación de los costos de mitigación como los propios niveles de estabilización.** Las simulaciones económicas realizadas desde el SIE indican que la transición gradual a corto plazo desde los sistemas actuales energéticos del mundo hacia una economía que emita menos carbono minimiza los costos asociados con el retiro prematuro de una inversión en capital existente. También deja tiempo para invertir en el desarrollo y la difusión de tecnología, y puede reducir el riesgo de ‘quedarse encerrado’ con la adopción de las primeras versiones de tecnologías con bajo nivel de emisiones, que se perfeccionan con gran rapidez. En cambio, si se toman medidas más rápidas a corto plazo, ello podría dar más flexibilidad para avanzar hacia la estabilización, disminuir los riesgos humanos y ambientales, y los costos asociados con los cambios proyectados en el clima, disminuir los riesgos humanos y ambientales asociados con unos cambios climáticos rápidos y, al mismo tiempo, minimizar las consecuencias potenciales de la inercia en los sistemas climáticos y ecológicos (véase la Pregunta 5). También puede estimular un despliegue más rápido de las tecnologías existentes con un bajo nivel de emisiones y crear importantes incentivos a corto plazo para futuros cambios tecnológicos que puedan ayudar a reducir los riesgos de ‘quedar encerrado’ en tecnologías con un alto coeficiente de carbono. Podría además ofrecer más margen para establecer metas más estrictas, si pareciera conveniente a la luz de la evolución de los conocimientos científicos.


**GTIII TIE Secciones 2.3.2, 5.3.1, 8.4, & 10.4.2–3**

**7.25 Los estudios sobre economía, con una escala temporal de un siglo, permiten estimar que los costos de mitigación para la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenten a medida que disminuyan los niveles de concentración para la estabilización. Las diferentes pautas de referencia que se utilicen pueden tener gran influencia en los costos absolutos.** Si bien cuando se pasa de un nivel de concentración de 750 a 550 ppmv para la estabilización el aumento en los costos es moderado, dichos costos son mayores cuando se pasa de 550 a 450 ppmv (véase la Figura 7–3) a menos que las emisiones en los escenarios de referencia sean muy bajas (véase la Figura 7–4). Aunque las previsiones de las simulaciones indican que las vías mundiales de crecimiento a largo plazo del PIB no se van a ver afectadas en gran medida por las medidas de mitigación tendientes a la estabilización, no muestran las variaciones mayores que tienen lugar en períodos más breves, ni en regiones o sectores determinados. Estos estudios no incorporan el secuestro de carbono ni examinan los posibles efectos de metas más ambiciosas en el cambio tecnológico inducido. Los costos asociados con cada nivel de concentración dependen de numerosos factores, entre los que figuran el tipo de descuento, la distribución de las reducciones de emisiones en el tiempo, las políticas y medidas empleadas, y sobre todo, la elección del escenario de referencia. En los escenarios que se centran en el desarrollo sostenible local y regional, los costos globales de la estabilización a un nivel determinado son mucho más bajos que en otros escenarios. Además, el problema de la incertidumbre asume una importancia creciente cuando se amplía el marco cronológico.


**GTIII TIE Secciones 2.5.2, 8.4.1, 8.4.3, & 10.4.6**

**7.26 La investigación y desarrollo sobre energía y aprendizaje social pueden contribuir al flujo y la adopción de mejores tecnologías en materia de energía a lo largo del siglo XXI.**



→ TIE GTIII Secciones 8.3.1 y 10.4.4

**Figura 7–3: Los costos de mitigación (USD de 1990, con un descuento del valor actual del 5 por ciento por año para el período 1990–2100) para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 450 a 750 ppmv se calculan utilizando tres simulaciones mundiales, basadas en diferentes datos de referencia en cada simulación.** No se incluyen los impactos evitados del cambio climático. En cada ejemplo, los costos se calcularon basándose en dos vías de emisiones para lograr el objetivo recomendado: S (mencionada como vías de emisiones GTI en el TIE GTIII) y WRE, como se describe en la respuesta a la Pregunta 6. Las barras muestran las emisiones acumuladas de carbono entre los años 1990 y 2100. Por encima de las barras en Gt C se muestran las emisiones futuras acumuladas hasta que se alcance el tope de la cantidad prevista de carbono.

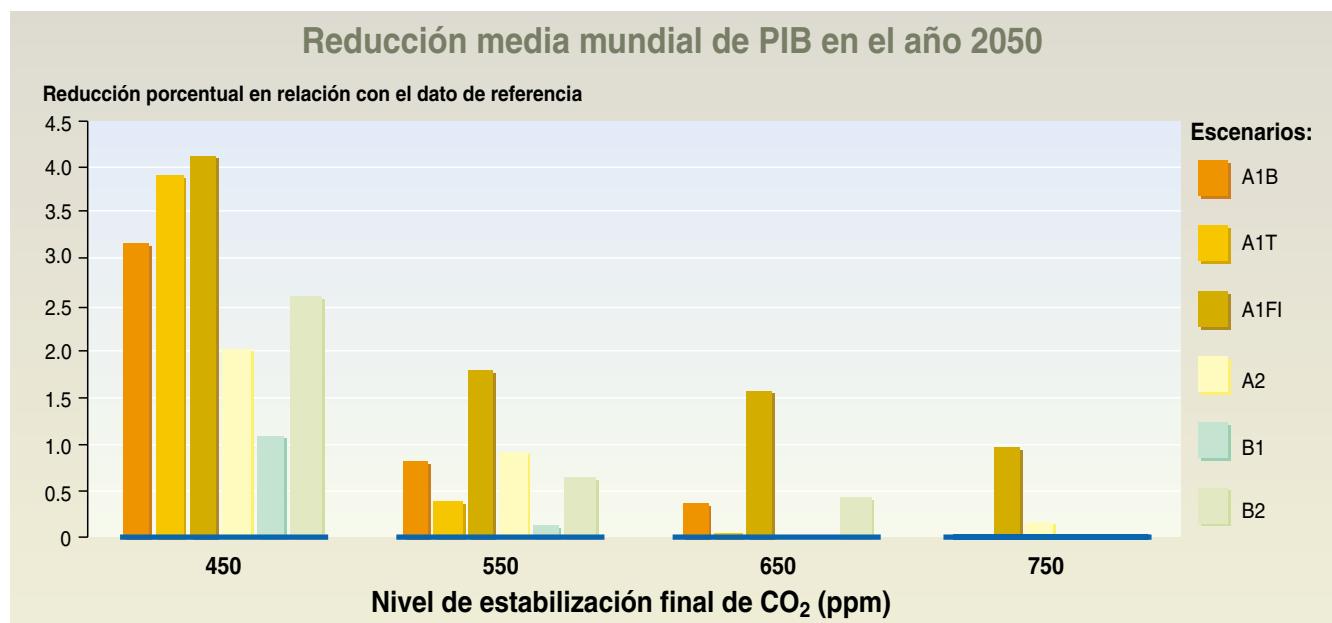
- 7.27 Los escenarios basados en emisiones más bajas precisan diferentes modelos de desarrollo de los recursos energéticos, y más investigación y desarrollo en materia de energía para apoyar la aceleración del desarrollo y aplicación de tecnologías energéticas adecuadas y ambientalmente racionales.** Es prácticamente seguro que las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la combustión de combustibles fósiles tengan una influencia dominante en las tendencias de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> durante el siglo XXI. Según los datos sobre recursos evaluados en el TIE, puede haber durante el siglo un cambio en la combinación energética y la introducción de nuevas fuentes de energía. Los recursos de combustibles fósiles no limitarán las emisiones de carbono durante el siglo XXI (véase la Figura 7–5). El carbono en las reservas convencionales de petróleo y gas que se han descubierto hasta la fecha es mucho menor que el conjunto de emisiones asociadas con la estabilización de CO<sub>2</sub> a niveles de 450 ppmv o incluso más.<sup>21</sup> La combinación energética y las inversiones y tecnologías asociadas que se elijan—ya sean en el sentido de la explotación de los recursos petrolíferos y de gases no convencionales, o de una tecnología basada en fuentes de energía no fósiles, o fósiles pero con captura y almacenamiento de carbono—ha de determinar si, y a qué nivel y costo, se pueden estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero.

→ GTIII TIE Secciones 2.5.1–2, 3.8.4, & 8.4.5

- 7.28 La disminución de gastos en investigación y desarrollo de energías es incompatible con el objetivo de la aceleración del desarrollo y la aplicación de tecnologías avanzadas desde el punto de vista energético.** Los gastos en I y D de energías dedicados por gobiernos del Anexo II aumentaron en gran medida después de la subida del precio del petróleo a partir de 1970, pero en conjunto descendieron en términos reales

→ GTIII TIE Secciones 10.3.3 & IECMTTT Sección 2.3

<sup>21</sup> La referencia a cierto nivel de concentración no implica ningún acuerdo sobre la conveniencia de la estabilización a este nivel.



**Figura 7-4: Relación indicativa en el año 2050 entre la reducción relativa de PIB causada por actividades de mitigación, los escenarios del IEEE y el nivel de estabilización.** La reducción de PIB tiende a aumentar con un mayor rigor en los niveles de estabilización, pero los costos son muy sensibles al escenario de referencia que se elija. Estos costos de mitigación proyectados no tienen en cuenta los beneficios potenciales del cambio climático evitado.

TIE GTIII Figura 8-18

desde principios del decenio de 1980. En algunos países la reducción ha sido de hasta un 75 por ciento. Ha aumentado el apoyo a la investigación y desarrollo y los proyectos de conservación de la energía y energía renovable. Sin embargo, otras interesantes tecnologías energéticas relacionadas con el cambio climático, como, por ejemplo, la biomasa comercial y la captura y el almacenamiento de carbono, ocupan todavía un lugar poco importante en la cartera de I y D para energía.

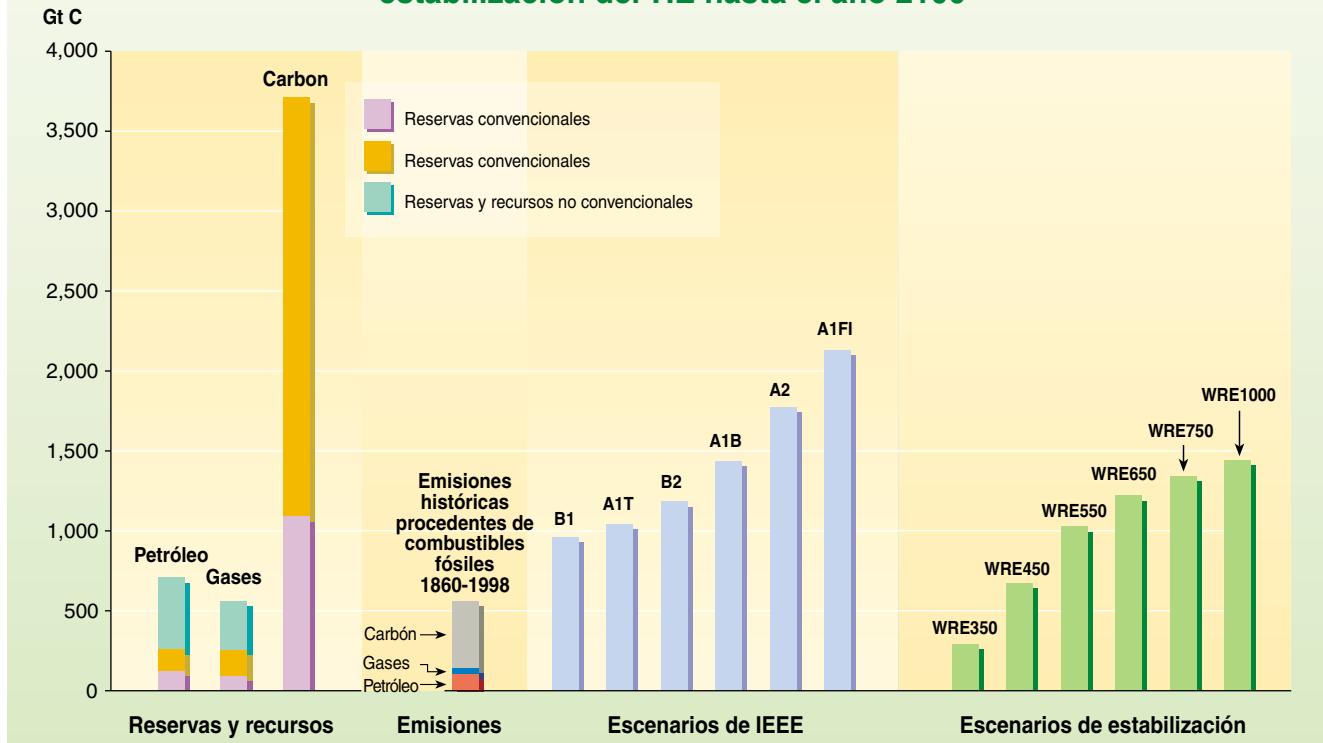
**7.29 El aprendizaje social y la innovación y los cambios en las estructuras institucionales podrían contribuir a la mitigación del cambio climático.** Los cambios en las normas colectivas y en el comportamiento individual pueden tener unos importantes efectos sobre las emisiones de los gases de efecto invernadero, pero tienen lugar dentro de un complejo entorno institucional, normativo y jurídico. Varios estudios sugieren que los sistemas actuales de incentivos pueden fomentar pautas de producción y consumo con un elevado coeficiente de recursos, con el consiguiente aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en todos los sectores (por ejemplo, el transporte y la vivienda). A más corto plazo, existen oportunidades para influir en los comportamientos de los individuos y las organizaciones a través de innovaciones sociales. A más largo plazo, dichas innovaciones, en combinación con el cambio tecnológico, pueden mejorar aún más el potencial socioeconómico, sobre todo si las preferencias y las normas culturales se desplazan hacia comportamientos que precisan menores emisiones y fomenten el desarrollo sostenible. Estas innovaciones a menudo tropiezan con cierta resistencia, lo que se puede resolver fomentando una mayor participación del público en la adopción de decisiones. Esto puede contribuir a nuevos enfoques de la sostenibilidad y la equidad.

GTIII TIE Secciones 1.4.3, 5.3.7, 10.3.2, & 10.3.4

#### Integración de las perspectivas a corto y largo plazo

**7.30 La adopción de decisiones sobre el cambio climático es un proceso secuencial que se desarrolla en condiciones de incertidumbre. En cualquier momento la adopción de decisiones conlleva ponderar los riesgos de tomar medidas insuficientes o excesivas.**

## Carbono en reservas y recursos de combustibles fósiles, comparado con las emisiones históricas de carbono de combustibles fósiles, y con las emisiones acumuladas de carbono, sobre la base de una gama de escenarios del IEEE y de escenarios de estabilización del TIE hasta el año 2100



**Figura 7-5:** El carbono contenido en las reservas y recursos de petróleo, gas y carbón se compara con las emisiones históricas de carbono de combustibles fósiles durante el período 1860–1998, y con las emisiones acumuladas de carbono de una gama de escenarios del IEEE y escenarios de estabilización TIE hasta el año 2100. En las columnas de la izquierda se muestran los datos para las reservas y recursos actuales. El gas y el petróleo no convencionales incluyen arenas asfálticas, esquistos de petróleo, otros aceites pesados, metano en lechos de carbón, gas geopresurizado, gas en acuíferos, etc. No se muestran los hidratos de gas (clatratos) que ascienden a una cantidad estimada de 2.000 Gt C. Las columnas del escenario muestran los escenarios de referencia del IEEE y los escenarios que llevan a una estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> a una gama de niveles. Conviene observar que si para el año 2100 las emisiones acumuladas asociadas con los escenarios del IEEE son iguales o menores a las de los escenarios de estabilización, ello no implica que estos escenarios lleven igualmente a la estabilización.

**7.31 El desarrollo de una estrategia prudente de gestión del riesgo incluye considerar cuidadosamente las consecuencias (ambientales y económicas), su probabilidad, y la actitud de la sociedad hacia el riesgo.** Es probable que esto último varíe de un país a otro, e incluso de una generación a otra. Por lo tanto, este informe confirma las conclusiones del SIE sobre la gran conveniencia de obtener la mejor información posible sobre los procesos e impactos del cambio climático y las reacciones de la sociedad. Las decisiones sobre las políticas climáticas a corto plazo se están adoptando en estos momentos, mientras que aún se debaten los objetivos para la estabilización de las concentraciones. La bibliografía sobre el tema propone una solución paso a paso, con el objeto de estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Esto también incluye ponderar los riesgos de medidas insuficientes o excesivas. Lo que interesa no es ‘¿cuál es la mejor vía para seguir durante los próximos 100 años?’, sino ‘¿cuál es la mejor vía a corto plazo, dado el cambio climático esperado a largo plazo y las incertidumbres que lo acompañan?’.

→ TIE GTIII Sección 3.8.1

**7.32 La estabilización de las concentraciones atmosféricas dependería de reducciones de emisiones que se hagan más allá de lo acordado en virtud del Protocolo de Kyoto.** La mayoría de los análisis basados en escenarios que se han llevado a cabo después

→ GTIII TIE Sección 10.4.3

→ GTIII TIE Secciones 2.5.2 & 8.4

del IEEE sugieren que, para lograr una estabilización a 450 ppmv, se necesitarían reducciones de emisiones en los Países del Anexo I, durante el período 2008–2012, mucho mayores que los compromisos asumidos en virtud del Protocolo de Kyoto. Dichos análisis también sugieren que el cumplimiento del conjunto de los compromisos asumidos en Kyoto puede ser coherente con las trayectorias para lograr una estabilización a 550 ppmv o incluso más. Otros análisis sugieren una desviación más gradual de las cantidades de referencia de emisiones, incluso para conseguir una estabilización a 450 ppmv, seguida de reducciones mayores en ejercicios presupuestarios siguientes. La trayectoria se ve influenciada por la representación de la inercia en el escenario escogido y las expectativas sobre cómo establecer un nexo entre las reducciones iniciales de los Países del Anexo I y la fuerza y el alcance de la limitación de las emisiones en los períodos siguientes.

### 7.33 La mitigación del cambio climático plantea consideraciones sobre equidad interregional e intertemporal.

7.34 **Las diferencias de recursos tecnológicos, naturales y financieros, entre y dentro de las naciones y regiones, así como entre generaciones, además de las diferencias en costos de mitigación, son a menudo consideraciones clave en el análisis de las opciones de mitigación del cambio climático.** En una gran parte del debate sobre la diferenciación futura de las contribuciones de los países a la mitigación y las cuestiones de equidad asociadas también se tienen en cuenta estas circunstancias.<sup>22</sup> El problema del cambio climático plantea una importante cuestión de equidad, concretamente, hasta qué punto los impactos de las políticas sobre cambio climático o mitigación puedan mejorar o agravar las desigualdades, tanto dentro como entre las naciones y regiones, y entre las generaciones. Entre las conclusiones relativas a estos diferentes aspectos de la equidad figuran:

- *Equidad dentro de las naciones: La mayoría de los estudios muestran que los efectos distributivos de un impuesto sobre carbono son regresivos, a menos que los ingresos fiscales se utilicen directa o indirectamente en favor de los grupos con ingresos más bajos. Este aspecto regresivo se puede compensar de forma total o parcial por una política de reciclado de ingresos.*
- *Equidad entre naciones y regiones: Los escenarios de estabilización de gases de efecto invernadero evaluados en este informe suponen que los países desarrollados y los que tienen economías en transición sean los primeros en limitar y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.*<sup>23</sup> Otro aspecto de la equidad entre naciones y regiones es que la mitigación del cambio climático puede compensar la exacerbación de las desigualdades por los impactos del cambio climático (véase la Pregunta 6).
- *Equidad entre generaciones: La estabilización de las concentraciones depende más de las emisiones acumuladas que de las anuales; las reducciones de emisiones en una generación atenuarán la necesidad de reducirlas en generaciones futuras.*<sup>24</sup> Se puede fomentar la equidad intergeneracional reduciendo los impactos del cambio climático mediante a la mitigación de ese cambio en cualquier generación, ya que no sólo se reducirían los impactos—que, según las proyecciones, afectarían sobre todo a las personas con menos recursos—sino también el grado de cambio climático al que deberán adaptarse las generaciones futuras (véase la Pregunta 6).



GTIII TIE Secciones 1.3, 2.5.2, 8.2.2, 10.2, & 10.4.5

<sup>22</sup> Los enfoques sobre equidad se han clasificado en una serie de categorías que incluyen las basadas en reparto, resultado, proceso, derechos, responsabilidad, pobreza y oportunidad. Estas categorías reflejan las expectativas diversas de justicia utilizadas para juzgar los procesos políticos y los resultados correspondientes.

<sup>23</sup> Las emisiones de todas las regiones se separan de las cantidades base en algún momento. Las emisiones mundiales se separan antes y más cuando más bajos sean los niveles de estabilización o mayores sean los escenarios subyacentes. Dichos escenarios son inciertos, y no proporcionan información sobre implicaciones y equidad ni sobre cómo se deben lograr dichos cambios y quién debe correr con los costos incurridos.

<sup>24</sup> Véase lo indicado anteriormente en otros aspectos sobre la oportunidad de la aplicación de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero.

# P8

## **Pregunta 8**

¿Qué se sabe sobre las interacciones entre los cambios climáticos proyectados inducidos por el hombre y otros problemas ambientales (como la contaminación del aire en las ciudades, el depósito de ácidos en algunas zonas, la pérdida de diversidad biológica, el agotamiento del ozono estratosférico, y la desertificación y degradación de las tierras)? ¿Qué se sabe sobre los costos y beneficios ambientales, sociales y económicos, así como sobre las implicaciones de estas interacciones para integrar las estrategias de respuesta al cambio climático de manera equitativa en las estrategias más generales de desarrollo sostenible a nivel mundial, regional y local?

8.1 La respuesta a esta pregunta tiene en cuenta dos aspectos principales. El primero es que los impactos de la actividad humana en el medio ambiente se manifiestan en varios problemas, muchos de los cuales están generados por factores comunes asociados con la satisfacción de las necesidades humanas. El segundo aspecto es que muchos de estos problemas—sus causas e impactos—están interrelacionados desde el punto de vista biogeofísico y socioeconómico. Esta respuesta, centrada principalmente en el cambio climático, evalúa el conocimiento actual de las interrelaciones entre las causas y los impactos de los principales problemas ambientales en la actualidad. A esto se añade un resumen sobre las políticas que se han desarrollado para abordar estos problemas, la mayoría de las cuales hasta la fecha se han diseñado y aplicado por separado. En la respuesta se muestra cómo las decisiones asociadas con un problema pueden influir de manera positiva o negativa en otro. Una vez que se reconozcan estas relaciones mutuas, es posible llevar a cabo unos estudios eficientes e integrados.

## 8.2 Los problemas ambientales locales, regionales y mundiales se combinan a menudo de forma que afectan la satisfacción sostenible de las necesidades humanas.

8.3 **La satisfacción de las necesidades humanas está degradando el medio ambiente de muchas maneras, y la degradación ambiental obstaculiza la satisfacción de las necesidades humanas.** La sociedad tiene una serie de vías socioeconómicas para el desarrollo; sin embargo, estas vías sólo serán sostenibles si tienen en cuenta debidamente el medio ambiente. La degradación ambiental es ya evidente a escala local, regional y mundial, en la contaminación del aire, la escasez de agua dulce, la deforestación, la desertificación, los depósitos ácidos, la pérdida de diversidad biológica y cambios a nivel genético y de especies, la degradación de las tierras, el agotamiento del ozono estratosférico y el cambio climático. Muy frecuentemente, la satisfacción de las necesidades humanas causa o agrava varios problemas ambientales, lo que puede aumentar la vulnerabilidad frente a los cambios climáticos. Por ejemplo, para favorecer una mayor producción agrícola, existe un creciente uso de fertilizantes nitrogenados, de riegos y transformación de praderas y bosques en terrenos de cultivo. Estas actividades agrícolas pueden afectar al clima del planeta debido a la emisión de gases de efecto invernadero, la degradación de la tierra por la erosión y salinización, y la reducción de la diversidad biológica. A su vez, un cambio ambiental puede afectar la satisfacción de las necesidades humanas. Por ejemplo, la productividad agrícola puede verse afectada adversamente por los cambios en la magnitud y pautas de las precipitaciones, y la salud humana en un entorno urbano puede verse afectada por olas de calor.



GTI TIE Secciones 3.4, 4.1, & 5.2, GTII TIE Secciones 4.1 & 5.1–2, & GTIII TIE Secciones 3.6 & 4.2

8.4 **De la misma manera en que los diferentes problemas ambientales son causados a menudo por las mismas fuerzas impulsoras subyacentes (crecimiento económico, cambios tecnológicos generales, modificaciones de estilos de vida, cambios demográficos—tamaño de la población, estructura de edad y migraciones—y estructuras y formas de gobierno), hay obstáculos comunes que inhiben soluciones para una serie de problemas ambientales y socioeconómicos.** Los enfoques para mejorar los problemas ambientales se pueden ver obstaculizados por muchos de los mismos problemas, entre los que figuran:

- El aumento de la demanda de recursos naturales y energía
- Imperfecciones en el mercado, incluidas las subvenciones que conducen a un uso ineficiente de recursos y obstaculizan la penetración en el mercado de tecnologías ambientales racionales; la falta de reconocimiento del valor real de los recursos naturales; la falta de identificación con el valor mundial de los recursos naturales en el plano local; y la no internalización de los costos de la degradación ambiental en el precio de mercado de un recurso
- La escasa disponibilidad y transferencia de tecnología, un uso ineficiente de las tecnologías y una inversión insuficiente en la investigación y el desarrollo de tecnologías futuras
- La falta de una gestión adecuada del uso de los recursos naturales y la energía.



GTIII TIE Capítulo 5, IEEE Capítulo 3, & IECMTT RT 1.5

8.5 **Varios problemas ambientales que se han percibido tradicionalmente como independientes están vinculados con el cambio climático, a través de procesos biogeoquímicos y socioeconómicos comunes.**

8.6 La Figura 8–1 muestra cómo el cambio climático se encuentra interrelacionado con otros problemas ambientales.

Contaminación de la atmósfera en la superficie por el ozono y cambio climático

8.7 **La contaminación de la atmósfera en la superficie por el ozono y las emisiones que la impulsan son contribuyentes de forma decisiva al cambio climático mundial.**

Los mismos contaminantes que generan la contaminación por ozono en la superficie (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, y compuestos orgánicos volátiles) también contribuyen al aumento del ozono troposférico mundial, y representan el tercer factor más importante de los forzamientos radiativos, después del CO<sub>2</sub> y del CH<sub>4</sub> (véase la Figura 2–2). En



GTI TIE Secciones 4.2.3–4

### Vínculos entre el cambio climático y otros problemas ambientales



Figura 8–1: El clima se controla por procesos y ciclos geoquímicos que son el producto de la interacción entre los componentes ambientales que intervienen, tal como se ven afectados por la actividad humana. El esquema muestra alguno de estos problemas. En aras de la sencillez, las flechas en ambos sentidos trazadas entre los problemas representan algunos de los vínculos de que se trata. Por ejemplo, los procesos ecológicos y biológicos tienen un papel importante en la modulación del clima terrestre a escala regional y mundial, al controlar las cantidades de vapor de agua y de otros gases de efecto invernadero que penetran la atmósfera o salen de ella. Los cambios en el clima afectan a las fronteras, composición y funcionamiento de sistemas ecológicos, como los bosques, y los cambios en la estructura y funcionamiento de los bosques afectan al sistema climático del planeta a través de los cambios en los ciclos biogeoquímicos, sobre todo en los ciclos del carbono, del nitrógeno y del agua. Existen otros vínculos—por ejemplo la conexión entre la calidad de la atmósfera y la silvicultura, ya sea directamente o mediante la precipitación ácida, que no se incluyen por razones de simplicidad.

algunas regiones las emisiones de sustancias precursoras del ozono se controlan por medio de tratados ambientales regionales (véase el Cuadro 8–3) y otras normas.

- 8.8 **Los cambios climáticos mundiales y el aumento de los niveles troposféricos del ozono pueden agravar los problemas de contaminación de la atmósfera en las ciudades.** Las proyecciones basadas en algunos escenarios del IEEE muestran aumentos en el ozono troposférico en más de 40 ppb en la mayor parte de las latitudes medias del Hemisferio Norte. Dichos aumentos podrían representar aproximadamente el doble de los niveles de referencia de ozono que penetran en muchas zonas metropolitanas, degradando enormemente la calidad del aire. El cambio climático afectaría las condiciones meteorológicas (temperatura regional, capas de nubes, y viento en la superficie) que influyen en la fotoquímica, y la producción de episodios de gran contaminación. Si bien las temperaturas más cálidas contribuirían en general a un aumento del ozono urbano, no se ha evaluado el cambio en la frecuencia e intensidad de los episodios de contaminación. Los efectos adversos en la salud atribuibles a la calidad del aire en las ciudades se podrían exacerbar por un incremento en las olas de calor que podrían acompañar al cambio climático antropogénico.



GTI TIE Secciones 4.4.4 & 4.5–6, & GTII TIE Secciones 7.2.2.3 & 9.6

### Depósitos ácidos y cambio climático

- 8.9 **Los aerosoles de sulfato formados por las emisiones de azufre a partir de combustibles fósiles producen depósitos ácidos y un enfriamiento del sistema climático.** Los depósitos ácidos tienen efectos adversos en los ecosistemas terrestres y acuáticos y causan daños a la salud humana, además de una gran cantidad de perjuicios materiales. Algunos de estos efectos se podrían ver aumentados por el cambio climático (por el aumento en humedad y temperatura). En muchos países se han adoptado medidas para reducir las emisiones de azufre, y en algunas zonas se han observado en los últimos años disminuciones en las deposiciones de sulfatos (véase el Cuadro 8–3). En los escenarios del IEEE, esta situación se ha reflejado en proyecciones sobre la abundancia futura de aerosoles de sulfato que son inferiores a las previsiones del SIE. A su vez, esto ha producido unas previsiones menores del forzamiento radiativo debido a sulfatos y, por lo tanto, un menor efecto de enfriamiento para compensar el calentamiento provocado por gases de efecto invernadero.



GTI TIE Secciones 5.2.2.6, 5.5.3, 6.7, & 6.15, GTII TIE Secciones 5.6, 5.7.2, & 15.2.4.2, & IEEE Sección 3.6.4

### Agotamiento del ozono estratosférico y cambio climático

- 8.10 **El agotamiento de la capa de ozono estratosférico produce una mayor penetración de la radiación UV-B y un enfriamiento del sistema climático.** El agotamiento del ozono permite una mayor penetración de radiaciones UV-B, con efectos perjudiciales sobre la salud animal y humana, las plantas, etc. Durante los últimos dos decenios, las pérdidas observadas de ozono estratosférico han reducido las emisiones infrarrojas descendentes desde la estratosfera inferior (ahora más fría) a la troposfera. El agotamiento del ozono estratosférico ha alterado también las concentraciones troposféricas de ozono y, al permitir una mayor penetración de luz solar ultravioleta en la troposfera, ha causado una destrucción fotoquímica de  $\text{CH}_4$  más rápida, reduciendo así los forzamientos radiativos. Estos efectos también producen un enfriamiento del sistema climático.



GTI TIE Secciones 4.2.2 & 6.4

- 8.11 **Muchos de los halocarbonos que causan el agotamiento de la capa de ozono son también importantes gases de efecto invernadero.** Los clorofluorocarbonos, por ejemplo, aportan una contribución importante a los forzamientos radiativos totales desde la época preindustrial. El forzamiento radiativo negativo proveniente del agotamiento del ozono estratosférico asociado (comentado anteriormente) reduce este efecto a la mitad. En el marco del Protocolo de Montreal se prevé eliminar estas dos contribuciones a los forzamientos radiativos. Sin embargo, un sustituto de los clorofluorocarbonos, ahora prohibidos, son los hidrofluorocarbonos, que se encuentran entre los gases de efecto invernadero incluidos en la lista del Protocolo de Kyoto. Esta coincidencia puede dar lugar a un conflicto entre las metas de los dos Protocolos.



GTI TIE Secciones 4.2.2 & 6.3.3

- 8.12 **El cambio climático ha de alterar las pautas de temperatura y vientos de la estratosfera, aumentando posiblemente el agotamiento del ozono estratosférico debido a los clorofluorocarbonos en los próximos 50 años.** El aumento de los gases de efecto invernadero ha de producir un enfriamiento de la estratosfera, lo que altera la química estratosférica. Algunos estudios predicen que, debido a los niveles actuales de cambio atmosférico, se ha de observar un mayor agotamiento de la capa de ozono estratosférica en el Ártico durante el próximo decenio, antes de que las concentraciones de clorofluorocarbonos hayan disminuido en gran medida. Aunque se han identificado muchas reacciones mutuas entre el clima y la capa de ozono, en esta evaluación no se ha llegado a consenso de tipo cuantitativo.

→ GTI TIE Secciones 4.5, 6.4, & 7.2.4.2

### Diversidad biológica, agricultura y silvicultura, y cambio climático

- 8.13 **Los cambios en los ecosistemas terrestres y marinos están muy vinculados a los cambios en el clima y viceversa.** Los cambios en el clima y en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> causan daños en la diversidad biológica y en la función de algunos ecosistemas. A su vez, los cambios en los ecosistemas influyen en el intercambio de gases de efecto invernadero (como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O) y de agua y energía entre la tierra y la atmósfera, y modifican el albedo de la superficie. Por lo tanto, para evaluar el estado futuro de la atmósfera, de los sistemas naturales y de su diversidad biológica, se necesitan conocer estos efectos y reacciones combinadas.

→ GTI TIE Sección 4.5.3

- 8.14 **Las variaciones climáticas naturales han mostrado los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas naturales y gestionados.** Los efectos de las inundaciones, sequías y olas de calor están grabados en la historia de la humanidad. Además, los fenómenos de calentamiento asociados con El Niño muestran que los cambios en las pautas climáticas afectan adversamente a los peces, los mamíferos marinos y la diversidad biológica oceánica y costera. Los ecosistemas costeros—como los arrecifes de coral, las marismas de agua salada, y los bosques de manglares—se ven afectados por la elevación del nivel del mar, las crecientes temperaturas oceánicas, las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>, y los cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas. El Cuadro 8–1 resume las principales consecuencias del cambio climático para los ecosistemas naturales a escala regional.

→ GTII TIE Capítulos 5 & 6

- 8.15 **El cambio climático es uno de las muchas tensiones que afectan a los ecosistemas gestionados y no gestionados.** El cambio en el uso de las tierras, la demanda de recursos, el depósito de nutrientes y contaminantes, la recogida de cosechas, el pastoreo, la fragmentación y pérdida del hábitat, y las especies invasoras son los principales factores de tensión en los ecosistemas. Pueden provocar la extinción de las especies, dando como resultado pérdidas de la diversidad biológica. Por lo tanto, el cambio climático constituye un problema adicional, que podría alterar o poner en peligro los ecosistemas y los muchos servicios que proporcionan. Por ello, el impacto del cambio climático ha de verse influenciado por la gestión de los recursos naturales, la adaptación y la interacción con otras presiones. La Figura 8–2 ilustra de qué manera el cambio climático interactúa con otros factores en la oferta y demanda de alimentos.

→ GTII TIE Capítulos 5 & 6, & GTIII TIE Secciones 4.1–2

- 8.16 **El cambio climático puede influir en la distribución y migración de especies en los ecosistemas no gestionados.** Las poblaciones de muchas especies ya están amenazadas de extinción y se prevé que estén expuestas a un mayor riesgo debido a problemas asociados con el cambio climático, que han de convertir partes de su hábitat natural actual en lugares poco adaptados a su supervivencia. Las simulaciones de distribución de la vegetación efectuadas desde el SIE sugieren que es poco probable que ocurra un movimiento masivo de ecosistemas o de biomasa porque las diferentes especies tienen diferentes tolerancias climáticas y diferentes capacidades de migración, y se ven afectadas diferentemente por la llegada de nuevas especies. Por último, en el mismo sentido, el cambio climático puede fomentar la propagación de plagas y enfermedades, afectando por lo tanto a los ecosistemas naturales, los cultivos y el ganado (por ejemplo, los cambios en los

→ GTII TIE Capítulo 5

Cuadro 8-1	Ejemplos de las consecuencias regionales observadas y proyectadas del cambio climático para los ecosistemas, la diversidad biológica y el suministro de alimentos.	
Region	Impactos	Sección de referencias en TIE GTII
África	Las pérdidas irreversibles de diversidad biológica pueden acelerarse con el cambio climático. Se proyectan una extinción importante de especies animales y vegetales, que podrían afectar los medios de subsistencia rurales, el turismo y los recursos genéticos ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.1.3 y Sección 10.2.3.2
Asia	La disminución de la productividad agrícola y acuicultura debido a problemas térmicos y de agua, elevación del nivel del mar, inundaciones y sequías, y los ciclones tropicales podría reducir la seguridad alimentaria en muchos países asiáticos áridos, tropicales y templados; la agricultura se ampliaría e incrementaría su productividad en regiones del Norte ( <i>confianza media</i> ). El cambio climático agravaría las amenazas a la diversidad biológica debido al cambio del uso de la tierra y de la cubierta de las tierras, y la presión demográfica ( <i>confianza media</i> ). La elevación del nivel del mar podría crear riesgos en la seguridad ecológica, incluyendo los manglares y arrecifes de coral ( <i>confianza alta</i> ).	RT 5.2.1-2 y Secciones 11.2.1-2
Australia y Nueva Zelандia	Un calentamiento de 1°C podría poner en peligro la supervivencia de especies que en estos momentos se encuentran en el límite superior de su gama de temperaturas, sobre todo en las regiones marginales alpinas. Algunas especies con espacios climáticos limitados que no pueden migrar debido a la fragmentación del entorno, las diferencias del suelo o la topografía, podrían verse en peligro o incluso extinguirse ( <i>confianza alta</i> ). Los ecosistemas australianos que son particularmente vulnerables al cambio climático incluyen los arrecifes de coral, los hábitat áridos y semiáridos del suroeste y del interior de Australia, y los sistemas alpinos australianos. Los humedales de agua dulce en las zonas costeras de Australia y Nueva Zelanda son también vulnerables, y algunos ecosistemas de Nueva Zelanda son vulnerables a una invasión acelerada de malezas.	RT 5.3.2 y Secciones 12.4.2, 12.4.4-5, y 12.4.7
Europa	Los sistemas naturales han de cambiar debido a un aumento de temperatura y de la concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> . La diversidad en las reservas naturales está expuesta a un cambio rápido. La pérdida de hábitat importantes (humedales, tundra, y hábitat aislados) podrían poner en peligro a algunas especies, incluyendo algunas especies amenazadas y aves migratorias raras/endémicas. Han de existir algunos efectos en general positivos sobre la agricultura en Europa septentrional ( <i>confianza media</i> ); la productividad ha de descender en Europa meridional y oriental ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.4.2-3 y Secciones 13.2.1.4, 13.2.2.1, 13.2.2.3-5, y 13.2.3.1
América Latina	Está bien establecido que América Latina cuenta con una de las mayores concentraciones de diversidad biológica, y puede preverse que los efectos del cambio climático aumenten los riesgos de pérdida de diversidad biológica ( <i>confianza alta</i> ). Se proyecta que la producción de importantes cultivos disminuya en muchos lugares, aun si se tienen en cuenta los efectos del CO <sub>2</sub> ; los cultivos de subsistencia en algunas regiones se podrían ver amenazados ( <i>confianza alta</i> ).	RT 5.5.2 y 5.5.4, y Secciones 14.2.1-2
América del Norte	Existen pruebas concluyentes de que el cambio climático puede producir la pérdida de tipos específicos de ecosistemas, por ejemplo las altas zonas alpinas y ciertos humedales (marismas saladas y "baches" en los humedales en las praderas del interior) ( <i>confianza alta</i> ). Un ligero calentamiento acompañado de un aumento de CO <sub>2</sub> , podría beneficiar a algunos cultivos, pero los efectos pueden variar entre cosechas y regiones ( <i>confianza alta</i> ), lo que incluye una disminución debido a sequías en algunas zonas de las Praderas del Canadá y de las Grandes Planicies de estados Unidos, un aumento potencial de la producción de alimentos en zonas de Canadá situadas al Norte de las zonas actuales de producción, y un aumento de la productividad de bosques mixtos en zonas cálidas y templadas ( <i>confianza media</i> ). Sin embargo, con un calentamiento mayor los beneficios para los cultivos podrían disminuir a una velocidad cada vez mayor, convirtiéndose posiblemente en una pérdida neta ( <i>confianza media</i> ). Algunos ecosistemas naturales únicos tales como los humedales en praderas, la tundra alpina, y los ecosistemas de aguas frías estarán sujetos a riesgo, y una adaptación eficaz es improbable ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.6.4-5 y Secciones 15.2.2-3
Ártico	El Ártico es muy vulnerable al cambio climático, y se proyecta que aparezcan rápidamente importantes efectos físicos, ecológicos y económicos.	RT 5.7 y Secciones 16.2.7-8
Antártico	En el Antártico, el cambio climático proyectado ha de generar impactos que se percibirán muy lentamente ( <i>confianza alta</i> ).	RT 5.7 y Secciones 16.2.3 y 16.2.4.2
Islas pequeñas	Las temperaturas más cálidas y la reducción de la extensión del hielo llevarán probablemente a cambios a largo plazo en la oceanografía física y la ecología del Océano Austral, con una intensificación de la actividad biológica y un aumento del nivel de crecimiento de los peces. Los cambios climáticos futuros proyectados y la elevación del nivel del mar han de afectar a los cambios en la composición y competencia de las especies. Se estima que una de cada tres (30 por ciento) de las plantas amenazadas conocidas son endémicas de las islas, mientras que un 23 por ciento de las especies de aves se encuentran amenazadas. Los arrecifes de coral, manglares, y bancos de algas que a menudo dependen de condiciones ambientales estables se han de ver afectadas adversamente por un aumento de las temperaturas de la atmósfera y del mar y una elevación del nivel del mar ( <i>confianza media</i> ). La degradación de los ecosistemas costeros podría afectar negativamente a los peces de arrecifes y perjudicar las pesquerías de arrecifes ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.8 y Secciones 17.2.4-5 y 17.2.8.2

## El cambio climático y los alimentos



**Figura 8–2:** Esta figura muestra los vínculos entre el cambio climático y otros factores ambientales en la demanda y oferta de alimentos. La creciente demanda de alimentos para una población mundial cada vez mayor exige un aumento de la producción de dichos alimentos. Esto, a su vez, tiene una serie de consecuencias en el uso de las tierras, como la conversión de terrenos vírgenes en terrenos de cultivo (extensificación), y el empleo de fertilizantes químicos y/o el uso de riegos para aumentar la producción (intensificación) o para permitir el cultivo en terrenos que no se destinarían a otros usos. La ampliación de las tierras cultivables produce una pérdida de diversidad biológica, ya que los ecosistemas se convierten en tierras que sólo producen unas pocas especies (normalmente exóticas). La conversión de bosques en tierras agrícolas tiene como consecuencia una pérdida neta de carbono en la atmósfera, en la medida en que los bosques se transforman en terrenos de cultivo o de pastoreo. Esta tala de bosques también hace aumentar la probabilidad de inundaciones, ya que los sistemas agrícolas retienen menos las precipitaciones que los bosques. La intensificación de la producción de cultivos puede incluir una serie de tratamientos químicos, la mayoría de ellos con fertilizantes de nitrógeno que tienen el efecto secundario de liberar a la atmósfera compuestos de gases nitrogenados (algunos de los cuales son fuertes gases de efecto invernadero) y verter residuos líquidos nitrogenados en cuencas hidrológicas, con muchas consecuencias para la salud y el medio ambiente. La expansión de los riegos afecta al suministro de agua dulce para otros usos, lo que produce restricciones y conflictos sobre los derechos del uso de las aguas. La satisfacción de los requisitos para el aumento de la producción agrícola tiene un potencial de incremento de los niveles mundiales de pérdida de diversidad biológica, cambio climático, y desertificación. Existen interrelaciones, sobre todo con el agua, que subyacen en todas estas cuestiones, pero que no se muestran en esta figura en aras de la sencillez.

valores de umbral de la temperatura y la humedad permiten que las plagas y enfermedades se desplacen a nuevas zonas).

- 8.17 La capacidad de almacenamiento de carbono de los ecosistemas gestionados y no gestionados, sobre todo los bosques, tiene influencia en los impactos y reacciones ante el cambio climático.** Por ejemplo, los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un importante potencial para la mitigación de carbono. Aunque no es necesariamente de carácter permanente, la conservación y secuestro de carbono pueden dar tiempo para desarrollar y aplicar otras opciones. La degradación del ecosistema terrestre se puede ver agravada por el cambio climático, lo que afectaría al almacenamiento de carbono, además de aumentar los problemas resultantes de las prácticas actuales de deforestación. También conviene observar que, si no se aplican prácticas de gestión apropiadas, las emisiones futuras de CO<sub>2</sub> podrían ser mayores. Por ejemplo, el abandono de la gestión de incendios forestales o la sustitución de la siembra directa por



<b>Cuadro 8-2</b> Ejemplos de impactos regionales del cambio climático en recursos hídricos, degradación de la tierra y desertificación.		
<b>Región</b>	<b>Proyecciones</b>	<b>Sección de Referencia en TIE GTII</b>
África	Los cambios en las precipitaciones y la intensificación del uso de las tierras podrían agravar los procesos de desertificación. La desertificación se podría exacerbar por la reducción en las precipitaciones medias anuales, la escorrentía y la humedad del suelo en países del Sahel del África occidental, y en África del Norte y meridional ( <i>confianza media</i> ). El aumento de las sequías y otros fenómenos extremos podrían agravar los problemas asociados con los recursos hídricos, la seguridad alimentaria y la salud humana, y podrían limitar el desarrollo en la región ( <i>confianza alta</i> ).	RT 5.1.6, Capítulo 10 RE, Secciones 10.2.1 y 10.2.6, y Cuadro RRP-2
Asia	La escasez de agua-que es ya un factor de limitación para los ecosistemas, la producción de alimentos y de fibras, los asentamientos humanos y la salud humana-se puede ver agravada por el cambio climático. La escorrentía y la disponibilidad de agua podrían disminuir en zonas áridas y semiáridas de Asia, pero aumentar en el Norte de Asia ( <i>confianza media</i> ). La reducción de la humedad del suelo en verano podría agravar la degradación de las tierras y la desertificación en regiones áridas y semiáridas.	RT 5.2.3 y Secciones 11.1.1 y 11.2.3
Australia y Nueva Zelanda	La variabilidad interanual debida al ENOM producirá fuertes inundaciones y sequías en Australia y Nueva Zelanda. Se proyecta que dichas variaciones continúen en condiciones de mayores concentraciones de gases de efecto invernadero, aunque posiblemente con unos mayores extremos hidrológicos. El agua es probablemente un problema clave ( <i>confianza alta</i> ) debido a la tendencia hacia un clima seco en la mayor parte de la región y un cambio hacia un estado de fenómenos parecidos a los de El Niño. La calidad del agua se vería también afectada, y la mayor intensidad de las precipitaciones incrementaría la escorrentía rápida, la erosión del suelo y las cargas de sedimentos. La eutrofización es uno de los principales problemas para la calidad del agua en Australia.	RT 5.3 y Secciones 12.1.5.3 y 12.3
Europa	La escorrentía, la disponibilidad de agua y la humedad del suelo en verano han de disminuir en el Europa meridional, lo que subrayaría las diferencias entre el Norte y el Sur ( <i>confianza alta</i> ). Los peligros de inundaciones se han de agravar en la mayor parte de Europa ( <i>confianza entre media y alta</i> ); el riesgo sería importante en las zonas costeras, en que las inundaciones aumentarán la erosión y provocarán una pérdida de humedales. La mitad de los glaciares alpinos y grandes zonas de permafrost podrían desaparecer para finales del siglo XXI ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.4.1, Capítulo 13 RE, y Sección 13.2.1
América Latina	Algunos estudios basados en simulaciones sugieren que, debido al cambio climático, el ciclo hidrológico podría intensificarse, con cambios en la distribución de precipitaciones intensas, períodos húmedos, y períodos secos. Las sequías frecuentes y graves experimentadas en México durante el último decenio siguen algunas de las conclusiones de estas simulaciones. El Niño se encuentra relacionado con las condiciones secas del Nordeste de Brasil, Norte de Amazonas y el altiplano de Perú-Bolivia. El Sur de Brasil y el Noroeste de Perú han mostrado unas condiciones húmedas anómalas durante estos períodos.	RT 5.5.1, Capítulo 14 RE, y Sección 14.2.4
América del Norte	La pérdida y retirada de los glaciares podría tener un efecto adverso en la escorrentía y el suministro de agua en zonas en que la fusión de la nieve representa un recurso hídrico importante ( <i>confianza alta</i> ). Las cuencas dependientes de la fusión de las nieves en el Oeste de América del Norte han de experimentar una anticipación de los caudales máximos primaveriles ( <i>confianza alta</i> ) y una reducción del caudal estival ( <i>confianza media</i> ); las respuestas de adaptación pueden compensar algunos, pero no todos los impactos sobre los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos ( <i>confianza media</i> ).	RT 5.6.2, Sección 15.2.1, y Cuadro RRP-2
Islas pequeñas	Las islas con un abastecimiento muy limitado de agua son muy vulnerables a los impactos del cambio climático sobre el equilibrio acuático ( <i>confianza alta</i> ).	RT 5.8.4, Sección 17.2.6, y Cuadro RRP-2

cultivos intensivos agrícolas puede dar como resultado una pérdida rápida, por lo menos, de una parte del carbono acumulado.

## Degradación y desertificación de las tierras y el cambio climático

- 8.18 **Los niveles proyectados de cambio climático podrían agravar la continua degradación y desertificación de las tierras que ha tenido lugar en muchas zonas en los últimos siglos.** La transformación del uso de las tierras y el uso intensivo de las tierras, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas del planeta, han producido una disminución de la fertilidad del suelo y un aumento de la degradación y desertificación de dichas tierras. Los cambios han sido lo suficientemente grandes como para ser visibles desde satélites espaciales. La degradación de las tierras ha afectado ya a más de 900 millones de personas en 100 países, y a una cuarta parte de los suelos del mundo, la mayoría de ellos en países en desarrollo. Las pérdidas anuales registradas de millones de hectáreas socavan considerablemente las economías y crean algunas situaciones irreversibles. Las proyecciones del TIE basadas en los escenarios del IEEE indican un aumento de las sequías, una mayor intensidad de las precipitaciones, unas pautas de precipitación más irregulares y unas sequías tropicales más frecuentes en verano en las zonas interiores continentales a latitudes medias. Los sistemas que probablemente han de recibir los impactos son las praderas y los que sufren escasez de agua y problemas de hundimiento (véase el Cuadro 8–2).



GTI TIE Secciones 2.7.3.3,  
9.3, & 10.3, GTII TIE  
Sección 5.5, & GTII TIE  
Cuadro RRP-1

- 8.19 **Los tres tipos de problemas relacionados con el agua dulce—la escasez, la sobreabundancia y la suciedad—pueden verse agravados por el cambio climático.** El agua dulce es esencial para la salud humana, la producción de alimentos y el saneamiento, así como para usos en la fabricación y otros sectores industriales y en los ecosistemas que sostienen la vida. Existen varios indicadores de los problemas que están afectando los recursos hídricos. Cuando el consumo representa más del 20 por ciento de los recursos renovables totales, el problema del agua es a menudo un factor que frena el desarrollo. Si se consume un 40 por ciento o más, el problema es grave. Análogamente, el problema del agua puede ser acuciante si un país o región tiene menos de  $1.700 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  de agua per cápita. En el año 1990, aproximadamente un tercio de la población mundial vivía en países que consumían más del 20 por ciento de sus recursos hídricos, y para el año 2025, cerca del 60 por ciento del total, que sería superior, podría estar residiendo en países sujetos a estas condiciones de tensión, sólo debido al crecimiento demográfico. Las mayores temperaturas podrían agravar esos problemas. Sin embargo, las medidas de adaptación, a través de prácticas de gestión de los recursos hídricos, podrían reducir los impactos adversos. El cambio climático es sólo uno de los problemas que afectan los recursos hídricos en este mundo cada vez más poblado, pero está claro que es uno de los más importantes (véase el Cuadro 8–2). Las proyecciones del TIE basadas en los escenarios del IEEE de clima futuro indican una tendencia a crecientes riesgos de inundaciones y sequías en muchas zonas en la mayoría de escenarios. Se prevé una disminución de las reservas de agua en las zonas más cálidas del planeta como África meridional y los países alrededor del Mediterráneo. Debido a la elevación del nivel del mar, muchos sistemas costeros deberán hacer frente a la intrusión de agua salada en el agua dulce subterránea y la invasión de las aguas de mareas en los sistemas de estuarios y ríos, con los consiguientes efectos sobre la disponibilidad de agua dulce.



GTI TIE Secciones 4.1,  
4.4.3, 4.5.2, & 4.6.2

- 8.20 **Los encargados de la gestión del agua en algunos países están empezando a considerar de forma explícita el cambio climático, si bien aún no se han definido bien las metodologías para hacerlo.** Por su índole, la gestión del agua se basa en la reducir al mínimo los riesgos y adaptarse a la evolución de las circunstancias, y ahora también, del clima. Se ha observado una sustitución gradual de los enfoques ‘desde la perspectiva de la oferta’ (como el abastecimiento de agua para satisfacer la demanda, aumentando la capacidad de las reservas o las defensas estructurales frente a inundaciones) por enfoques



GTII TIE Sección 4.2.4

'desde la perspectiva de la demanda' (como el recorte adecuado de la demanda para ajustarse a la disponibilidad de agua, la utilización más eficaz del agua, y medios no estructurales de preparación frente a sequías e inundaciones).

**8.21 Las interacciones entre el cambio climático y otros problemas ambientales ofrecen oportunidades para captar sinergias en la elaboración de opciones de respuesta, el mejoramiento de los beneficios y la reducción de los costos (véase la Figura 1-1).**

**8.22 Si se aprovechan las sinergias, algunas medidas de mitigación de los gases de efecto invernadero pueden producir grandes beneficios secundarios para varios otros problemas ambientales, pero también puede haber efectos negativos.**

Entre los ejemplos se incluyen, entre otros, la reducción de los efectos ambientales negativos como la contaminación del aire y los depósitos ácidos; la protección de bosques, suelos y cuencas hidrológicas; la reducción de subvenciones e impuestos distorsionantes; y la inducción de un cambio y difusión tecnológicos más eficiente, lo que contribuirá al objetivo más amplio del desarrollo sostenible. Sin embargo, según cómo se aborde el cambio climático y otros problemas ambientales, y el grado en que se tomen en cuenta las cuestiones interrelacionadas, pueden surgir importantes efectos negativos y costos imprevistos. Por ejemplo, las opciones de política para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores de energía y el uso de las tierras, pueden tener efectos positivos y negativos sobre otros problemas ambientales:

- En el sector de la energía, se podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes a nivel local y regional, mediante un uso más eficiente y ambientalmente racional de la energía y de una mayor proporción de combustibles fósiles que emiten poco carbono, unas tecnologías avanzadas para el consumo de combustibles fósiles (por ejemplo, turbinas muy eficientes de ciclos de gases combinados, células energéticas y combinaciones de calor y electricidad), y tecnologías de energías renovables (por ejemplo, un mayor uso de biocombustibles ambientalmente racionales, energía hidroeléctrica y energía solar, marina y eólica). Un mayor empleo de la biomasa como sustituto de los combustibles fósiles podría tener efectos positivos o negativos sobre los suelos, la diversidad biológica y la disponibilidad del agua, según el tipo de uso de las tierras al que sustituya y del régimen de gestión.
- En el sector del uso de las tierras, la conservación de yacimientos biológicos de carbono no sólo impide que el carbono se emita a la atmósfera, sino que también puede tener un efecto favorable en la productividad de los suelos, prevenir la pérdida de diversidad biológica y reducir los problemas de contaminación del aire provenientes de la combustión de biomasa. El secuestro de carbono mediante la silvicultura de plantación puede favorecer los sumideros de carbono y proteger los suelos y las cuencas hidrológicas, pero si se desarrolla de manera impropia puede tener también efectos negativos sobre la diversidad biológica y la disponibilidad del agua. Por ejemplo, en algunas aplicaciones, las plantaciones en monocultivo podrían menoscabar la diversidad biológica local.

**8.23 A la inversa, al abordar problemas ambientales distintos al cambio climático, pueden surgir beneficios secundarios en el clima, pero los vínculos entre los diversos problemas también pueden producir efectos contraproducentes.**

Por ejemplo:

- Es probable que las políticas tendentes a reducir la contaminación de la atmósfera produzcan importantes beneficios en materia de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, el aumento de contaminación a menudo está asociado con un rápido crecimiento en todas las regiones del sector de los transportes, que suponen emisiones de partículas y precursores de la contaminación por el ozono. Si se abordan estas emisiones, para reducir los efectos sobre la salud humana, la agricultura y la silvicultura, mediante una creciente eficiencia energética o la introducción de energías no basadas en combustibles fósiles, se podrá también reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.



GTIII TIE Secciones 3.6.4,  
4.4, 8.2.4, & 9.2.2–5



GTIII TIE Secciones 2.4,  
9.2.8, & 10.3.2, & IEEE

- El control de las emisiones de azufre tiene efectos positivos sobre la salud humana y la vegetación, pero los aerosoles de sulfato contrarrestan parcialmente el efecto de calentamiento de los gases de efecto invernadero y, por lo tanto, el control de tales emisiones puede ampliar el posible cambio climático. Si las emisiones de azufre se controlan mediante la desulfurización de los gases de combustión en centrales eléctricas, se está desaprovechando la energía, además del aumento asociado de las emisiones de gases de efecto invernadero.

**8.24 La adopción de tecnologías y prácticas ambientalmente racionales ofrecen oportunidades especiales para un buen desarrollo económico, ambiental y social, a la vez que se evitan las actividades con un alto coeficiente de gases de efecto invernadero.** Por ejemplo, la aplicación, desde las perspectivas de la demanda y la oferta, de tecnologías eficientes desde el punto de vista energético, reducen simultáneamente varios efectos ambientales relacionados con la energía, y pueden disminuir la presión sobre las inversiones en energía y las inversiones públicas, mejorar la competitividad de las exportaciones, y aumentar las reservas de energía. La adopción de prácticas agrícolas más sostenibles (en África, por ejemplo) muestra los efectos mutuamente beneficiosos de la mitigación del cambio climático, la protección ambiental y los beneficios económicos a largo plazo. La introducción o expansión de la agrosilvicultura y de una agricultura con un uso equilibrado de fertilizantes puede mejorar la seguridad de los alimentos y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las pautas de desarrollo basadas en una mayor descentralización de las funciones hacia las ciudades pequeñas y medianas pueden contribuir a frenar la migración de la población rural a los centros urbanos, reducir las necesidades de transporte, y permitir el uso de tecnologías ambientalmente racionales (biocombustibles, energía solar y eólica, y energía hidroeléctrica a pequeña escala) cuando se exploten las grandes reservas de recursos naturales.



GTII TIE Sección 7.5.4 &  
GTIII TIE Sección 10.3.2

**8.25 La reducción de la vulnerabilidad al cambio climático puede a menudo reducir la vulnerabilidad a otros problemas ambientales y viceversa.** Como ejemplos pueden mencionarse:

- *Protección de ecosistemas amenazados:* La eliminación de las tensiones sociales y la gestión sostenible de recursos pueden ayudar a que sistemas únicos y amenazados puedan soportar los problemas adicionales impuestos por el cambio climático. Si se tienen en cuenta los cambios climáticos potenciales y se los integra en las necesidades socioeconómicas y planes de desarrollo, las medidas para la adaptación al cambio climático y las estrategias para la conservación de la diversidad biológica pueden ser más eficaces.
- *Gestión del uso de las tierras:* Si se aborda o evita la degradación de las tierras, también se disminuye la vulnerabilidad al cambio climático, especialmente cuando las estrategias de respuesta tienen en cuenta los factores sociales y económicos que definen las prácticas del uso de las tierras, junto con los riesgos adicionales impuestos por el cambio climático. En regiones en que la deforestación está avanzando y produciendo una pérdida de carbono y niveles máximos de escorrentía se puede ayudar a combatir la desertificación mediante el restablecimiento de la vegetación a través de la forestación (y cuando sea posible la reforestación) y la revegetación.
- *Gestión del agua dulce:* Los problemas de disponibilidad, sobreabundancia y contaminación del agua dulce, muchas veces causados por presiones demográficas y de desarrollo, pueden verse agravados por el cambio climático. La reducción de la vulnerabilidad frente a las tensiones relacionadas con el agua (por ejemplo, mediante la conservación del agua, la gestión de la demanda de agua, y un uso más eficiente) también reduce la vulnerabilidad frente a otros problemas ocasionados por el cambio climático.



GTII TIE Secciones 4.1-2  
& 7.5.4

**8.26 Los enfoques que explotan las sinergias entre las políticas ambientales y los principales objetivos socioeconómicos nacionales, como el crecimiento y la equidad, podrían ayudar a mitigar y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático, además de promover un desarrollo sostenible.** El desarrollo sostenible



GTIII TIE Secciones  
1.3.4, 2.2.3, & 10.3.2, &  
DES DR

está estrechamente vinculado con los componentes ambientales, sociales y económicos que definen el estado de cada comunidad. La Figura 8–3 ilustra los nexos entre esos componentes del desarrollo sostenible y muestra que cuestiones importantes como el cambio climático, la sostenibilidad, la pobreza y la equidad pueden estar relacionadas con cada uno de los tres componentes. Así como las políticas centradas en el clima pueden aportar beneficios secundarios que mejoran el bienestar, las políticas socioeconómicas no centradas en el clima también pueden producir beneficios climáticos. Si se aprovechan dichos beneficios secundarios, se puede reforzar el desarrollo sostenible. Existen interacciones complejas entre los problemas ambientales, sociales y económicos y, por lo tanto, ninguno de estos tres tipos de problemas se puede resolver por separado.

- 8.27 **Los países con recursos económicos limitados, niveles bajos de tecnología, sistemas de información mediocres, infraestructura insuficiente, instituciones débiles e inestables, una atribución de medios y de acceso poco equitativo a los recursos, son muy vulnerables, no sólo al cambio climático, sino también a otros problemas ambientales y, al mismo tiempo, tienen una capacidad limitada para adaptarse a la evolución de las circunstancias y/o mitigarlas.**

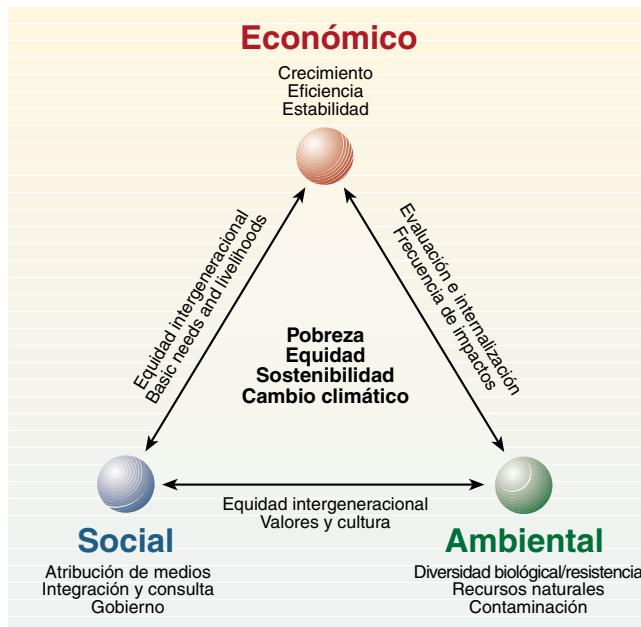
La capacidad de estos países para adaptarse y mitigar los cambios se puede mejorar si las políticas climáticas se integran con los objetivos no relacionados con el clima en la política nacional de desarrollo, y se convierte a esas políticas en estrategias generales de transición, para lograr los cambios sociales y tecnológicos a largo plazo necesarios para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático.

→ GTII TIE Capítulo 18 &  
GTIII TIE Secciones 1.5.1,  
2.4.4, 10.3.2, & 10.3.4

- 8.28 **Existe una gran interacción entre las cuestiones ambientales abordadas en los acuerdos multilaterales sobre medio ambiente, y es posible explotar las sinergias con motivo de la aplicación de dichos acuerdos.** Una serie de convenios y acuerdos independientes tratan los problemas ambientales de nuestro mundo—la Convención de Viena y su Protocolo de Montreal, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, y el Foro de las Naciones Unidas sobre Bosques—además de una serie de acuerdos regionales, como el Convenio

→ GTIII TIE Sección 10.3.2

## Componentes clave del desarrollo sostenible y sus relaciones mutuas



→ DES DR

Figura 8–3: Los vértices del triángulo representan las tres principales dimensiones o ámbitos del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. El ámbito económico está orientado principalmente hacia la mejora del bienestar humano, sobre todo a través del aumento del consumo de bienes y servicios. El ámbito ambiental se centra en la protección de la integridad y resistencia de los sistemas ecológicos. El ámbito social hace hincapié en el fortalecimiento de las relaciones humanas y el logro de las aspiraciones individuales y colectivas. En los lados del triángulo se muestran ejemplos de vínculos entre los tres ámbitos. Algunas cuestiones importantes como el cambio climático, la pobreza, la equidad y la sostenibilidad, se sitúan dentro del triángulo e interactúan con los tres ámbitos.

sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia. El Cuadro 8–3 proporciona una lista de ejemplos seleccionados de dichos convenios e instrumentos. Estos tratados pueden contener, entre otras cosas, requisitos similares en lo que se refiere a instituciones civiles o gubernamentales coordinadas o compartidas de forma común, para la consecución de los objetivos generales—por ejemplo, la formulación de estrategias y planes de acción como un marco para la aplicación a nivel nacional; la recopilación y procesamiento de datos o capacidades nuevas y mejoradas para los recursos humanos y las estructuras institucionales; así como obligaciones de presentación de informes. También proporcionan un marco dentro del que se puedan utilizar las sinergias en evaluaciones científicas (véase el Recuadro 8–1).

<b>Cuadro 8-3</b> Tratados internacionales seleccionados sobre el medio ambiente.	
<i>Convenio y acuerdo</i>	<i>Lugar y fecha de adopción</i>
El Tratado Antártico - Protocolo Antártico sobre la Protección del Medio Ambiente (Tratado Antártico)	Washington, 1959 Madrid, 1991
Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas - Protocolo para enmendar la Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas	Ramsar, 1971 París, 1982
Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques	Londres, 1973
Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres	Washington, 1973
Convenio sobre prevención de la contaminación marina de fuentes con base terrestre	París, 1974
Convención sobre la conservación de especies migratorias de animales silvestres	Bonn, 1979
Convenio Naciones Unidas/CEE sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia - Protocolo sobre Financiación a largo plazo del Programa cooperativo de vigilancia y evaluación del transporte de contaminantes atmosféricos a larga distancia en Europa (EMEP) - Protocolo relativo al control de las emisiones de azufre o de sus corrientes transfronterizas al menos en un 30 por ciento - Protocolo relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno o sus flujos transfronterizos - Protocolo sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles o sus flujos transfronterizos - Protocolo sobre reducciones adicionales de las emisiones de azufre - Protocolo sobre metales pesados - Protocolo sobre contaminantes orgánicos persistentes - Protocolo para la reducción de la acidificación, eutrofización y el ozono a nivel del suelo	Ginebra, 1979 Ginebra, 1984 Helsinki, 1985 Sofía, 1988 Ginebra, 1991 Oslo, 1994 Aarhus, 1998 Aarhus, 1998 Gotenburgo, 1999
Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar	Montego Bay, 1982
Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono - Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono	Viena, 1985 Montreal, 1987
Convenio de Basilea sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos y particularmente sobre el control de sus movimientos transfronterizos - Enmienda al Convenio de Basilea sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos y particularmente sobre el control de sus movimientos transfronterizos	Basilea, 1989 Ginebra, 1995
Convenio Naciones Unidas/CEE sobre la protección y uso de corrientes de agua y lagos internacionales e interfronterizas	Helsinki, 1992
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - Protocolo de Kyoto relativo al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Nueva York, 1992 Kyoto, 1997
Convenio sobre la Diversidad Biológica - Protocolo de Cartagena sobre la seguridad de la biotecnología, relativo al Convenio sobre la Diversidad Biológica	Río de Janeiro, 1992 Montreal, 2000
Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países afectados por Sequía o Desertificación Graves, en particular en África	París, 1994
Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes	Estocolmo, 2001
Foro de las Naciones Unidas sobre bosques <sup>a</sup>	Nueva York, 2001

<sup>a</sup> Esta referencia se incluye habida cuenta de la importancia de los esfuerzos internacionales para alcanzar un tratado sobre el problema de los bosques y su valor ambiental.

**Recuadro 8-1** Evaluación del cambio climático y del agotamiento del ozono estratosférico.

El Grupo de Expertos para Evaluación Científica del Ozono del Protocolo de Montreal y el IPCC han llevado a cabo actividades integradas para evaluar el estado de nuestros conocimientos sobre la interacción de la capa de ozono estratosférico y el sistema climático. En los últimos años, las Evaluaciones Científicas sobre el Agotamiento del Ozono han incluido la importancia de los gases que agotan la capa de ozono en el clima. Además, en estas evaluaciones se examina de qué manera los cambios climáticos actuales y futuros y la abundancia de gases de efecto invernadero pueden influir en la recuperación de la capa de ozono. El IPCC ha evaluado la tendencia al enfriamiento climático debido al agotamiento de la capa de ozono. Además se han llevado a cabo actividades conjuntas, como la evaluación de los efectos de la aviación en el clima y la capa de ozono, y la manera en que las decisiones potenciales sobre las propiedades de los sustitutos de los gases que agotan el ozono (sobre todo los hidrofluorocarbonos) en relación con el calentamiento del planeta pueden tener los impactos en la necesidad de esos gases como parte de las medidas de mitigación en virtud del Protocolo de Montreal. Estas evaluaciones proporcionan información sobre la manera en que las medidas y decisiones adoptadas para abordar un problema pueden afectar al otro, y fomentan un diálogo eficaz entre los marcos de política.



TIE GTI Secciones 4.2,  
5.5, 6.13, y 7.2.4, TIE GTIII  
Capítulo 3 Apéndice, y  
IEAAM Sección 4-2

# P9

## Pregunta 9

¿Cuáles son las conclusiones más sólidas y las principales incertidumbres en relación con la atribución del cambio climático y con las proyecciones basadas en simulaciones sobre:

- Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Los cambios futuros en el clima mundial y regional?
- Los efectos mundiales y regionales del cambio climático?
- Los costos y beneficios de las opciones de mitigación y adaptación?

## Introducción

- 9.1 **La comprensión del cambio climático, sus impactos, y las opciones para su mitigación y adaptación se desarrolla a través de actividades multidisciplinarias e interdisciplinarias de investigaciones y vigilancia, en un marco de evaluación integrado.** A medida que se acrecienta el conocimiento, algunas conclusiones parecen más sólidas y algunas incertidumbres cobran de vital importancia para un proceso fundamentado de formulación de políticas. Algunas incertidumbres surgen a raíz de la falta de conocimientos sobre los procesos clave y de la discrepancia sobre lo que se sabe. O incluso sobre lo que se podría saber. Otras incertidumbres se encuentran asociadas a la predicción de los comportamientos sociales y personales como respuesta a información y acontecimientos. Las incertidumbres tienden a aumentar con la complejidad del problema, a medida que se introducen nuevos elementos que incorporan una gama más amplia de impactos físicos, técnicos, sociales y políticos y de respuestas de política. El clima reacciona ante la influencia humana de forma no deliberada ni por elección; pero la sociedad humana puede responder al cambio climático de forma deliberada, y decidir entre diferentes opciones. Un objetivo del TIE y de otros informes del IPCC es la investigación, evaluación, cuantificación y, si es posible, reducción de estas incertidumbres.
- 9.2 **En este informe, se entiende por conclusión sólida relacionada con el cambio climático la que resiste ante una serie de enfoques, métodos, simulaciones e hipótesis diversas, y relativamente poco afectada por incertidumbres.** En la bibliografía sobre el tema, una conclusión sólida debería pertenecer a alguna de determinadas categorías, que son *bien establecidas* (nivel alto de acuerdo y gran número de pruebas) o *establecidas pero incompletas* (nivel alto de acuerdo, pero pruebas incompletas). La solidez es diferente de la probabilidad: una conclusión de que algo sea ‘excepcionalmente improbable’ puede ser tan sólida como otra de que algo sea ‘prácticamente cierto’. Una importante contribución del TIE es la noción de vías alternativas múltiples para la emisión y la concentración de gases de efecto invernadero, tal como se representan en los escenarios del IEEE. Las conclusiones sólidas son aquellas que se mantienen en una amplia gama de estos posibles escenarios.
- 9.3 **Por incertidumbres clave se entiende en este contexto aquellas que, si se reducen, pueden producir conclusiones nuevas y sólidas en relación con las preguntas formuladas en este informe.** Estas conclusiones pueden, a su vez, producir mejor o más información que respalde la formulación de políticas. Las incertidumbres nunca se pueden resolver totalmente, pero a menudo se las puede circunscribir mediante más pruebas y conocimientos, sobre todo en la búsqueda de resultados coherentes o conclusiones sólidas.
- 9.4 **Las conclusiones sólidas y las incertidumbres clave pueden reunirse en el contexto de un marco integrado de evaluación.**
- 9.5 **El marco integrado de evaluación descrito en este informe se utiliza para reunir las conclusiones sólidas y las incertidumbres clave en proyecciones basadas en simulaciones.** Dicho marco puede abarcar todas las disciplinas necesarias para comprender el clima, la biosfera, y la sociedad humana. Hace hincapié en los vínculos entre los sistemas descritos en los diferentes informes de los Grupos de Trabajo del TIE, y considera además los vínculos entre el cambio climático y otros problemas ambientales, y ayuda a identificar las lagunas existentes en nuestros conocimientos. Indica cómo las incertidumbres clave pueden afectar todo el panorama general. La Figura 1–1 muestra cómo se pueden integrar la adaptación y la mitigación en la evaluación. Los sistemas humanos y naturales tendrán que adaptarse al cambio climático, y el desarrollo se verá afectado. La adaptación consistirá en medidas autónomas como iniciativas gubernamentales, y las medidas de adaptación reducirán (pero no lograrán evitar de forma completa) algunos de los impactos

del cambio climático sobre estos sistemas y sobre el desarrollo. Las medidas de adaptación proporcionarán beneficios pero también supondrán costos. La mitigación, a diferencia de la adaptación, reduce las emisiones al principio del ciclo. Disminuye las concentraciones—en relación con lo que ocurriría si no se aplicara—y reduce el cambio climático y los riesgos e incertidumbres asociados. Además atenúa la necesidad de adaptación, los impactos del cambio climático, y los efectos sobre el desarrollo socioeconómico. Otra diferencia es que la mitigación tiene como objetivo abordar los impactos sobre todo el sistema climático, mientras que la adaptación se orienta principalmente a los impactos locales y específicos del cambio. El principal beneficio de la mitigación es evitar el cambio climático, pero esto también supone costos. Además, la mitigación aumenta los beneficios secundarios (como la reducción de contaminación del aire, con las consiguientes mejoras en la salud humana). Un enfoque totalmente integrado de la evaluación del cambio climático consideraría de manera dinámica todo el ciclo que se muestra en la Figura 1–1, junto con todas las reacciones, pero esto no ha sido posible en el marco del TIE.

- 9.6 Muchas de las **conclusiones sólidas** incluidas en el Cuadro RRP–3 se refieren a la existencia de una reacción del clima a las actividades humanas, y las manifestaciones de dicha reacción. Muchas de las **incertidumbres clave** tienen que ver con la cuantificación de la magnitud y/o la oportunidad de la respuesta y los efectos que podrían producirse si se mejoraran los métodos y se aflojaran las hipótesis.

### Atribución del cambio climático

- 9.7 **Existen actualmente pruebas más concluyentes sobre la influencia de la actividad humana en el clima mundial.**

- 9.8 **Un número creciente de observaciones ofrece una visión colectiva de un mundo cada vez más cálido, y los estudios de simulación indican la probabilidad de que, en su mayor parte, el calentamiento observado en la superficie terrestre durante los últimos 50 años se haya debido a actividades humanas.** A escala mundial, es probable que el decenio del 1990 fuera el más cálido desde que tenemos registros instrumentales (desde el año 1861). Para el Hemisferio Norte, es probable que la magnitud del calentamiento en los últimos 100 años sea la mayor de cualquier siglo durante los últimos 1.000 años. Las observaciones y las simulaciones proporcionan pruebas más sólidas de que, en gran parte, el calentamiento observado durante los últimos 50 años se puede atribuir a un aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero. Las observaciones también dan una mayor confianza sobre la capacidad de las simulaciones para ofrecer proyecciones sobre los cambios climáticos futuros. Para una mejor cuantificación de la influencia humana, es necesario reducir las **incertidumbres clave** relacionadas con la magnitud y carácter de la variabilidad natural y de la magnitud de las fuerzas naturales debidas a factores naturales y a los aerosoles antropogénicos (particularmente, los efectos indirectos) y la relación de tendencias regionales con el cambio climático antropogénico.

→ P2.7 & P2.10–11

### Emisiones y concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles

- 9.9 **Las actividades humanas aumentan las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero.**

- 9.10 **Desde el año 1750 (es decir, desde el principio de la Revolución Industrial), la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> (el principal factor que contribuye a los forzamientos radiativos antropogénicos) ha aumentado en un 31 por ciento debido a las actividades humanas, y todos los escenarios del IEEE proyectan importantes aumentos en el futuro (Figura 9–1a).** Otros gases de efecto invernadero han aumentado también sus concentraciones desde el año 1750 (el

→ P2.4, P3.3, P3.5 & P5.3

$\text{CH}_4$  en un 150 por ciento, y el  $\text{N}_2\text{O}$  en un 17 por ciento). La concentración actual de  $\text{CO}_2$  no tiene precedentes en los últimos 420.000 años (el espacio de tiempo cuantificable en los testigos de hielo más importantes) y probablemente, en los últimos 20 millones de años. La velocidad de este aumento no tiene precedentes si la relacionamos con cualquier cambio mundial sostenido durante al menos los últimos 20.000 años. En las proyecciones de gases de efecto invernadero basadas en el conjunto de escenarios del IEEE (véase el Recuadro 3–1), las concentraciones de  $\text{CO}_2$  continúan creciendo hasta el año 2100. La mayoría de los escenarios del IEEE muestran reducciones en las emisiones de  $\text{SO}_2$  (precursor de los aerosoles de sulfato) para el año 2100, en comparación con el año 2000. Algunos gases de efecto invernadero (como el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{N}_2\text{O}$ , y los perfluorocarbonos) tienen unos tiempos de vida muy largos (un siglo o más) en la atmósfera, mientras que el tiempo de vida de los aerosoles se mide por días. Las *incertidumbres clave* son inherentes en las hipótesis subyacentes de la amplia gama de emisiones futuras en los escenarios del IEEE y, por lo tanto, en la cuantificación de las concentraciones futuras. Estas incertidumbres se relacionan con el crecimiento de la población, el progreso tecnológico, el crecimiento económico y las estructuras de gobierno, que son especialmente difíciles de cuantificar. Además, los escenarios disponibles de las emisiones de precursores de aerosoles y del ozono atmosférico en la atmósfera inferior eran inadecuados. Surgen incertidumbres menores debido a la falta de conocimientos sobre todos los factores inherentes en la simulación del ciclo de carbono y

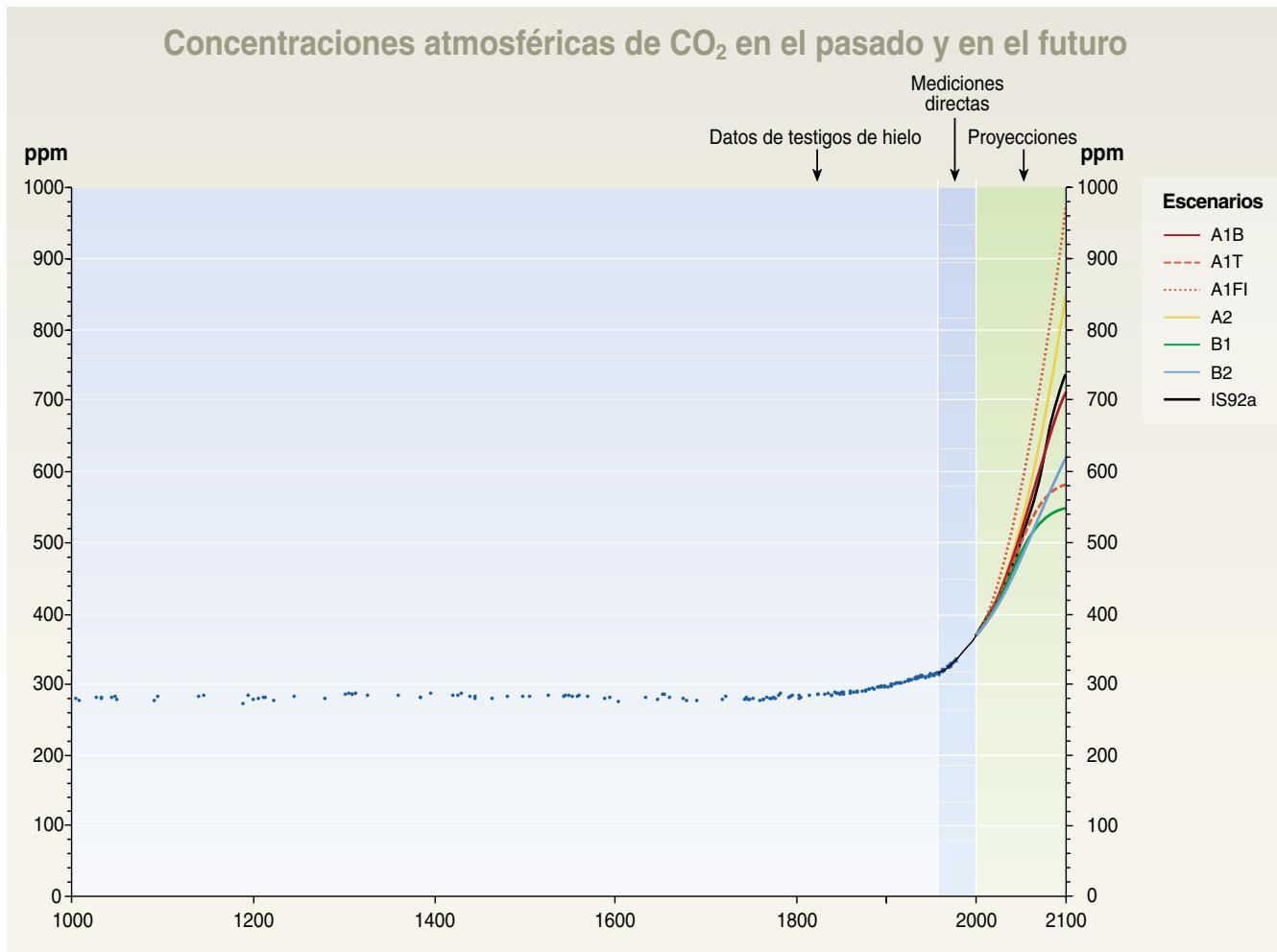


Figura 9–1a: Observaciones de las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  desde el año 1000 al 2000 a partir de datos de testigos de hielo y mediciones atmosféricas directas durante los últimos decenios. Las proyecciones sobre concentraciones de  $\text{CO}_2$  durante el período 2000–2100 están basadas en los seis escenarios ilustrativos del IEEE y el IS92a (para compararlos con el SIE).



TIE GTI RRP Figuras 2a  
y 5b

sobre los efectos de las respuestas climáticas. Si se tienen en cuenta todas estas incertidumbres, se produce una gama de concentraciones de CO<sub>2</sub> en el año 2100 de unas 490–1.260 ppm (comparadas con las concentraciones preindustriales de unas 280 ppm y las 368 ppm del año 2000).

- 9.11 **Es prácticamente seguro que las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de combustibles fósiles sean la influencia predominante en la tendencia de las concentraciones de CO<sub>2</sub> a lo largo del siglo XXI.** Esto se deduce de la gama de escenarios del IEEE en donde las emisiones proyectadas de combustibles fósiles exceden los sumideros y fuentes biosféricas previstos de CO<sub>2</sub>. Se estima que, incluso si todo el carbono emitido hasta ahora por los cambios en el uso de las tierras se devolviera a la biosfera terrestre (por ejemplo, con la reforestación), la concentración de CO<sub>2</sub> se podría reducir en unas 40–70 ppm. Existen *incertidumbres clave* acerca de la influencia del cambio del uso de las tierras y las reacciones biosféricas en la absorción, almacenamiento y emisiones de carbono que, a su vez, podrían influir en las concentraciones de CO<sub>2</sub>.

→ P4.11 & P7.4

### Cambios futuros en el clima mundial y regional

- 9.12 **El clima ha cambiado durante el siglo XX; se esperan mayores cambios en el siglo XXI.**

- 9.13 **En todos los escenarios del IEEE, las proyecciones muestran que la temperatura media mundial de la superficie ha de continuar aumentando durante el siglo XXI a niveles que, muy probablemente, no tengan precedentes durante los últimos 10.000 años, a juzgar por datos paleoclimáticos (Figura 9–1b).** Es muy probable que casi todas las zonas terrestres se calienten más rápidamente que la media mundial, sobre todo las zonas en latitudes septentrionales altas durante la estación fría. Muy probablemente habrá más días calurosos, menos días fríos, olas de frío y días con heladas, y una reducción de la amplitud de las temperaturas diurnas.

→ P3.7, P3.11, & P4.5

- 9.14 **En un mundo más cálido, el ciclo hidrológico ha de ser más intenso.** Se prevé que aumente la media mundial de precipitaciones. Muy probablemente habrá precipitaciones más fuertes (y, por lo tanto, más inundaciones) en muchas zonas. Es muy probable que el clima sea más seco en verano y haya un más alto riesgo de sequías en la mayoría de las latitudes medias del interior de los continentes. Incluso con un cambio nulo o muy reducido en la amplitud de El Niño, es probable que el aumento de las temperaturas a nivel mundial produzca mayores fenómenos extremos tanto de clima seco como de precipitaciones, y un mayor riesgo de las sequías e inundaciones que acompañan los fenómenos derivados de El Niño en muchas regiones diferentes.

→ P2.24, P3.8, P3.12, P4.2, & P4.6

- 9.15 **En un mundo más cálido, el nivel del mar se elevará, debido principalmente a la expansión térmica y la pérdida de masa de los glaciares y de las capas de hielo, y esta subida continuará durante centenares de años, incluso después de la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero.**

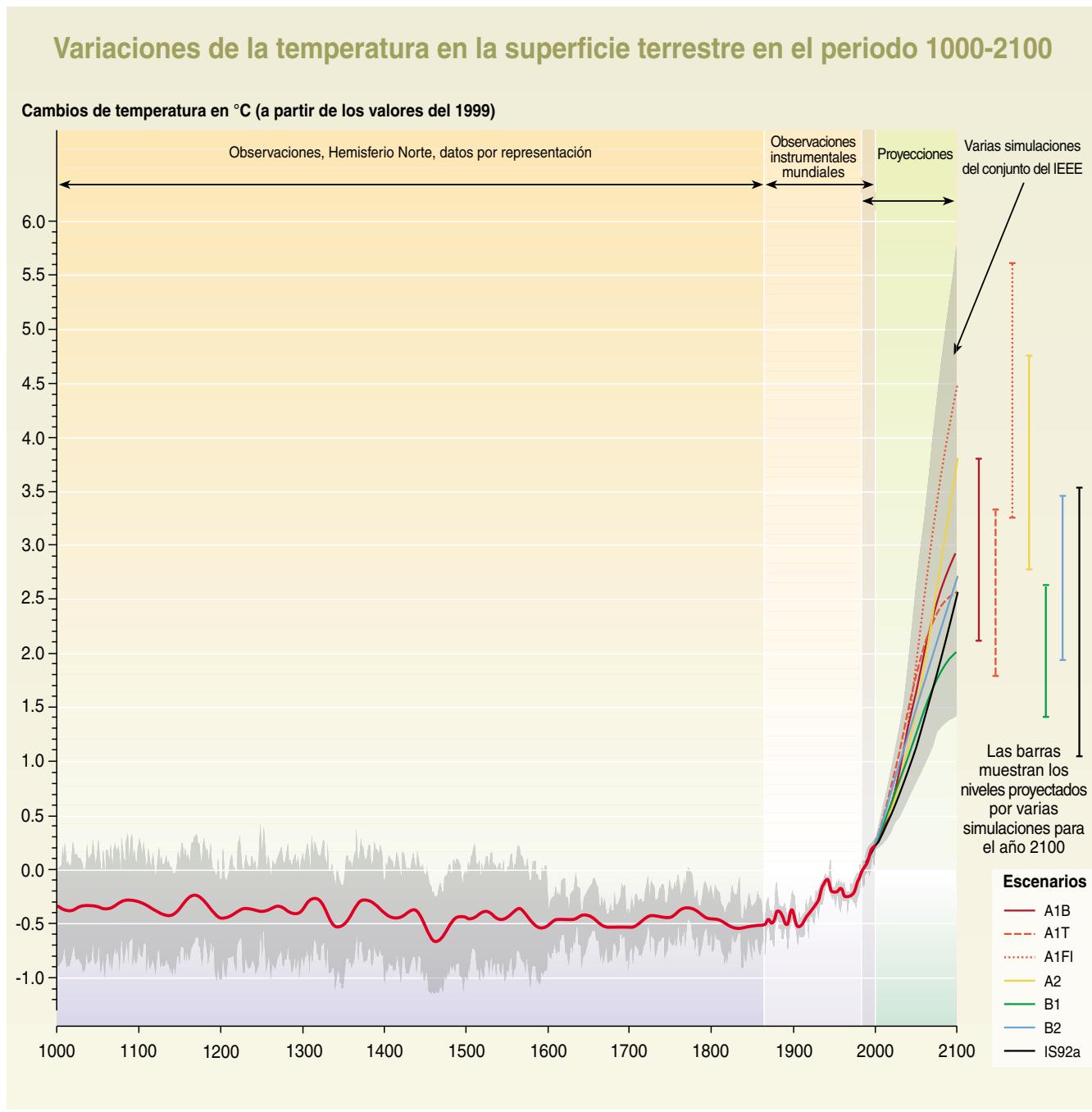
Esto es debido a las grandes escalas temporales necesarias para que las profundidades del océano se ajusten al cambio climático. Las capas de hielo van a continuar reaccionando al cambio climático durante miles de años. Las simulaciones prevén que un aumento local de la temperatura media anual de más de 3°C, sostenido durante muchos milenios, produzca una fusión completa de la placa de hielo de Groenlandia, lo que conllevaría una elevación del nivel del mar de cerca de 7 m.

→ P3.9, P3.14, P4.15, & P5.4

- 9.16 Las *incertidumbres clave* que influyen la cuantificación y los detalles de las proyecciones futuras del cambio climático son las asociadas con los escenarios del IEEE, y también las asociadas con las simulaciones del cambio climático, en particular aquellas que tienen que ver con nuestros conocimientos de los procesos clave de respuesta en el

→ P3.6, P3.9, & P4.9–19

sistema climático, sobre todo los que suponen nubes, vapor de agua y aerosoles (y sus forzamientos indirectos). Si se tienen en cuenta estas incertidumbres, se produce una gama de proyecciones del aumento de temperaturas en la superficie durante el período 1990–2100, entre 1,4 y 5,8°C (véase la Figura 9–1b) y de la elevación del nivel del mar, entre 0,09 y 0,88 m.



**Figura 9–1b: Variaciones de la temperatura media de la superficie terrestre en el período 1000–2100.** Se muestran observaciones de variaciones en la temperatura media de la superficie en el Hemisferio Norte durante el período 1000–1860 (no se dispone de datos correspondientes para el Hemisferio Sur), extraídas a partir de datos por representación (anillos de los árboles, corales, testigos de hielo y registros históricos). La línea muestra una media en 50 años, y la zona gris es el límite de confianza del 95 por ciento en los datos anuales. En el período 1860–2000 se muestran las observaciones de variaciones anuales y mundiales de la temperatura media de la superficie obtenidas del registro instrumental. La línea muestra la media por decenios. Para el período 2000–2100, se muestran las proyecciones de la temperatura media mundial de la superficie para los seis escenarios ilustrativos del IEEE y los del IS92a, estimadas mediante una simulación con sensibilidad climática media. La zona gris marcada ‘conjunto del IEEE en varias simulaciones’ muestra la gama de resultados de los 35 escenarios del IEEE además de los obtenidos de una gama de simulaciones con diferentes sensibilidades climáticas.



TIE GTI RRP Figuras 1b y 5d

Otra incertidumbre afecta el conocimiento de la distribución de probabilidad asociada con las proyecciones de temperaturas y nivel del mar para la gama de escenarios del IEEE. También hay *incertidumbres clave* en relación con los detalles sobre el cambio climático regional y sus impactos, debido a las capacidades limitadas de las simulaciones regionales, y de las simulaciones mundiales que las guían, y a las incoherencias en los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones, especialmente en algunas zonas y en precipitaciones. Otra incertidumbre clave se refiere a los mecanismos, la cuantificación, las escalas temporales y las probabilidades asociadas con cambios repentinos/no lineales a gran escala (como los de la circulación termohalina de los océanos).

### Impactos regionales y mundiales del cambio climático

9.17 **El cambio climático proyectado tendrá efectos beneficiosos y adversos en los sistemas ambientales y socioeconómicos, pero cuanto mayor sea la importancia de los cambios en el clima, y la velocidad con que se producen, más predominarán los efectos adversos.**

9.18 **Los cambios regionales en el clima, sobre todo los aumentos de temperatura, ya han afectado y van a continuar afectando a un conjunto diverso de sistemas biológicos y físicos en muchas partes del mundo.** Entre los ejemplos de cambios observados se incluyen la contracción de los glaciares, la reducción de la cubierta estacional de nieve, la fusión del permafrost, el congelamiento tardío y la ruptura prematura del hielo en ríos y lagos, la pérdida del hielo marino en el Ártico, la prolongación de la época de cultivos en latitudes medias y altas, los desplazamientos en altitud y hacia los polos de una serie de animales y plantas, los cambios en la progresión estacional de algunos animales y plantas, la disminución de la población de varias plantas y animales, y el daño a los arrecifes de coral. Se puede prever que las tasas observadas de cambio aumenten en el futuro representado en cualquiera de los escenarios del IEEE, para el cual las tendencias de calentamiento para el siglo XXI serán de dos a diez veces superiores a las observadas durante el siglo XX. Muchos sistemas físicos son vulnerables al cambio climático: por ejemplo, el impacto de las mareas de tempestad repentinas en las costas se verá exacerbado por la elevación del nivel del mar, y los glaciares y el permafrost seguirán disminuyendo. En algunas latitudes medias a altas, la productividad de las plantas (los árboles y algunos cultivos agrícolas) podría aumentar con pequeños aumentos de temperatura. La productividad de las plantas disminuiría en la mayoría de las regiones del mundo con un calentamiento superior a unos pocos °C. En la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales, se proyecta que la producción prevista disminuya con prácticamente cualquier aumento de temperaturas.

→ P3.14 & P3.18–21

9.19 **Los ecosistemas y las especies son vulnerables al cambio climático y a otros problemas (tal como muestran los impactos observados de los cambios recientes de temperaturas regionales) y algunos resultarán dañados o incluso desaparecerán irreversiblemente.** Entre los sistemas naturales expuestos a riesgo figuran los arrecifes y atolones de coral, los manglares, los bosques boreales y tropicales, los ecosistemas polares y alpinos, los humedales en praderas, y los pastizales nativos subsistentes. Si bien puede aumentar el número o área de distribución de algunas especies, el cambio climático ha de agravar los riesgos actuales de extinción de algunas especies vulnerables y de pérdida de diversidad biológica. Está bien establecido que la extensión geográfica de los daños o pérdidas, y el número de sistemas afectados, aumentarán con la magnitud y la velocidad del cambio climático.

→ P3.18

9.20 **Se proyecta que los impactos adversos del cambio climático afecten desproporcionadamente a los países en desarrollo y los sectores más pobres de la población.** Los cambios previstos en los extremos climáticos podrían tener graves consecuencias, especialmente en la seguridad del agua y de los alimentos, y en la salud.

→ P3.17, P3.21–22, & P3.33

La vulnerabilidad de las sociedades humanas y de los sistemas naturales frente a los extremos climáticos queda demostrada con los daños, dificultades y muertes que causan fenómenos como sequías, inundaciones, olas de calor, avalanchas, deslizamientos de tierras y tormentas de viento, que han acusado una tendencia al alza durante los últimos decenios. Al mismo tiempo que se proyecta que aumente la cantidad total de precipitaciones, habrá probablemente cambios mucho mayores en su intensidad y frecuencia, lo que ha de incrementar la probabilidad de climas secos y precipitaciones extremas y, por consiguiente, de sequías e inundaciones durante el siglo XXI. Estos aumentos, cuando se combinan con una mayor tensión en los recursos hídricos (que ya está ocurriendo debido al aumento de la demanda), afectarán la seguridad de los alimentos y la salud, sobre todo en muchos países en desarrollo. En cambio, se proyecta que en el futuro disminuyan la frecuencia y magnitud de fenómenos extremos de temperaturas bajas, como épocas frías, con impactos tanto positivos como negativos.

- 9.21 **Las poblaciones que viven en pequeñas islas y en zonas costeras bajas están especialmente expuestas a graves efectos económicos y sociales debido a la elevación del nivel del mar y las mareas de tempestad.** Decenas de millones de personas que viven en deltas, zonas costeras bajas o pequeñas islas podrían tener que desplazarse. Los impactos negativos se agravarán por la intrusión de agua salada y las inundaciones debidas a las mareas de tempestad, la pérdida de zonas húmedas costeras y la disminución del caudal de los ríos.

→ P3.23-24

- 9.22 Las *incertidumbres clave* en la identificación y cuantificación de los impactos derivan de la carencia de información fidedigna y detallada sobre el cambio climático en los planos local y regional, especialmente en la proyección de fenómenos extremos, la falta de consideración, cuando se evalúan los impactos, de los efectos de los cambios extremos y los desastres, el escaso conocimiento de algunos procesos y respuestas no lineales, las incertidumbres en la fijación del costo de los daños debidos a los efectos climáticos, la falta de datos importantes y de conocimiento sobre procesos clave en diferentes regiones, y las incertidumbres en la evaluación y predicción de la respuesta de los sistemas ecológicos y sociales (por ejemplo, los impactos de enfermedades transmitidas por el agua y por vectores) y económicos frente al impacto combinado del cambio climático y de otros problemas como el cambio del uso de las tierras, la contaminación local, etc.

→ P3.13, P4.10, & P4.18–19

### Costos y beneficios de las opciones de adaptación y mitigación

- 9.23 **La adaptación es una necesidad; su costo se puede reducir con la previsión, el análisis y la planificación.**

- 9.24 **La adaptación ya no es una opción, sino una necesidad, dado que el clima y los impactos relacionados con sus cambios ya están sucediendo. La adaptación preventiva y reactiva, que variará según el lugar y el sector, puede ayudar a reducir los impactos adversos del cambio climático, mejorar los efectos beneficiosos, y producir muchos efectos secundarios inmediatos, pero no ha evitar todos los daños.** Sin embargo, sus posibilidades son mucho más limitadas para los sistemas naturales que para los sistemas humanos. La capacidad de las diferentes regiones para adaptarse al cambio climático depende en gran medida del estado actual y futuro de su desarrollo socioeconómico y su exposición a los problemas climáticos. Por lo tanto, el potencial de las medidas de adaptación es más limitado para los países en desarrollo que, según se prevé, han de ser los más afectados. La adaptación parece más fácil si los cambios climáticos son modestos y/o graduales, y no importantes y/o repentinos. Si el clima cambia más rápidamente de lo proyectado en cualquier región, las posibilidades de las medidas de adaptación para disminuir la vulnerabilidad de los sistemas humanos serán menores.

→ P3.26–28 & P3.33

9.25 **Los costos de adaptación se pueden reducir con la prevención y medidas planificadas, y muchos costos pueden ser relativamente reducidos, especialmente cuando las políticas y medidas de adaptación contribuyen a otros objetivos de desarrollo sostenible.**

→ P3.31, & P3.36-37

9.26 Las *incertidumbres clave* en relación con la adaptación tienen que ver con la representación inadecuada de los cambios locales en las simulaciones, la falta de pronósticos, un conocimiento insuficiente de los costos y beneficios, los posibles efectos secundarios, incluida la aceptabilidad y velocidad de la aplicación de medidas, los diversos obstáculos a la adaptación, y las menores oportunidades y capacidades de adaptación en los países en desarrollo.

→ P3.27

9.27 **Los principales beneficios económicos de la mitigación son los costos que se evitan en relación con los impactos adversos del cambio climático.**

9.28 **Las medidas de reducción (mitigación) de las emisiones de gases de efecto invernadero atenuarían las presiones provenientes del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos.** No existen unas estimaciones exhaustivas y cuantitativas de los principales beneficios globales de la mitigación del cambio climático. En caso de aumentos de la temperatura media por encima de unos pocos °C con relación al año 1990, los impactos son predominantemente adversos, por lo que los beneficios primarios netos son positivos. Una incertidumbre clave es el balance neto de los impactos adversos y beneficiosos del cambio climático en caso de aumentos de temperatura por debajo de unos pocos °C. Estas medias no muestran amplias variaciones regionales.

→ P6.10

9.29 **La mitigación genera costos y beneficios secundarios.**

9.30 **Para lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero se necesitarían importantes reducciones en las emisiones mundiales.** Por ejemplo, en el caso del gas de efecto invernadero antropogénico más importante, las simulaciones del ciclo de carbono indican que para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> a 450, 650, o 1.000 ppm se necesitaría que las emisiones mundiales antropogénicas de CO<sub>2</sub> descendieran por debajo de los niveles del año 1990 dentro de unos decenios, de un siglo o de dos siglos, respectivamente, y que continuaran descendiendo constantemente en adelante. Las emisiones alcanzarán unas cifras máximas dentro de 1 o 2 decenios (450 ppm) y aproximadamente un siglo (1.000 ppm) a contar desde ahora. Con el tiempo, para lograr la estabilización sería preciso que las emisiones de CO<sub>2</sub> se redujeran a una parte muy pequeña del nivel actual. Aquí, las incertidumbres clave se refieren a las posibilidades de reacciones y a las vías de desarrollo del cambio climático, y la manera en que éstas podrían afectar a los calendarios de las reducciones de emisiones.

→ P6.4

9.31 **Los costos y beneficios de la mitigación varían ampliamente según los sectores, países y vías de desarrollo.** En general, resulta más fácil identificar los sectores—como el del carbón y posiblemente del petróleo y del gas, y algunas industrias con alto coeficiente de energía que dependen de la energía producida a partir de estos combustibles fósiles—que muy probablemente van a sufrir una desventaja económica a raíz de las medidas de mitigación. Sus pérdidas económicas son más inmediatas, concentradas y seguras. Los sectores que probablemente se vean beneficiados incluyen los de energías renovables, servicios, y nuevas industrias cuyo desarrollo se vea estimulado por la demanda de combustibles y técnicas de producción con bajas emisiones. Como los diferentes países y vías de desarrollo corresponden a estructuras energéticas ampliamente diferentes, los costos y beneficios asociados con la mitigación también son diferentes. Los impuestos sobre carbono tienen efectos negativos en los ingresos en los grupos con ingresos bajos, a menos que los ingresos fiscales se utilicen directa o indirectamente para compensar dichos efectos.

→ P7.14, P7.17, & P7.34

9.32 **Las restricciones de emisiones impuestas a los Países del Anexo I tienen efectos indirectos bien establecidos, aunque variados, en los Países no incluidos en el Anexo I.** De los análisis de los efectos de esas restricciones en Países del Anexo I se desprende que las reducciones en el PIB proyectado y en los ingresos por petróleo en Países no incluidos en el Anexo I que son exportadores de petróleo estarían por debajo de lo que serían en caso de no haber limitaciones.

→ P7.19

9.33 **Los escenarios con menores emisiones requieren diferentes pautas de desarrollo de recursos energéticos y un aumento de la investigación y desarrollo en energía para acelerar el desarrollo y la implantación de tecnologías energéticas avanzadas y ambientalmente racionales.** Las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la combustión de combustibles fósiles serán la influencia dominante en la tendencia de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> a lo largo del siglo XXI. Los datos sobre recursos evaluados en el TIE podrían implicar un cambio en la combinación energética y la introducción de nuevas fuentes de energía durante el siglo XXI. Los recursos de combustibles fósiles no limitarán las emisiones de carbono durante el siglo XXI. El carbono en reservas comprobadas y convencionales de petróleo y gas es mucho menor, sin embargo, que las emisiones acumulativas de carbono asociadas con la estabilización de CO<sub>2</sub> a niveles de 450 ppm o incluso más altos.<sup>25</sup> Estos datos sobre recursos pueden implicar un cambio en la mezcla energética y la introducción de nuevas fuentes de energía durante el siglo XXI. La combinación energética y las inversiones y tecnologías asociadas que se elijan—ya sean en el sentido de la explotación de los recursos petrolíferos y de gases no convencionales, o de una tecnología basada en fuentes de energía no fósiles, o fósiles pero con captura y almacenamiento de carbono—ha de determinar si, y a qué nivel y costo, se pueden estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero. Las *incertidumbres clave* tienen que ver con los precios futuros de la energía y de los combustibles basados en carbono, y el interés técnico y económico que susciten las fuentes de energía alternativas no basadas en combustibles fósiles, en relación con recursos no convencionales basados en petróleo y gas.

→ P7.27

9.34 **Desde 1995 se ha hecho muchos progresos en tecnologías que ahoran energía y con bajo coeficiente de carbono, y el progreso ha sido más rápido de lo anticipado en el SIE.** Se podrían lograr reducciones netas de emisiones mediante, entre otras cosas, mejores técnicas de producción y empleo de energía, la adopción de tecnologías con un coeficiente bajo o nulo de carbono, el secuestro y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, la mejora de los usos de las tierras y de las prácticas forestales, y cambios hacia estilos de vida más sostenibles. Está teniendo lugar un importante progreso en el desarrollo de turbinas eólicas, energía solar, coches de motores híbridos, células energéticas y almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub>. Las incertidumbres clave se refieren a: a) la probabilidad de adelantos técnicos que permitan importantes reducciones en costos y el rápido despegue de procesos y productos con bajos coeficientes de carbono, y b) la escala futura de los gastos privados y públicos en investigación y desarrollo para estas tecnologías.

→ P7.3

9.35 **Los estudios examinados en el TIE sugieren que hay unas grandes oportunidades tecnológicas y de otro tipo para la reducción de los costos de mitigación.** Las respuestas nacionales de mitigación frente al cambio climático pueden ser más eficaces si adoptan la forma de una cartera de instrumentos de política para limitar o reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Los costos de mitigación se encuentran muy afectados por las vías de desarrollo, ya que las basadas en grandes aumentos de las emisiones de gases de efecto invernadero requieren también mayores medidas de mitigación para alcanzar el objetivo de estabilización, lo que supone costos más elevados. Estos costos pueden reducirse en gran parte, o incluso transformarse en beneficios netos, con una cartera de instrumentos políticos (incluidos los que ayudan a superar obstáculos), en la medida en que

→ P7.6–7, P7.14–15, P7.20, P7.23, & P7 Recuadro 7–1

<sup>25</sup> La referencia a cierto nivel de concentración no implica ningún acuerdo sobre la conveniencia de la estabilización a este nivel.

las políticas puedan explotar las oportunidades de medidas “útiles en todo caso” en los ámbitos siguientes:

- *Opciones tecnológicas*: Las opciones tecnológicas podrían permitir lograr unas reducciones mundiales de emisiones de entre 1,9 y 2,6 Gt C<sub>eq</sub> año-1 para el año 2010 y entre 3,6 y 5,0 Gt C<sub>eq</sub> año-1 para el año 2020. La mitad de estas reducciones podrían conseguirse con un componente de sus costos económicos (costos netos de capital, mantenimiento y explotación) con beneficios directos que superen los costos directos, y la otra mitad con ese componente de su costo económico que oscila entre USD 0 y USD 100 por t C<sub>eq</sub>.<sup>26</sup> Según los escenarios de emisión, las emisiones mundiales se podrían reducir por debajo de los niveles del año 2000 en el período 2010–2020. Las *incertidumbres clave* tienen que ver con la identificación, magnitud e índole de los obstáculos que impidan la adopción de las prometedoras tecnologías con emisiones bajas, y la estimación de los costos para superar dichos obstáculos.
- *Beneficios secundarios*: Según algunos factores (como la localización de las emisiones de los gases de efecto invernadero, el clima local predominante, y la densidad, composición y salud de la población), la magnitud de los beneficios secundarios de la mitigación puede ser comparable a los costos de las políticas y medidas de mitigación. Las *incertidumbres clave* se refieren a la magnitud y la localización de estos beneficios que incluyen la evaluación científica y apreciación de los riesgos de la contaminación del aire para la salud, sobre todo la derivada de aerosoles y partículas finas.
- *Doble dividendo*: Algunos instrumentos (como los impuestos o las subastas de permisos) proporcionan ingresos para el gobierno. Esos ingresos, si se utilizan para financiar la reducción de impuestos distorsionantes existentes ('reciclado de ingresos'), disminuyen los costos económicos de la reducción de gases de efecto invernadero. La magnitud de esta compensación depende de la estructura fiscal existente, el tipo de reducción fiscal, las condiciones del mercado de trabajo y el método de reciclado. En algunas circunstancias, es posible que los beneficios económicos puedan sobrepasar los costos de mitigación. Las *incertidumbres clave* en cuanto a los costos netos totales de la mitigación varían entre países, según la estructura fiscal existente, el alcance de la distorsión, y el tipo de reducciones fiscales que son aceptables.

**9.36 Las simulaciones muestran que el comercio de derechos de emisiones reduce los costos de emisión para los que participan en el comercio.** Los estudios de simulación a escala mundial, en los que los resultados dependen en gran medida de las hipótesis adoptadas, proyectan que probablemente los costos de mitigación basados en las metas de Kyoto se reduzcan gracias al comercio pleno de permisos sobre carbono dentro del grupo de países del Anexo B.<sup>27</sup> Los países de la OCDE y del Anexo I<sup>28</sup> pueden esperar una reducción de cerca de la mitad de los costos agregados durante todo el período de comercio total de permisos. Se proyecta que las economías en transición del Anexo I no resulten afectadas o que su PIB aumente en varios puntos porcentuales. Los países no incluidos en el Anexo I que son exportadores de petróleo pueden esperar unas reducciones parecidas de costos en virtud de ese comercio. Se proyecta que los efectos agregados del comercio sean positivos para otros países no incluidos en el Anexo I. Aquellos países que podrían prever unas pérdidas o ganancias sin el comercio de los países del Anexo I deberían asistir a pequeños cambios con ese comercio. Una incertidumbre clave se refiere a la amplitud de los costos subyacentes, que pueden variar mucho entre los países, y la manera

→ P7.18-19

<sup>26</sup> Estas estimaciones de costos en precios del año 1998 se extraen utilizando tipos de descuento comprendidos entre el 5 y el 12 por ciento, lo que guarda coherencia con los tipos de descuento del sector público. La rentabilidad interna privada varía enormemente y es a menudo mucho mayor.

<sup>27</sup> Países del Anexo B: Grupo de países incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kyoto que han acordado un objetivo para sus emisiones de gases de efecto invernadero. Dicho grupo incluye todos los Países del Anexo I (tal y como se enmendó en el año 1998) excepto Turquía y Belarús.

<sup>28</sup> Países del Anexo I: Grupo de países incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Este grupo incluye todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y aquellos con economías en transición.

en que estas estimaciones de costos podrían cambiar a) si los métodos se mejoran y b) si se aflojan algunas de las hipótesis de las simulaciones. Dichas hipótesis se refieren a:

- Consideración de las exenciones en el comercio de permisos de emisiones, junto con otras políticas y medidas
- Consideración de diversas imperfecciones del mercado
- Consideración de los cambios técnicos inducidos
- Inclusión de beneficios secundarios
- Oportunidades para dobles dividendos
- Inclusión de políticas para gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> y fuentes no energéticas de todos los gases de efecto invernadero (por ejemplo el CH<sub>4</sub> de la agricultura)
- Efecto compensatorio de los sumideros.

**9.37 Aunque las previsiones de las simulaciones indican que las vías de crecimiento mundial del PIB a largo plazo no se ven afectadas en gran medida por las medidas de mitigación con miras a la estabilización, estas vías no muestran las variaciones más amplias que ocurren en períodos de tiempo más breves, en los sectores o en las regiones.**

→ P7.25

**9.38 Las políticas públicas no previstas ('arreglos rápidos') con efectos repentinos a corto plazo pueden costar a las economías mucho más que las políticas previstas con efectos graduales.** Una *incertidumbre clave* en la magnitud de los costos deriva de la existencia de planes de contingencia bien diseñados en caso de cambios de política (como los ocasionados por un cambio repentino en la percepción pública del cambio climático). Otras *incertidumbres clave* respecto de los costos derivan de la posibilidad de efectos rápidos a corto plazo, que incluyen, o pueden incluir, reducciones repentinas en los costos de procesos y productos con bajas emisiones de carbono, la adopción de tecnologías con emisiones bajas y/o cambios hacia estilos de vida más sostenibles.

→ P7.24 & P7.31

**9.39 Las medidas de mitigación y adaptación a corto plazo podrían reducir los riesgos.** Debido a los grandes intervalos propios del sistema climático (~100 años para el CO<sub>2</sub> atmosférico) y de la respuesta humana, las medidas de mitigación y adaptación a corto plazo podrían reducir los riesgos. La inercia en la interacción de los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos es uno de los principales motivos de las ventajas de las medidas anticipadas de adaptación y la mitigación.

→ P5.19 & P5.24

**9.40 La adaptación puede servir de complemento a la mitigación en una estrategia económica para reducir los riesgos asociados con el cambio climático; juntas pueden contribuir a lograr los objetivos del desarrollo sostenible.** Algunas vías futuras que se centran en los componentes sociales, económicos y ambientales del desarrollo sostenible pueden dar como resultado emisiones de gases de efecto invernadero menores que las de otras vías, por lo que también podrían ser menores el grado de políticas y medidas adicionales necesario para alcanzar un nivel determinado de estabilización, y los costos asociados. Una *incertidumbre clave* deriva de la falta de conocimientos apropiados sobre las interacciones entre el cambio climático y otras cuestiones ambientales y las implicaciones socioeconómicas conexas. Un problema afín es la rapidez del cambio en la integración de los principales convenios y protocolos asociados con el cambio climático (como los que abordan el comercio mundial, la contaminación transfronteriza, la diversidad biológica, la desertificación, el agotamiento del ozono estratosférico, y la salud y seguridad alimentaria humanas). También existen incertidumbres sobre la rapidez con que cada uno de los países ha de integrar los conceptos del desarrollo sostenible en los procesos de formulación de políticas.

→ P1.9 & P8.21–28

**9.41 Las vías de desarrollo que atienden a los objetivos de desarrollo sostenible pueden dar como resultado menores niveles de emisiones de gases de efecto invernadero.** En la actualidad se están adoptando, en los países desarrollados y los países en desarrollo, las decisiones fundamentales sobre las vías futuras de desarrollo y el futuro

→ P5.22, P7.25, & P8.26

del clima. Se dispone de información para ayudar a los responsables de la adopción de decisiones a evaluar los beneficios y costos de la adaptación y mitigación sobre una gama de opciones y vías para el desarrollo sostenible. La adaptación preventiva podría tener costos menores que la adaptación reactiva. La mitigación del cambio climático puede reducir y retardar los efectos, disminuyendo los daños y dando a las sociedades humanas, los animales y las plantas más tiempo para adaptarse.

## Labor futura

9.42 **Se ha avanzado mucho en el marco del TIE en muchos aspectos del conocimiento necesario para entender el cambio climático y las respuestas humanas frente a él.** Sin embargo, existen algunos aspectos importantes que necesitan seguirse estudiando, en particular:

- La detección y atribución del cambio climático
- El conocimiento y la predicción de los cambios climáticos a escala regional y de los fenómenos climáticos extremos
- La cuantificación de los impactos del cambio climático a nivel mundial, regional y local
- El análisis de las actividades de mitigación y adaptación
- La integración de todos los aspectos de la cuestión del cambio climático en estrategias para el desarrollo sostenible
- Unas investigaciones completas e integradas en apoyo de la definición lo que constituye exactamente una interferencia peligrosa antropogénica con el sistema climático’.



GTI TIE RRP, GTII TIE  
RRP, & GTIII TIE RRP



# Cambio Climático 2001: Informe de síntesis

---

## Anexos

### **Una Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)**

*El glosario y los otros anexos no se sometieron al Grupo para recabar medidas, como es la práctica habitual del IPCC.*

---

- A. Autores y revisores expertos
- B. Glosario
- C. Siglas, abreviaturas y unidades
- D. Preguntas científicas, técnicas y socioeconómicas seleccionadas por el Grupo
- E. Lista de los principales Informes del IPCC

## Anexo A. Autores y revisores expertos

### Alemania

Heinz-Jurgen Ahlgrimm	Instituto para Tecnología y Biosistemas
Rosemarie Benndorf	Umweltbundesamt
Peter Burschel	Universidad Técnica de Munich
Ulrich Cubasch	Instituto Meteorológico Max Planck
U. Fuentes	Consejo Consultivo Alemán sobre Cambio Mundial
Joanna House	Instituto Biogeoquímico Max Planck
Jucundus Jacobbeit	Universidad de Würzburg
Eberhard Jochem	Vicepresidente, GTIII
Harald Kohl	Ministerio Federal de Medio Ambiente
Petra Mahrenholz	Agencia Federal Alemana de Medio Ambiente
I. Colin Prentice	Instituto Biogeoquímico Max Planck
C. le Quéré	Instituto Biogeoquímico Max Planck
Ferenc Toth	Instituto de Potsdam para Investigación sobre Impactos Climáticos
Manfred Treber	Germanwatch
R. Sartorius	Umweltbundesamt
Michael Weber	Universidad Ludwig-Maximilian Munich
Gerd-Rainer Weber	Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenbergbaus

### Argentina

Daniel Bouille	Fundación Bariloche
Marcelo Cabido	IMBIV, Universidad de Córdoba
Osvaldo F. Canziani	Copresidente, GTII
Rodolfo Carcavallo	Departamento de Entomología
Jorge O. Codignotto	Laboratorio de Geología y Dinámica Costera
Martin de Zuviría	Aeroterra S.A.
Sandra Myrna Díaz	Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal
Jorge Frangi	Universidad Nacional de la Plata
Hector Ginzo	Instituto de Neurobiología
Osvaldo Girardin	Fundación Bariloche
Carlos Labraga	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Nacional Patagónico
Gabriel Soler Fundación	Instituto Latinoamericano de Políticas Sociales (ILAPS)
Walter Vargas	Universidad de Buenos Aires—IEIMA
Ernesto F. Viglizzo	PROCISUR/INTO/CONICET

### Australia

Susan Barrell	Cámara de Meteorología
Bryson Bates	CSIRO
Ian Carruthers	Oficina Australiana para el Efecto Invernadero
Habiba Gitay	Universidad Nacional de Australia
John A. Church	CSIRO—División de Oceanografía
Ove Hoegh-Guldberg	Universidad de Queensland
Roger Jones	CSIRO—Investigación Atmosférica
Bryant McAvaney	Centro de Investigación de la Cámara de Meteorología
Chris Mitchell	CSIRO—Investigación Atmosférica
Ian Noble	Universidad Nacional de Australia
Barrie Pittock	CSIRO—Grupo sobre Efectos Climáticos
Andy Reisinger	Ministerio de Medio Ambiente
B. Soderbaum	Oficina para Políticas sobre Gases de Efecto Invernadero, Oficina Australiana para Gases de Efecto Invernadero
Greg Terrill	Oficina Australiana para Gases de Efecto Invernadero
Kevin Walsh	Principal Investigador Científico del CSIRO—Atmósfera
John Zillman	Vicepresidente, GTI

**Austria**

Helmut Hojesky  
K. Radunsky

Ministerio Federal de Medio Ambiente  
Agencia Federal de Medio Ambiente

**Bangladesh**

Q.K. Ahmad

Bangladesh Unnayan Parishad

**Barbados**

Leonard Nurse

Unidad de Gestión de la Zona Costera

**Bélgica**

Philippe Huybrechts  
C. Vinckier  
R. Zander

Vrije Universiteit de Bruselas  
Departamento de Química, KU Leuven  
Universidad de Lieja

**Benín**

Epiphane Dotou Ahlonsou  
Michel Boko

Servicio Meteorológico Nacional  
Universidad de Bourgogne

**Bosnia**

Misión Permanente de Bosnia y Herzegovina

**Botswana**

Pauline O. Dube

Universidad de Botswana

**Brasil**

Gylvan Meira Filho  
José Roberto Moreira

Vicepresidente, IPCC  
Red del Usuario de Biomasa (BUN)

**Canadá**

Brad Bass  
James P. Bruce  
Margo Burgess  
Wenjun Chen  
Jing Chen  
Stewart J. Cohen  
Patti Edwards  
David Etkin  
Darren Goetze  
J. Peter Hall  
H. Hengeveld  
Pamela Kertland  
Abdel Maaroud  
Joan Masterton  
Chris McDermott  
Brian Mills  
Linda Mortsch  
Tad Murty  
Paul Parker  
John Robinson  
Hans-Holger Rogner  
Daniel Scott  
Sharon Smith  
Barry Smit  
John Stone

Environment Canada  
Cámara del Programa Climático de Canadá  
Natural Resources Canada  
Natural Resources Canada  
Universidad de Toronto  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Servicio Forestal Canadiense  
Environment Canada  
Natural Resources Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Environment Canada  
Baird y Socios, Ingenieros Costeros  
Universidad de Waterloo  
Universidad de British Columbia  
Universidad de Victoria  
Environment Canada  
Natural Resources Canada  
Universidad de Guelph  
Vicepresidente, GTI

Tana Lowen Stratton  
 Roger Street  
 Eric Taylor  
 G. Daniel Williams

Departamento de Asuntos Exteriores y Comercio Internacional  
 Environment Canada  
 Natural Resources Canada  
 Environment Canada (jubilado)

### **Chile**

E. Bassó  
 Consultor Independiente

### **China**

Du Bilan	Instituto Chino para Estrategias en Desarrollo Marino
Z. Chen	Administración Meteorológica China
Liu Chunzhen	Previsión Hidrológica & Centro de Control el Agua
Zhou Dadi	Instituto de Investigación sobre Energía
Qin Dahe	Administración Meteorológica China
Xiaosu Dai	IPCC GTI URT
Lin Erda	Academia China de Ciencias Agrícolas
Mingshan Su	Universidad de Tsinghua
Yihui Ding	Copresidente, GTI
Guangsheng Zhou	Academia China de Ciencias
Z.C. Zhao	Centro Climático Nacional

### **Cuba**

Ramón Pichs-Madruga	Vicepresidente, GTIII
A.G. Suárez	Agencia Cubana para el Medio Ambiente

### **Dinamarca**

Jesper Gundermann	Agencia Danesa para la Energía
Kirsten Halsnaes	Laboratorio Internacional Riso
Erik Rasmussen	Agencia Danesa para la Energía
Martin Stendel	Instituto Meteorológico Danés

### **España**

Sergio Alonso	Universidad de Baleares
Francisco Ayala-Carcedo	Instituto de Tecnología Geominera de España
Luis Balairon	Instituto Meteorológico Nacional
Félix Hernández	CSIC
Don Antonio Labajo Salazar	Gobierno de España
María-Carmen Llasat Botija	Universidad de Barcelona
Josep Peñuelas	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales
Ana Yaber	Universidad Complutense de Madrid

### **Estados Unidos**

Dilip Ahuja	Instituto Nacional de Estudios Avanzados
Dan Albritton	NOAA—Laboratorio de Aeronomía
Jeffrey S. Amthor	Laboratorio Nacional Oak Ridge
Peter Backlund	Oficina de Política Científica y Tecnológica, División de Medio Ambiente
Lee Beck	Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.
Leonard Bernstein	IPIECA
Daniel Bodansky	Departamento de Estado de los EE.UU.
Rick Bradley	Departamento de Energía de los EE.UU.
James L. Buizer	Administración Nacional Oceánica & Atmosférica
John Christy	Universidad de Alabama
Susan Conard	Oficina de Política Científica y Tecnológica, División de Medio Ambiente
Curt Covey	Laboratorio Nacional Lawrence Livermore
Benjamin DeAngelo	Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.

Robert Dickinson	Universidad de Arizona
David Dokken	Corporación Universitaria para Investigación Atmosférica
Rayola Dougher	Instituto Americano para Petróleo
William Easterling	Universidad del Estado de Pennsylvania
Jerry Elwood	Departamento de Energía
Paul R. Epstein	Harvard Medical School
Paul D. Farrar	Oficina Naval Oceanográfica
Howard Feldman	Instituto Americano para Petróleo
Josh Foster	Oficina del NOAA sobre Programas Mundiales
Laurie Geller	Consejo Nacional de Investigación
Michael Ghil	Universidad de California, Los Ángeles
Vivien Gornitz	Universidad de Columbia
Kenneth Green	Reason Public Policy Unit
David Harrison	Asociación para Investigación Económica Nacional
David D. Houghton	Universidad de Wisconsin, Madison
Malcolm Hughes	Universidad de Arizona
Stanley Jacobs	Lamont-Doherty Earth Observatory, Universidad de Columbia
Henry D. Jacoby	Instituto de Tecnología de Massachusetts
Judson Jaffe	Consejo de Consejeros Económicos
Steven M. Japar	Ford Motor Company
Russell O. Jones	Instituto Americano para Petróleo
Sally Kane	NOAA
T. Karl	Centro Nacional sobre Datos Climáticos del NOAA
Charles Keller	IGPP.SIO.UCSD
Haroon Kheshgi	Exxon Research & Engineering Company
Ann Kinzig	Universidad del Estado de Arizona
Maureen T. Koetz	Instituto para Energía Nuclear
Rattan Lal	Universidad del Estado de Ohio
Chris Landsea	NOAA AOML/División de Investigación sobre Huracanes
Neil Leary	Jefe, GTII URT
Sven B. Lundstedt	Universidad del Estado de Ohio
Anthony Lupo	Universidad de Missouri, Columbia
Michael C. MacCracken	Programa de los EE.UU. para Investigación sobre el Cambio Mundial
James J. McCarthy	Copresidente, GTII
Gerald Meehl	NCAR
Robert Mendelsohn	Universidad de Yale
Patrick Michaels	Universidad de Virginia
Evan Mills	Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley
William Moomaw	Escuela Fletcher para Derecho y Diplomacia, Universidad de Tufts
Berrien Moore	Universidad de New Hampshire
James Morison	Universidad de Washington
Jennifer Orme-Zavaleta	USEP/NHEERL/WED
Camille Parmesan	Universidad de Texas
J.A. Patz	Universidad Johns Hopkins
Joyce Penner	Universidad de Michigan
Roger A. Pielke	Universidad del Estado de Colorado
Michael Prather	Universidad de California, Irvine
Lynn K. Price	Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley
V. Ramaswamy	NOAA
Robert L. Randall	Instituto para la Regeneración de Selvas Tropicales
Richard Richels	Instituto para Investigación sobre Energía Eléctrica
David Rind	Agencia Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)
Catriona Rogers	Programa de los EE.UU. para Investigación sobre el Cambio Mundial
Matthias Ruth	Universidad de Maryland
Jayant Sathaye	Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley

Michael Schlesinger	Universidad de Illinois, Urbana-Champaign
Stephen Schneider	Universidad de Stanford
Michael J. Scott	Laboratorio Nacional Battelle Pacific Northwest
Roger Sedjo	Recursos para el Futuro
Walter Short	Laboratorio Nacional para Energía Renovable
Joel B. Smith	Stratus Consulting Inc.
Robert N. Stavins	Escuela John F. Kennedy para Gobierno, Universidad de Harvard
Ron Stouffer	Departamento de Comercio de los EE.UU./NOAA
T. Talley	Oficina para Cambio Mundial, Departamento de Estado de los EE.UU.
Kevin Trenberth	NCAR
Edward Vine	Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley
Henry Walker	Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU
Robert Watson	Presidente, IPCC
Howard Wesoky	Administración Federal sobre Aviación
John P. Weyant	Energy Modeling Forum, Universidad de Stanford
Tom Wilbanks	Laboratorio Nacional Oak Ridge

**Filipinas**

Lewis H. Ziska

Instituto Internacional para Investigación sobre el Arroz

**Finlandia**

Timothy Carter  
 P. Heikinheimo  
 Raino Heino  
 Pekka E. Kauppi  
 R. Korhonen  
 A. Lampinen  
 I. Savolainen

Instituto Finlandés para el Medio Ambiente  
 Ministerio de Medio Ambiente  
 Instituto Meteorológico Finlandés  
 Universidad de Helsinki  
 VTT Energy  
 Universidad de Jyväskylä  
 VTT Energy

**Francia**

Olivier Boucher  
 Marc Darras  
 Jane Ellis  
 Jean-Charles Hourcade  
 J.C. Morlot  
 M. Petit

Universidad de Lille I  
 Gaz de France  
 OCDE  
 CIRED/CNRS  
 Departamento de Medio Ambiente  
 École Polytechnique

**Gambia**

B.E. Gomez  
 M. Njie

Departamento de Recursos hídricos  
 Departamento de Recursos hídricos

**Hungría**

G. Koppany  
 Halldor Thorgeirsson

Universidad de Szeged  
 Ministerio de Medio Ambiente

**India**

Murari Lal  
 Rajendra K. Pachauri  
 N.H. Ravindranath  
 Priyadarshi Shukla  
 Leena Srivastava

Instituto Indio para Technología  
 Instituto Tata para Investigación sobre Energía  
 Instituto Indio de Ciencias  
 Instituto Indio de Gestión  
 Instituto Tata para Investigación sobre Energía

**Indonesia**

R.T.M. Sutamihardja

Vicepresidente, GTIII

**Israel**

Simon Krichak

Universidad de Tel Aviv

**Italia**

Filippo Giorgi

Annarita Mariotti

Centro Internacional Abdus Salam para Física Teórica (ICTP)

ENEA—Sección Climática

**Japón**

Kazuo Asakura

Noriyuki Goto

Mariko Handa

Hideo Harasawa

Yasuo Hosoya

Y. Igarashi

Takeshi Imai

M. Inoue

Hisashi Kato

Naoki Matsuo

Hisayoshi Morisugi

Tsuneyuki Morita

Shinichi Nagata

S. Nakagawa

Yoshiaki Nishimura

Ichiro Sadamori

Akihiko Sasaki

Shojo Sato

A. Takeuchi

Kanako Tanaka

Tomihiro Taniguchi

Instituto de Investigación Central (CRIEPI)

Universidad de Tokyo, Komaba

Organización para el Paisaje y Desarrollo de Tecnología Verde Urbana

Departamento de Sistemas Sociales y de Medio Ambiente

Compañía de Energía Eléctrica de Tokyo

Ministerio de Asuntos Exteriores

Kansai Electric Power Co., Inc.

Ministerio de Economía, Comercio e Industria

Instituto de Investigación Central del Sector Eléctrico

Instituto de Investigación sobre Industria Mundial y Progreso Social (GISPRI)

Universidad de Tohoku

Instituto Nacional de Estudios Ambientales

Agencia para el Medio Ambiente

Agencia Meteorológica Japonesa

Instituto de Investigación Central del Sector Eléctrico

Instituto de Investigación sobre Industria Mundial y Progreso Social (GISPRI)

Instituto Nacional de Salud Pública

Chuba Electrical Power Co.

Agencia Meteorológica Japonesa

Industria Mundial y Progreso Social

Vicepresidente, IPCC

**Kenia**

Richard S. Odingo

Kingiri Senelwa

Vicepresidente, GTIII

Universidad Moi

**Malawi**

Paul Desanker

Universidad de Virginia

**México**

Gustavo Albin

Misión Permanente Representativa de México

**Marruecos**

Abdelkader Allali

Abdalah Mokssit

Ministerio de Agricultura, Desarrollo Rural y Pesca

Centro Nacional de Clima e Investigación Meteorológica

**Nueva Zelanda**

Jon Barnett

Vincent Gray

Wayne Hennessy

Piers Maclareen

Martin Manning

Helen Plume

A. Reisinger

J. Salinger

Ralph Sims

Centro Macmillan Brown para Estudios sobre el Pacífico, Universidad de Canterbury

Consultor sobre Asuntos Climáticos

Asociación Neozelandesa sobre Estudios del Carbón, Inc.

Instituto Neozelandés de Investigación Forestal

Vicepresidente, GTII

Ministerio de Medio Ambiente

Ministerio de Medio Ambiente

Instituto Nacional de Investigación Acuática y Atmosférica (NIWA)

Universidad de Massey

**Níger**

Garba Goudou Dieudonné

Oficina del Primer Ministro

**Nigeria**

Sani Sambo

Universidad Abubakar Tafawa Balewa

**Noruega**

Torgrim Aspjell  
 Oyvind Christophersen  
 Eirik J. Forland  
 S. Gornas  
 Jarle Inge Holten  
 Snorre Kverndokk  
 A. Moene  
 Audun Rossland  
 Nils R. Saelthun  
 Tom Segalstad  
 S. Sundby  
 Kristian Tangen

Autoridades Noruegas para el Control de la Contaminación  
 Ministerio de Medio Ambiente  
 Instituto Meteorológico Noruego  
 Universidad de Bergen  
 Investigación Ecológica Terrestre  
 Centro Frisch  
 Instituto Meteorológico Noruego  
 Autoridades Noruegas para el Control de la Contaminación  
 Administración Noruega para Recursos hídricos y Energía  
 Universidad de Oslo  
 Instituto de Investigación Marina  
 Instituto Fridtjof Nansen

**Omán**

Mohammed bin Ali Al-Hakmani

Ministerio de Municipalidades Regionales, Medio Ambiente y Recursos hídricos

**Países Bajos**

Alphonsus P.M. Baede  
 T.A. Buishand  
 W.L. Hare  
 Catrinus J. Jepma  
 E. Koekkoek  
 Rik Leemans  
 K. McKullen  
 Bert Metz  
 Leo Meyer  
 Maresa Oosterman  
 M.B.A.M. Scheffers  
 Rob Swart  
 H.M. ten Brink  
 Aad P. van Ulden  
 J. Verbeek

Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos (KNMI)  
 Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos (KNMI)  
 Greenpeace Internacional  
 Universidad de Groningen  
 Ministerio de Vivienda, Planificación Espacial y Medio Ambiente  
 Instituto Nacional de Salud Pública y Protección del Medio Ambiente  
 Greenpeace Internacional  
 Copresidente, GTIII  
 Ministerio de Medio Ambiente  
 Ministerie van Buitenlandse Zaken  
 Instituto Nacional de Gestión Costera y Marina  
 Presidente, GTIII URT  
 ECN  
 Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos  
 Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Gestión del Agua

**Pakistán**

Tariq Banuri

Instituto de Políticas para Desarrollo Sostenible

**Perú**

Eduardo Calvo  
 Nadia Gamboa

Vicepresidente, GTIII  
 Universidad Pontificia Católica del Perú

**Polonia**

Jan Dobrowolski  
 Zbyszek Kundzewicz  
 Mirosław Mietus  
 A. Olecka  
 M. Sadowski  
 Wojciech Suchorzewski

Escuela Goetel para Protección del Medio Ambiente e Ingeniería  
 Academia Polaca de Ciencias  
 Instituto de Meteorológica y Gestión Acuática  
 Fondo Nacional para Protección del Medio Ambiente y Gestión del Agua  
 Fondo Nacional para Protección del Medio Ambiente y Gestión del Agua  
 Universidad Técnica de Varsovia

**Reino Unido**

Nigel Arnell	Universidad de Southampton
C. Baker	Consejo de Investigación Natural y Medio Ambiente
Terry Barker	Universidad de Cambridge
K. G. Begg	Universidad de Surrey
S.A. Boehmer-Christiansen	Universidad de Hull
Richard Courtney	The Libert*
K. Deyes	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA)
Thomas E. Downing	Instituto sobre Cambios en el Medio Ambiente, Universidad de Oxford
Caroline Fish	División Atmosférica Mundial
Chris Folland	Oficina Meteorológica, Centro Hadley
Jonathan Gregory	Centro sobre Investigación Climática Hadley
Steve Gregory	Comisión Forestal
David Griggs	Jefe, GTI URT
Joanna Haigh	Imperial College
M. Harley	English Nature
Susan Haseldine	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA)
John Houghton	Copresidente, GTI
Mike Hulme	Universidad de East Anglia
Michael Jefferson	Consejo sobre Energía Mundial
Cathy Johnson	IPCC, Grupo de Trabajo I
Sari Kovats	Escuela de Higiene y Medicina Tropical, Universidad de Londres
David Mansell-Moullin (IPIECA)	Asociación Internacional sobre Conservación del Medio Ambiente de la Industria Petrolera
Anil Markandya	Universidad de Bath
A. McCulloch	ICI Chemicals & Polymers Limited
Gordon McFadyen	División de la Atmósfera Mundial, Ministerio de Medio Ambiente, Transporte y Regiones
A.J. McMichael	Escuela de Higiene y Medicina Tropical, Universidad de Londres
Aubrey Meyer	Global Commons Institute
John Mitchell	Centro Hadley
Martin Parry	Instituto Jackson sobre Medio Ambiente
J.M. Penman	Ministerio de Medio Ambiente, Transporte y Regiones
Sarah Raper	Universidad de East Anglia
Keith Shine	Departamento de Meteorología, Universidad de Reading
P. Singleton	Agencia Escocesa para Protección del Medio Ambiente
Peter Smith	IACR–Rothamsted
P. Smithson	Universidad de Sheffield
Peter Thorne	Escuela de Ciencias para Medio Ambiente, Universidad de East Anglia
P. van der Linden	Centro Meteorológico Hadley para Predicción e Investigación
David Warrilow	Ministerio de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales
Philip L. Woodworth	Observatorio Bidston

**República Checa**

Jan Pretel	Vicepresidente, GTII
------------	----------------------

**República Eslovaca**

Milan Lapin	Universidad Comenius
-------------	----------------------

**Rumanía**

Vasile Cuculeanu	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Adriana Marica	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**Rusia**

Yurij Anokhin	Instituto de Clima Mundial y Ecología
Oleg Anisimov	Instituto Nacional de Hidrología

Igor Bashmakov  
Igor Karol  
Alla Tsyban  
Yuri Izrael

Centro para Eficiencia Energética (CENEF)  
Principal Observatorio Geofísico  
Instituto de Clima Mundial y Ecología  
Vicepresidente, IPCC

### **Senegal**

Alioune Ndiaye

Vicepresidente, GTII

### **Sierra Leona**

Ogunlade R. Davidson

Copresidente GTIII

### **Sudáfrica**

Gerrie Coetzee  
Bruce Hewitson  
Steve Lennon Eskom  
Robert J. Scholes

Departamento de Medio Ambiente y Turismo  
Universidad de Capetown  
  
CSIR

### **Sri Lanka**

Mohan Munasinghe  
B. Punyawardena

Vicepresidente, GTIII  
Departamento de Agricultura

### **Sudán**

Nagmедин Elhassan

Consejo Superior para Medio Ambiente y Recursos Naturales

### **Suecia**

Marianne Lillieskold  
Ulf Molau  
Nils-Axel Morner  
Markku Rummukainen

Agencia Sueca para Protección del Medio Ambiente  
Universidad de Gothenburg  
Universidad de Estocolmo—Departamento de Paleogeofísica y Geodinámica  
Instituto Sueco Meteorológico e Hidrológico

### **Suiza**

Christof Appenzeller  
Renate Christ  
Fortunat Joos  
Herbert Lang  
José Romero  
T. Stocker

Oficina Federal de Meteorología y Climatología (MetroSwiss)  
Secretaría del IPCC  
Vicepresidente, GTI  
Instituto Suizo Federal de Tecnología, Zúrich (ETH)  
Oficina Federal de Medio Ambiente, Bosques y Paisajes  
Universidad de Berna

### **Tanzania**

M.J. Mwandoxya  
Buruhani S. Nyenzi

Centro para Energía, Medio Ambiente, Ciencia y Tecnología  
Vicepresidente, GTI

### **Venezuela**

Armando Ramírez Rojas

Vicepresidente, GTI

### **Zimbabwe**

Chris Magadza  
M.C. Zinyowera

Universidad de Zimbabwe  
MSU—Gobierno de Zimbabwe

## Anexo B. Glosario de términos

Este Glosario está basado en los glosarios publicados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2001a, b, c); sin embargo, se ha llevado a cabo un trabajo adicional en aras de la coherencia y el afinamiento de algunos términos. Las definiciones que figuran de forma independientes en el glosario se consignan en letra cursiva.

### Aclimatación

Adaptación fisiológica a las variaciones climáticas.

### Actividad solar

El Sol presenta períodos de gran actividad que se observan en una serie de manchas solares, además de producción radiactiva, actividad magnética, y emisión de partículas de gran energía. Estas variaciones tienen lugar en una serie de escalas temporales que van desde millones de años a minutos. Véase también *Ciclo solar*.

### Absorción

La adición de una sustancia de preocupación a un depósito. La absorción de sustancias que contienen carbono, en particular dióxido de carbono, se denomina a menudo secuestro (de carbono). Véase también *Secuestro*.

### Actividades de aplicación conjunta (AAC)

Fase piloto de la *Aplicación conjunta*, tal como se define en el Artículo 4.2 a) de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, que autoriza actividades conjuntas entre países desarrollados (y sus empresas) y entre países desarrollados y en desarrollo (y sus empresas). Las AAC están concebidas para que de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático adquieran experiencia en actividades para proyectos ejecutados de forma conjunta. Las AAC no devengan ningún crédito durante la fase piloto. Aún se debe decidir sobre el futuro de los proyectos de AAC y su relación con los *Mecanismos de Kyoto*. Como una forma sencilla de permisos comercializables, las AAC y otros esquemas basados en el mercado, son mecanismos que potencialmente pueden estimular flujos adicionales de recursos para la mejora del medio ambiente mundial. Véase también *Mecanismo para un Desarrollo Limpio* y *Comercio de derechos de emisiones*

### Acuerdo voluntario

Acuerdo entre una autoridad gubernamental y una (o varias) partes privadas, además de compromiso unilateral reconocido por la autoridad pública, para lograr objetivos ambientales o para mejorar los resultados ambientales, más allá de la *observancia*.

### Acuicultura

Reproducción y crianza de peces, moluscos, etc., o cultivo de plantas con fines alimentarios, en estanques especiales.

### Acuífero

Estrato de roca permeable que contiene agua. Un acuífero no confinado se recarga directamente por medio del agua de lluvia, ríos y lagos, y la velocidad de la recarga se ve influenciada por la permeabilidad de las rocas y suelos en las capas superiores. Un acuífero confinado se caracteriza por un manto superior que es impermeable y por lo tanto las lluvias locales no afectan el acuífero.

### Adaptabilidad

Véase *Capacidad de adaptación*.

### Adaptación

Ajuste de los *sistemas humanos* o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al *cambio climático* se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a *estímulos* climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

### Adicionalidad

Reducción de las *emisiones de las fuentes*, o mejoramiento de la eliminación por *sumideros*, que es adicional a la que pudiera producirse en ausencia de una actividad de proyecto en el marco de la *Aplicación conjunta* o el *Mecanismo para un Desarrollo Limpio*, tal como se definen en los artículos del *Protocolo de Kyoto* sobre Aplicación Conjunta y Mecanismo para un Desarrollo Limpio. Esta definición se puede ampliar para incluir tecnologías, inversiones y mecanismos de financiación adicionales. En virtud de la ‘adicionalidad financiera’, la financiación de la actividad de proyecto será adicional a las otras fuentes, que sean el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), otros compromisos financieros de las Partes incluidas en el Anexo I, Ayuda Oficial para el Desarrollo o cualquier otro sistema de cooperación. En virtud de la ‘adicionalidad de inversión’, el valor de la *Unidad de Reducción de Emisiones / Unidad Certificada de Reducción de Emisiones* mejorará en gran medida la viabilidad financiera y/o comercial del proyecto. En virtud de la ‘adicionalidad tecnológica’, la tecnología utilizada para el proyecto será la mejor disponible dada las circunstancias de la Parte beneficiaria del proyecto.

### Adopción de decisiones secuenciales

Adopción de decisiones por pasos para la identificación de estrategias a corto plazo en vista de incertidumbres a largo plazo, mediante la incorporación de información adicional a lo largo del tiempo y las correcciones en períodos intermedios.

### Aerosol carbonáceo

Aerosol que consiste predominantemente en sustancias orgánicas y varias formas de *carbono negro* (Charlson y Heintzenberg, 1995).

## Aerosol orgánico

Partículas de *aerosol* compuestas predominantemente de compuestos orgánicos, sobre todo C, H, y O, y cantidades más reducidas de otros elementos (Charlson y Heintzenberg, 1995). Véase *Aerosol carbonáceo*.

## Aerosoles

Grupo de partículas sólidas o líquidas transportadas por el aire, con un tamaño de 0,01 a 10 mm, que pueden sobrevivir en la atmósfera al menos durante unas horas. Los aerosoles pueden tener un origen natural o *antropogénico*. Los aerosoles pueden tener influencia en el *clima* de dos formas diferentes: directamente, por dispersión y absorción de la radiación, e indirectamente, al actuar como núcleos de condensación en la formación de nubes o modificar las propiedades ópticas y tiempo de vida de las nubes. Véase *Efectos indirectos de aerosoles*.

## Agencia Internacional de la Energía (IEA)

Foro que se ocupa de las cuestiones de energía, establecido en 1974, con sede en París. Está vinculada con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos(OCDE), para facilitar a los países miembros la adopción de medidas conjuntas para atender a las emergencias relacionadas con el abastecimiento de petróleo, intercambiar información sobre energía, coordinar sus políticas energéticas y cooperar en el desarrollo de programas energéticos racionales.

## Agua retirada

Cantidad de agua retirada de depósitos hídricos.

## Agujero del ozono

Véase *Capa de ozono*.

## Ajustes de flujo

Para evitar que el problema de que las simulaciones generales combinadas de circulación atmósfera–océano nos desvíen hacia un estado climático no realista, se pueden aplicar ajustes a los flujos de calor y humedad de la atmósfera–océano ( y a veces las presiones en la superficie que resultan de los efectos del viento sobre la superficie oceánica) antes de imponer estos flujos en la simulación oceánica y atmosférica. Como estos ajustes se calculan de antemano y son, por lo tanto, independientes de la integración de la simulación combinada, no están correlacionados con las anomalías que se desarrollen durante la integración.

## Albedo

Fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto. A menudo se expresa como porcentaje. Las superficies cubiertas por nieve tienen un alto nivel de albedo; el albedo de los suelos puede ser alto o bajo; las superficies cubiertas de vegetación y los océanos tienen un bajo nivel de albedo. El albedo de la Tierra varía principalmente debido a los niveles diferentes de nubes, nieve, hielo, vegetación y cambios en la superficie terrestre.

## Alpina

Zona biogeográfica formada por laderas más arriba del límite forestal, que se caracteriza por la presencia de plantas herbáceas en forma de rosetones y plantas madereras bajas de crecimiento lento.

## Análisis de estabilización

En este informe, se refiere a los análisis o escenarios que se ocupan de la estabilización de la concentración de *gases de efecto invernadero*.

## Anegación

Elevación del nivel de agua en relación con el de la tierra, por la cual zonas de tierra anteriormente secas se inundan como resultado de un hundimiento o una elevación del nivel del mar.

## Antropogénico

Resultante o producido por acciones humanas.

## Aplicación conjunta (AC)

Mecanismo de aplicación basado en el mercado y definido en el Artículo 6 del *Protocolo de Kyoto*, que permite que los países del Anexo I o las empresas de dichos países puedan implementar proyectos de forma conjunta que limiten o reduzcan las emisiones, o mejoren los sumideros, y que compartan sus *Unidades de Reducción de Emisiones*. Las actividades de AC también se permiten en el Artículo 4.2 a) de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Véase también *Actividades de aplicación conjunta y Mecanismos de Kyoto*.

## Aplicación

Por aplicación se entienden las acciones (legislativas o normativas, decretos judiciales, u otros actos) que adoptan los gobiernos para plasmar los acuerdos internacionales en políticas y leyes nacionales. Incluyen los fenómenos y actividades que tienen lugar después de emitir directivas públicas con autoridad, así como los esfuerzos para administrarlas y los impactos sobre personas y eventos. Es importante distinguir entre la aplicación que consiste en reflejar los compromisos internacionales (en leyes nacionales) y la aplicación efectiva (las medidas que inducen a cambios en el comportamiento de los grupos a los que se dirigen). La observancia depende de la adhesión y la medida de la adhesión de los países a las disposiciones del acuerdo. La observancia se centra no sólo en cerciorarse de que las medidas que se deben implementar tienen vigencia, sino también si se cumplen con las medidas de aplicación. La observancia mide el grado en que los destinatarios de las medidas, ya sean unidades gubernamentales locales, corporaciones, organizaciones o particulares, se ajustan a las obligaciones y medidas para la aplicación.

## Asentamientos humanos

Lugar o zona habitada.

## Atmósfera

Cubierta gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está formada casi en su integridad por nitrógeno (78,1 por ciento de la proporción de mezcla de volumen) y por oxígeno (20,9 por ciento de la proporción de mezcla de volumen), junto con una serie de pequeñas cantidades de otros gases como argón (0,93 por ciento de la mezcla de volumen), el helio, y *gases radiativos de efecto invernadero* como el *dióxido de carbono* (0,035 por ciento de la mezcla de volumen) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, con una cantidad variable pero que es normalmente de un 1 por ciento del volumen de mezcla. La atmósfera también contiene nubes y *aerosoles*.

## Atribución

Véase Detección y atribución.

## Banco

Según el *Protocolo de Kyoto* [Artículo 3(13)], las Partes incluidas en el Anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* pueden ahorrar el exceso de asignaciones o créditos de emisiones en el primer período del compromiso, para utilizarlos en períodos posteriores (después del 2012).

## Base de recursos

La base de recursos incluye las *reservas* y los *recursos*.

## Beneficios secundarios

Beneficios laterales o secundarios de las políticas orientadas exclusivamente a la *mitigación del cambio climático*. Dichas políticas tienen un impacto no sólo en las emisiones de *gases de efecto invernadero*, sino también en la eficiencia del uso de los recursos (por ejemplo, la reducción de las emisiones de agentes contaminantes del aire locales y regionales asociados con el uso de combustibles fósiles) y en temas como transporte, agricultura, prácticas sobre el uso de las tierras, empleo y seguridad de los combustibles. A veces se hace referencia a estas ventajas como ‘efectos auxiliares’ para reflejar que, en algunos casos, los beneficios pueden ser negativos. Desde el punto de vista de políticas dirigidas a la disminución de la contaminación en el aire, también se puede considerar como un beneficio secundario la mitigación de los *gases de efecto invernadero*, pero estas relaciones no se tienen en cuenta en esta evaluación.

## Beneficios conjuntos

Beneficios de las políticas que, por varias razones, se aplican simultáneamente—incluida la mitigación del cambio climático—teniendo en cuenta que la mayoría de las políticas diseñadas para abordar la mitigación de *gases de efecto invernadero* también tienen otras razones, a menudo de la misma importancia, (por ejemplo las relacionadas con los objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad). También se utiliza en un sentido más genérico el término ‘impacto conjunto’, para cubrir los aspectos positivos y negativos de los beneficios. Véase también *Beneficios secundarios*.

## Biocombustible

Combustible producido a partir de material seco orgánico o aceites combustibles producidos por plantas. Entre los ejemplos de biocombustibles se encuentran el alcohol (a partir de azúcar fermentado), el licor negro proveniente del proceso de fabricación de papel, la madera y el aceite de soja.

## Bioma

Categoría amplia de animales y plantas similares que conviven en un espacio determinado o bajo condiciones ambientales parecidas.

## Biomasa

Masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente (‘biomasa muerta’).

## Biosfera (terrestre y marina)

Parte del sistema terrestre que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos en la atmósfera, en la tierra (biosfera terrestre), o en los océanos (biosfera marina), incluida materia orgánica muerta derivada (por ejemplo, basura, materia orgánica en suelos y desechos oceánicos).

## Biota

Todos los organismos vivos de una zona; la flora y la fauna consideradas como una unidad.

## Bosques

Tipo de vegetación dominada por árboles. En todo el mundo se utilizan muchas definiciones del término “bosque”, lo que refleja las amplias diferencias en las condiciones biogeofísicas, estructuras sociales, y economías. Véase un estudio del término bosques y asuntos relacionados, como forestación, reforestación, y deforestación, en el Informe Especial del IPCC: Uso de las tierras, cambio de uso de la tierra, y silvicultura

## Bosques boreales

*Bosques* de pinos, abetos y alerces que se extiende desde la costa Este de Canadá hacia el Oeste hasta Alaska, y que continúa desde Siberia a lo largo de Rusia hasta las llanuras europeas.

## Cambio climático

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su *variabilidad*, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes *antropogénicos* en la composición de la *atmósfera* o en el *uso de las tierras*. Se debe tener en cuenta que la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC), en su Artículo 1, define ‘cambio climático’ como: ‘un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos

de tiempo comparables'. La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales. Véase también *Variabilidad climática*.

### Cambio climático rápido

La no linealidad del sistema climático puede llevar a un rápido cambio climático, lo que se denomina a veces fenómenos repentinos o incluso sorpresivos. Algunos de dichos cambios repentinos pueden ser imaginables, por ejemplo la rápida reorganización de la circulación termohalina, la rápida retirada de los glaciares, o la fusión masiva del permafrost, que llevaría a unos rápidos cambios en el *ciclo de carbono*. Otros pueden suceder sin que se esperen, como consecuencia del forzamiento fuerte y rápidamente cambiante de un sistema no lineal.

### Cambio de combustible

Política diseñada para reducir las emisiones de *dióxido de carbono*, adoptando combustibles con menos contenido de carbono, como el paso de carbón a gas natural.

### Cambio en el uso de las tierras

Un cambio en el uso o gestión de las tierras por los humanos, que puede llevar a un cambio en la cubierta de dichas tierras. La cubierta de las tierras y el cambio en el uso de las tierras pueden tener un impacto en el albedo, la evapotranspiración, y las fuentes y los *sumideros de gases de efecto invernadero*, u otras propiedades del *sistema climático*, y puede tener igualmente consecuencias en el clima, ya sea de manera local o mundial. Véase también el Informe Especial del IPCC: Informe Especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

### Cambio estructural

Modificación, por ejemplo, de la distribución relativa del *Producto interno bruto* producido por los sectores industriales, agrícolas y de servicios de una economía o, de manera más general, las transformaciones de los sistemas cuando algunos componentes son cambiados o sustituidos potencialmente por otros.

### Cambio eustático del nivel del mar

Cambio en el nivel medio mundial del mar provocado por una alteración del volumen de los océanos en todo el mundo, a raíz de cambios en la densidad del agua o de su masa total. Cuando se habla de cambios a *escalas temporales* geológicas, este término incluye a veces cambios en el nivel medio del mar causados por la alteración de la forma de las cuencas oceánicas. En este informe, no se utiliza el término en este sentido.

### Cambio secular (relativo) del nivel del mar

Alteración a largo plazo del nivel relativo del mar, causada por cambios eustáticos (producidos por la expansión térmica) o cambios en los movimientos verticales de tierras.

### Cantidades atribuidas (CA)

En virtud del *Protocolo de Kyoto*, la cantidad atribuida es la cantidad total de emisiones de *gases de efecto invernadero* que cada País del Anexo B ha acordado que no se exceda durante el primer período de compromiso (desde el 2008 al 2012). Esta cantidad se calcula multiplicando por cinco las emisiones totales de gases de efecto invernadero de un país en el 1990 (debido al período de 5 años de compromiso) y luego por el porcentaje acordado en el Anexo B del Protocolo de Kyoto (por ejemplo, 92 por ciento para la Unión Europea, 93 por ciento para Estados Unidos).

### Casquete de hielo

Masa de hielo con forma de cúpula que cubre una zona alta, y que es considerablemente más pequeña que una placa de hielo.

### Capa de ozono

La capa de la *estratosfera* contiene una capa en que la concentración del ozono es mayor, y que se denomina capa de ozono. Esta capa tiene una extensión de 12 a 40 km. La concentración de ozono alcanza un máximo entre 20 y 25 km. Esta capa se está agotando debido a emisiones de compuestos con cloro y bromuro debidas a la actividad humana. Cada año, durante la primavera del Hemisferio Sur, se produce un importante agotamiento de la capa de ozono en la región antártica, al que también contribuyen los compuestos con cloro y bromuro derivados de la actividad humana, junto con las condiciones meteorológicas de esta zona. Este fenómeno se denomina el *agujero del ozono*.

### Capa mixta

Zona superior del océano que está muy mezclada debido a la interacción con la atmósfera que tiene por encima.

### Capacidad de adaptación

Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas.

### Capacidad de mitigación

Estructuras y condiciones sociales, políticas y económicas que se requieren para una *mitigación* eficaz.

### Carbono negro

Especie de carbono definida en base a la medida de absorción de luz y reactividad química y/o estabilidad térmica. Consiste en carbón vegetal, hollín, y/o materia orgánica que puede ser refractaria (Charlson y Heintzenberg, 1995).

### Carga

Masa total de sustancias gaseosas que son motivo de preocupación en la *atmósfera*.

## Ciclo del carbono

Término utilizado para describir el flujo de carbono (en varias formas, por ejemplo el dióxido de carbono) a través de la atmósfera, océanos, biosfera terrestre, y litosfera.

## Ciclo Solar ('Ciclo de 11 años')

Modulación casi regular de la actividad solar, con una amplitud variable y un período comprendido entre 9 y 13 años.

## Ciénaga

Zona con capacidad de desagüe insuficiente que contiene una gran cantidad de material vegetal acumulado, rodeada con frecuencia por agua y con una flora característica (como juncias, brezo y esfagno).

## Cinta transportadora oceánica

Vía teórica por la que circula el agua en todos los océanos de la Tierra, impulsada por los vientos y la *circulación termohalina*.

## Circulación general

Movimientos a gran escala de la atmósfera y los océanos como consecuencia del calor diferencial en la Tierra en rotación, con el objetivo de restablecer el equilibrio energético del sistema mediante el transporte de calor y el impulso.

## Circulación termohalina

Circulación a gran escala impulsada por la densidad en el océano, causada por las diferencias en temperatura y salinidad. En el Atlántico Norte, la circulación termohalina consiste en el flujo de agua cálida en la superficie, hacia el Norte, y de agua fría en profundidad, que se desplaza hacia el Sur, lo que resulta en un transporte neto de calor hacia el polo. El agua de la superficie se hunde en algunas regiones muy confinadas localizadas en altitudes altas.

## Clima

En sentido estricto, se suele definir el clima como 'estado medio del tiempo' o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años. El período normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las cantidades aludidas son casi siempre variables de la superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el 'clima' es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático.

## Clorofluorocarbonos (CFC)

Gases de efecto invernadero incluidos en el *Protocolo de Montreal* de 1987 y utilizados para refrigeración, aire acondicionado, empaquetado, aislamiento, disolventes o propelentes para aerosoles. Como no se destruyen en la baja atmósfera, los CFC se desplazan hasta la alta atmósfera donde,

con las condiciones apropiadas, descomponen el ozono. Estos gases están siendo sustituidos por otros compuestos, incluidos los hidroclorofluorocarbonos y los hidrofluorocarbonos, que son gases de efecto invernadero incluidos en el *Protocolo de Kyoto*.

## CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) equivalente

Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiativo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

## Co-generación

Empleo del calor residual resultante de la generación eléctrica (por ejemplo, los gases de escape de turbinas de gas), ya sea con fines industriales o calefacción local.

## Cólera

Infección intestinal que produce deposiciones acuosas, dolores abdominales espasmódicos y, a veces, desvanecimiento por deshidratación.

## Combustibles fósiles

Combustibles basados en carbono de depósitos de carbono fósil, incluidos el petróleo, el gas natural y el carbón.

## Comercio de derechos de emisiones

Enfoque basado en el mercado para lograr objetivos ambientales que permiten a los países que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de los niveles requeridos, utilizar o comercializar el remanente de derechos de emisión para compensar las emisiones en otra fuente dentro o fuera del país. En general, el comercio puede ocurrir entre empresas o a nivel nacional o internacional. El Segundo Informe de Evaluación del IPCC incorporó el empleo de 'permisos' para sistemas de comercio nacional y 'cupos' para el internacional. El comercio de derechos de emisiones en virtud del Artículo 17 del *Protocolo de Kyoto* es un sistema de cupos comercializables, basado en cantidades atribuidas calculadas a partir y de los compromisos de reducción y limitación de emisiones incluidos en la lista del Anexo B del Protocolo. Véase también *Unidad de reducción certificada de emisiones* y *Mecanismo para un Desarrollo Limpio*.

## Conferencia de las Partes (COP)

Órgano supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), que incluye a los países que han ratificado o adherido a la CMCC. El primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes (COP-1) se celebró en Berlín en 1995, seguida de la COP-2 en Ginebra en 1996, la COP-3 en Kyoto en 1997, COP-4 en Buenos Aires en 1998, COP-5 en Bonn 1999, la Parte 1 de la COP-6 en La Haya en 2000, y la Parte 2 de la COP-6 en Bonn en 2001. La COP-7 se celebró en noviembre del 2001 en Marrakech. Véase también *Reunión de las Partes* (MOP).

### Contaminación de fuente puntual

Contaminación que se produce en una fuente específica y confinada, como una tubería, túnel, pozo, acequia, contenedor, establecimientos de alimentación animal concentrados, o naves flotantes. Véase también *Contaminación de fuente no puntual*.

### Contaminación de fuente no puntual

Contaminación de fuentes que no se pueden definir como puntos determinados, tales como zonas de producción de cultivos, madera, extracción minera en la superficie, vertedores de desechos, y construcción. Véase también *Contaminación de fuente puntual*.

### Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC)

La Convención se adoptó el 9 de mayo de 1992 en Nueva York, y más de 150 países y la Comunidad Europea la firmaron en la Cumbre sobre la Tierra de 1992 celebrada en Río de Janeiro. Su objetivo es la ‘estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.’ Contiene compromisos para todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes del Anexo I se comprometen a volver las emisiones de gases de efecto invernadero no controladas por el Protocolo de Montreal a los niveles de 1990 hacia el año 2000. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. Véase también *Protocolo de Kyoto* y *Conferencia de las Partes* (CdP).

### Convención Marco sobre el Cambio Climático

Véase *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

### Conversión de energía

Véase *Transformación de energía*.

### Costo actual del valor

La suma de todos los costos en todos los períodos de tiempo, descontando los costos futuros.

### Costo privado

Tipos de costo que influyen en las decisiones que adopta un individuo. Véase también *Costo social* y *Costo total*.

### Costos de aplicación

Costos que conllevan las opciones de *aplicación* o *mitigación*. Estos costos están asociados con los cambios institucionales necesarios, los requisitos de información, el tamaño del mercado, las oportunidades para adquirir y aprender tecnologías, y los incentivos económicos necesarios (ayudas, *subvenciones* e impuestos).

### Costos de oportunidad

Costo de una actividad económica a la que se renuncia para emprender otra.

### Costos externos

Costos que surgen de una actividad humana, cuando el agente responsable de la actividad no tiene totalmente en cuenta los impactos de sus actos en los demás. Igualmente, cuando los impactos son positivos y no han sido tomados en cuenta en los actos del agente responsable se denominan beneficios externos. Aunque las emisiones de partículas contaminantes de una central eléctrica afectan a la salud de los que viven cerca de ella, este factor muy a menudo no se toma en cuenta, o no se le da la importancia adecuada en el momento en que los particulares adoptan sus decisiones; dichos impactos no tienen cabida en el mercado. A este tipo de fenómeno se le denomina ‘*externalidad*’, y los costos consiguientes reciben el nombre de costos externos.

### Costos sociales

Los costos sociales de una actividad incluyen el valor de todos los *recursos* utilizados en ella. A algunos de estos recursos se da un precio determinado, y a otros no. Los recursos para los que no se fija precio se llaman *externalidades*. Los costos sociales son la suma de los costos de estas externalidades y los recursos a los que se ha asignado un precio. Véase también *Costos privados* y *Costos totales*.

### Costos totales

Todos los costos en conjunto. Los costos totales a la sociedad se componen de costos externos y de costos privados, que juntos se denominan *costos sociales*.

### Criosfera

Componente del *sistema climático* que consiste en el conjunto de nieve, hielo, *permafrost*, por encima y por debajo de la superficie terrestre y oceánica. Véase también *Glaciar* y *Placa de hielo*.

### Criterio de Pareto/Punto óptimo de Pareto

Condición o estado en el cual no se puede mejorar más el bienestar de un individuo sin empeorar la situación de otras personas en la sociedad.

### Cuenca de captación

Área que recoge y desagua agua de lluvia.

### Cuenca

La zona de drenaje de una corriente, río o lago.

### Observancia

Véase *Aplicación*.

### Cupo de emisiones

Porción o parte de las emisiones totales admisibles atribuidas a un país o grupo de países en un marco de emisiones totales máximas y asignaciones obligatorias de *recursos*.

### Dato básico

Dato básico (o de referencia) es cualquier dato utilizado como base para medir un cambio. Puede ser un ‘dato básico actual’,

en cuyo caso representa condiciones observables y presentes en este momento, o un ‘dato básico futuro’, es decir, un conjunto de condiciones proyectadas, que excluyen la fuerza impulsora que produce el fenómeno. Las interpretaciones alternativas de las condiciones de referencia pueden dar lugar a múltiples datos básicos.

### Decoloración del coral

Pérdida de color que resulta de una pérdida de algas simbióticas. La decoloración se produce como respuesta a un choque fisiológico producido por cambios repentinos de temperatura, salinidad y limpieza del agua.

### Deforestación

Conversión de *bosques* en zonas no boscosas. Para obtener más información sobre el término bosques y temas relacionados, como forestación, reforestación, y deforestación, véase el Informe Especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

### Depósito

Componente del *sistema climático*, distinto de la *atmósfera*, que tiene capacidad para almacenar, acumular o emitir una sustancia que es motivo de preocupación (como el carbono, un *gas de efecto invernadero*, o un *precursor*). Los océanos, tierras y bosques son ejemplos de *depósitos* de carbono. Un *yacimiento* es un término equivalente (la definición de ‘yacimiento’ incluye a menudo la atmósfera). La cantidad absoluta de sustancias preocupantes dentro de un depósito en un momento determinado se denomina ‘reserva’. El término también se refiere al lugar natural de almacenamiento natural o artificial de agua, como un lago, un estanque o un *acuífero*, desde el que se retira el agua para riego o para el consumo.

### Desarrollo sostenible

Desarrollo que atiende las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

### Desertificación

Degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas, y zonas subhúmedas secas como el resultado de diversos factores, que incluyen variaciones climatológicas y actividades humanas. Además, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación define la degradación de las tierras como una reducción o pérdida, en áreas áridas, semiáridas, y subhúmedas secas, de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras de cultivo regadas por lluvia o por aspersión, pastizales, pastos, bosques y zonas boscosas de como resultado del uso de las tierras o de un proceso o una serie de procesos determinados, entre los que se incluyen los producidos por actividades humanas y pautas de asentamiento; por ejemplo: i) la *erosión* del suelo causada por el viento y/o el agua; ii) el deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas o económicas del suelo; y iii) la pérdida de vegetación natural a largo plazo.

### Desierto

Un ecosistema con menos de 100 mm de precipitaciones al año.

### Desnutrición

Resultado de ingesta de alimentos que es insuficiente para atender continuamente a los requisitos dietéticos de energía, mala absorción de alimentos y/o mala utilización biológica de los nutrientes consumidos.

### Desplazamiento de tierras

Masa de material que se desliza hacia abajo por la gravedad, a menudo ayudada por agua cuando dicho material se encuentra saturado; movimiento rápido de una masa de suelo, roca, o detritus cuesta abajo.

### Detección y atribución

El clima varía continuamente en todas las *escalas temporales*. La detección del cambio climático es el proceso que muestra que el clima ha cambiado en algún sentido definido estadísticamente, sin tener que aportar una razón para explicar dicho cambio. La atribución de causas del cambio climático es el proceso de establecer las causas más probables para los cambios detectados con un nivel de confianza definido.

### Días de grados de calentamiento

Cifra integral de la temperatura por debajo de 18°C durante un día (por ejemplo, un día con una temperatura media de 16°C cuenta como 2 días de grados de calentamiento). Véase también *Días de grados de enfriamiento*.

### Días de grados de enfriamiento

Cifra integral de la temperatura por encima de 18°C durante un día (por ejemplo, un día con una temperatura media de 20°C cuenta como 2 días de grados de enfriamiento). Véase también *Días de grados de calentamiento*.

### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y *biomasa*, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal *gas de efecto invernadero antropogénico* que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un *Potencial de calentamiento mundial* de 1.

### Diversidad biológica

Cantidad y abundancia relativa de diferentes familias (diversidad genética), especies y *ecosistemas* (comunidades) en una zona determinada.

### Doble dividendo

Efecto de algunos instrumentos para la generación de ingresos, como los *impuestos sobre carbono* o los *permisos de emisiones* de carbono subastados (comercializables), para i) limitar o reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero* y ii) compensar

al menos una parte de la posible pérdida del bienestar resultante de la aplicación de políticas climáticas, mediante el reciclado de los ingresos económicos para reducir otros impuestos que podrían tener efectos de distorsión. En un mundo con desempleo involuntario, las políticas sobre *cambio climático* adoptadas pueden tener un efecto (un ‘tercer dividendo’ positivo o negativo) en el empleo. El doble dividendo ‘débil’ ocurre en la medida que existe un efecto de reciclado de ingresos, es decir, siempre que los ingresos se reciclen mediante reducciones en los tipos marginales de impuestos con efectos de distorsión. Un doble dividendo ‘fuerte’ precisa que el efecto (beneficioso) del reciclado de ingresos compense con creces la combinación de los costos primarios y, en este caso, el costo neto de la reducción es negativo.

### Economías en transición (EIT)

Países con economías nacionales en proceso de pasar de un sistema económico planificado a la economía de mercado.

### Ecosistema

Sistema de organismos vivos que interactúan y su entorno físico. Los límites de lo que se puede denominar ecosistema son un poco arbitrarios, y dependen del enfoque del interés o estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar desde unas escalas espaciales muy pequeñas hasta, en último término, todo el planeta.

### Efecto de interacción

Resultado o consecuencia de la interacción de los instrumentos de política del *cambio climático* con los sistemas fiscales nacionales en vigor, incluida la interacción de los impuestos que incrementan los costos y los efectos del reciclado de ingresos, que los reducen. La primera refleja el impacto que pueden tener las políticas sobre los *gases de efecto invernadero* para el funcionamiento de los mercados de trabajo y capital, a través de sus efectos en los salarios reales y el rendimiento real del capital. Al restringir las emisiones de gases de efecto invernadero permitidas, los permisos, regulaciones, o un *impuesto sobre carbono* elevan los costos de producción y los precios de los productos, reduciendo así el rendimiento real de la mano de obra y el capital. Para las políticas que recaudan ingresos para el gobierno—impuestos sobre el carbono y permisos subastados—los ingresos se pueden reciclar para reducir impuestos con efectos distorsionantes. Véase también *Doble dividendo*.

### Efecto de la interacción de impuestos

Véase *Efecto de interacción*.

### Efecto indirecto

Efectos económicos de las medidas nacionales o sectoriales de *mitigación* en otros países o sectores. En este informe no se realiza ninguna evaluación sobre los efectos indirectos ambientales. Los efectos indirectos pueden ser positivos o negativos, e incluyen efectos en el comercio, *fuga de carbono*, transferencia y difusión de *tecnologías ambientalmente racionales* y otros asuntos.

### Efecto invernadero

Los *gases de efecto invernadero* absorben la *radiación infrarroja*, emitida por la superficie de la Tierra, por la propia *atmósfera* debido a los mismos gases, y por las nubes. La radiación atmosférica se emite en todos los sentidos, incluso hacia la superficie terrestre. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor dentro del sistema de la *troposfera* terrestre. A esto se le denomina ‘efecto invernadero natural.’ La radiación atmosférica se vincula en gran medida a la temperatura del nivel al que se emite. En la troposfera, la temperatura disminuye generalmente con la altura. En efecto, la radiación infrarroja emitida al espacio se origina en altitud con una temperatura que tiene una media de -19°C, en equilibrio con la *radiación solar neta* de entrada, mientras que la superficie terrestre tiene una temperatura media mucho mayor, de unos +14°C. Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero produce un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, y por lo tanto, una radiación efectiva en el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja. Esto causa un *forzamiento radiativo*, un desequilibrio que sólo puede ser compensado con un aumento de la temperatura del sistema superficie-troposfera. A esto se denomina ‘efecto invernadero aumentado’

### Efectos del comercio

Efectos económicos de los cambios en el poder adquisitivo de un grupo de bienes exportados de un país para un grupo de bienes importados de sus socios comerciales. Las políticas climáticas cambian los costos relativos de producción y pueden cambiar las condiciones comerciales lo suficiente como para cambiar en última instancia el equilibrio económico.

### Efectos indirectos de los aerosoles

Los *aerosoles* pueden llevar a un *forzamiento radiativo* indirecto del *sistema climático* al actuar como núcleos de condensación o modificar las propiedades ópticas y tiempo de vida de las nubes. Se pueden distinguir dos efectos indirectos:

- Primer efecto indirecto: un forzamiento radiativo inducido o un aumento de aerosoles *antropogénicos* que causa un aumento inicial en concentraciones de gotitas y una disminución en el tamaño de las gotitas para un contenido fijo de agua líquida, lo que produce un aumento del *albedo* en las nubes. Este efecto se conoce también como ‘Efecto Twomey.’ A veces también se denomina efecto del albedo en las nubes. Sin embargo, esto puede llevar a confusión ya que el segundo efecto indirecto también altera el albedo en las nubes.
- Segundo efecto indirecto: un forzamiento radiativo inducido por un aumento en los aerosoles antropogénicos que causan una disminución en el tamaño de las gotitas, reduciendo la eficiencia de su precipitación y, por lo tanto, modificando su contenido líquido de agua, el espesor y el tiempo de vida de las nubes. A este efecto también se le denomina ‘efecto de tiempo de vida de las nubes’ o ‘efecto Albrecht.’

### Efecto rebote

Ocurre cuando, por ejemplo, una mejora en la eficiencia de

un motor permite reducir el costo por kilómetro conducido; tiene el efecto negativo de fomentar más viajes.

### **Eficiencia en el uso del agua**

Aumento del carbono en la *fotosíntesis* por unidad de agua perdida en la *evapotranspiración*. Se puede expresar a corto plazo como la proporción de aumento de carbono fotosintético por unidad de pérdida de agua transpiracional, o sobre una base estacional, como la proporción entre la *producción primaria neta* o producción y la cantidad de agua disponible.

### **Eficiencia energética**

Relación entre el producto de energía de un proceso de conversión o de un sistema y su insumo de energía.

### **Elevación del nivel del mar**

Ascenso del nivel medio del océano. La elevación eustática del nivel del mar es un cambio en el nivel medio del mar producido por la alteración en el volumen mundial de los océanos. La elevación relativa del nivel del mar ocurre cuando existe una elevación neta del nivel del océano relacionado con movimientos locales de tierras. Las *simulaciones climáticas* se concentran sobre todo en la estimación eustática del cambio del nivel del mar. Los investigadores de impactos se centran en el cambio relativo del nivel del mar.

### **El Niño Oscilación Meridional (ENOM)**

El Niño, en su sentido original, es una corriente cálida que fluye periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, causando alteraciones en las pesquerías locales. Este fenómeno oceánico se asocia con una fluctuación de las pautas de presión intertropical en la superficie y la circulación en los Océanos Pacífico e Índico, llamada Oscilación Meridional, o ENOM. Durante el fenómeno de El Niño, los vientos imperantes se debilitan y la contracorriente del ecuador se refuerza, lo que provoca que las aguas cálidas superficiales de la zona de Indonesia fluyan hacia el Este y cubran las aguas frías de las corrientes de Perú. Este fenómeno tiene un gran impacto en los vientos, la temperatura de la superficie marina, y las pautas de precipitación del Pacífico tropical. Tiene efectos climáticos en toda la región del Pacífico y en muchas otras partes del mundo. El fenómeno opuesto a El Niño se llama *La Niña*.

### **Emisiones**

En el contexto de *cambio climático*, se entiende por emisiones la liberación de *gases de efecto invernadero* y/o sus *precursores* y *aerosoles* en la atmósfera, en una zona y un período de tiempo específicos.

### **Emisiones antropogénicas**

Emisiones de *gases de efecto invernadero*, de *precursores* de gases de efecto invernadero, y *aerosoles* asociados con actividades humanas. Entre estas actividades se incluyen la combustión de combustibles fósiles para producción de energía, la *deforestación* y los *cambios en el uso de las tierras* que tienen como resultado un incremento neto de emisiones.

### **Emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) fósil**

Emisiones de *dióxido de carbono* que resultan del consumo de combustibles de depósitos de carbono fósil como el petróleo, gas natural y carbón.

### **Emisiones netas de dióxido de carbono**

Diferencia entre fuentes y *sumideros* de *dióxido de carbono* en un período dado y en un zona o región específica.

### **Endémico**

Restringido o peculiar de una localidad o región. En el ámbito de la salud humana, endémico puede referirse una enfermedad o agente siempre presente o normalmente frecuente en una población o zona geográfica determinada.

### **Energía alternativa**

Energía derivada de combustibles que no tienen un origen fósil.

### **Energía final**

Energía suministrada que pone a disposición del consumidor, para que la convierta en energía útil (por ejemplo, electricidad en un tomacorriente).

### **Energía primaria**

Energía contenida en *recursos naturales* (carbón, petróleo crudo, luz solar, uranio) que no han sido objeto de ninguna conversión o transformación *antropogénica*.

### **Energías renovables**

Fuentes de energía que son sostenibles, dentro un marco temporal breve si compara con los ciclos naturales de la Tierra, e incluyen tecnologías no basadas en el carbono, como la solar, la hidrológica y la eólica, además de las tecnologías neutras en carbono, como la *biomasa*.

### **Enfermedades infecciosas**

Cualquier enfermedad que se puede transmitir de una persona a otra. Esto puede ocurrir por contacto físico directo, por la manipulación normal de un objeto que tiene organismos que pueden infectar, por un portador de la enfermedad, o por la expansión de gotitas infectadas cuando se tose o se expulsan en el aire.

### **Enfermedades transmitidas por vectores**

Enfermedades transmitidas entre receptores por un organismo vector, como un mosquito o garrapata (por ejemplo, el *paludismo*, *fiebre del dengue*, y la *leishmaniasis*).

### **Enfoque de aterrizaje seguro**

Véase *Enfoque de ventanas tolerables*.

### **Enfoques de ventanas tolerables**

Estos enfoques analizan las emisiones de *gases de efecto invernadero* como si estuvieran limitadas, a través de la adopción de una meta climática a largo plazo—en vez de una

estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero—(por ejemplo, expresadas en términos de temperatura o cambios en el nivel del mar o la velocidad de dichos cambios). El principal objetivo de dichos enfoques es evaluar las implicaciones de dichas metas a largo plazo para gamas de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero ‘tolerables’ a corto o mediano plazo. También se denominan *enfoques de aterrizaje seguro*.

### Epidémico

Que sucede rápidamente en una cantidad claramente superior a lo que se espera normalmente. Se aplica especialmente a enfermedades infecciosas pero también a cualquier enfermedad, daño u otro fenómeno relacionado con la salud que se produce durante tales brotes.

### Equilibrio de radiación

Véase *Equilibrio energético*.

### Equilibrio energético

El balance energético del *sistema climático*, sobre la base de una media en todo el planeta y sobre períodos prolongados, debe estar en equilibrio. Como el sistema climático recibe toda su energía del Sol, este equilibrio implica que, en todo el planeta, la cantidad de *radiación solar* entrante debe ser—en término medio—igual a la suma de la radiación solar reflejada saliente y la *radiación infrarroja* saliente emitida por el sistema climático. Una perturbación de este equilibrio mundial de radiación, ya sea de forma natural o provocada por el hombre, se llama *forzamiento radiativo*.

### Erosión térmica

Erosión de *permafrost* rico en hielo, mediante la acción térmica y mecánica combinadas de aguas en movimiento.

### Erosión

Proceso de retiro y transporte de suelo y roca por obra de fenómenos meteorológicos, desgaste de masa, y la acción de cursos de agua, *glaciares*, olas, vientos, y aguas subterráneas.

### Escala espacial y temporal

El clima puede variar en una amplia gama de escalas temporales y espaciales. Las escalas espaciales pueden variar entre locales (menos de 100.000 km<sup>2</sup>), regionales (100.000 a 10 millones de km<sup>2</sup>) y continentales (10 a 100 millones de km<sup>2</sup>). Las escalas temporales pueden ser estacionales o geológicas (hasta cientos de millones de años).

### Escala temporal

Tiempo característico para que un proceso pueda expresarse matemáticamente. Como muchos procesos muestran la mayoría de sus efectos muy pronto, y luego tienen un largo período de tiempo durante el que gradualmente se pueden expresar de manera matemática, a los efectos de este informe la escala temporal se define numéricamente como el tiempo necesario para que una perturbación en un proceso muestre al menos la mitad de su efecto final.

### Escenario (genérico)

Descripción plausible y a menudo simplificada de la evolución el futuro, basada en un conjunto coherente e internamente consistente de hipótesis sobre fuerzas impulsoras fundamentales (por ejemplo, ritmo del avance de la tecnología y precios) y las relaciones entre dichos factores. Los escenarios no son predicciones ni pronósticos y, a veces, pueden estar basados en un ‘guión narrativo’. Los escenarios pueden derivar de proyecciones, pero a menudo están basados en información adicional de otras fuentes. Véase también *Escenarios del IEEE*, *Escenario climático*, y *Escenario de emisiones*.

### Escenario climático

Representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del *cambio climático antropogénico*, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Las *proyecciones climáticas* sirven a menudo como materia prima para la construcción de escenarios climáticos, pero los escenarios climáticos requieren información adicional, por ejemplo, acerca del clima observado en un momento determinado. Un ‘escenario de cambio climático’ es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

### Escenario de emisiones

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que son, en potencia, radiativamente activas (por ejemplo, *gases de efecto invernadero* o *aerosoles*), basada en un conjunto de hipótesis coherentes e internamente consistentes sobre las fuerzas impulsoras de este fenómeno (tales como el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico) y sus relaciones clave. Los escenarios de concentraciones, derivados a partir de los escenarios de emisiones, se utilizan como insumos en una *simulación climática* para calcular proyecciones climáticas. En IPCC (1992), se utilizaron un conjunto de escenarios de emisiones como base para las *proyecciones climáticas* en IPCC (1996). Estos escenarios de emisiones se refieren a los escenarios IS92. En el Informe Especial del IPCC: Escenarios de Emisiones (Nakicenovic et al., 2000), se publicaron nuevos escenarios de emisiones, los llamados Escenarios del IEEE. Para comprender algunos de los términos relacionados con estos escenarios, véase *Escenarios del IEEE*.

### Escenario de forzamiento radiativo

Representación plausible del desarrollo futuro del *forzamiento radiativo* asociado, por ejemplo, con cambios en la composición atmosférica o en el *uso de las tierras*, o en factores externos como las variaciones en la actividad solar. Los escenarios de forzamiento radiativo se pueden utilizar como insumos en *simulaciones climáticas* simplificadas para el cálculo de *proyecciones climáticas*.

### Escenario de referencia

Véase *Dato básico*.

## Escenarios de estabilización

Véase *Análisis de estabilización*.

## Escenarios del IEEE

Los Escenarios del IEEE son *escenarios de emisiones* desarrollados por Nakicenovic et al. (2000) y utilizados, entre otros, como base para la realización de *proyecciones climáticas* en la contribución del GTI del IPCC al Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001a). Los siguientes términos son de gran importancia para comprender adecuadamente la estructura y el uso del conjunto de Escenarios del IEEE:

- **Conjunto (de escenarios):** Escenarios que tienen un *guión* semejante desde el punto de vista demográfico, económico, social y en cuanto a cambio técnico. Los escenarios del IEEE comprenden cuatro conjuntos de escenarios: A1, A2, B1, y B2.
- **Grupo (de escenarios):** Escenarios dentro de un conjunto que reflejan una variación constante del guión. El conjunto de los escenarios A1 incluye cuatro grupos designados A1T, A1C, A1G, y A1B que exploran estructuras alternativas de sistemas energéticos futuros. En el Resumen para Responsables de Políticas de Nakicenovic et al. (2000), los grupos A1C y A1G se han combinado en un grupo de escenarios A1FI ‘que utiliza combustibles fósiles en gran medida’. Los otros tres conjuntos de escenarios tienen un grupo cada uno. La serie de escenarios del IEEE que se refleja en el Resumen para Responsables de Políticas de Nakicenovic et al. (2000) consiste en seis grupos de escenarios diferentes, todos ellos igualmente apropiados y que recogen de forma conjunta la gama de *incertidumbres* asociadas con los forzamientos impulsadores y las emisiones.
- **Escenarios ilustrativos:** Escenario que son ilustrativos para cada uno de los seis grupos de escenarios reflejados en el Resumen para Responsables de Políticas de Nakicenovic et al. (2000). Incluyen cuatro marcadores de escenarios revisados para los grupos de escenarios A1B, A2, B1, B2, y dos escenarios adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los grupos de escenarios son igualmente apropiados.
- **Marcador (de escenario):** Escenario que se colocó originalmente, en forma de proyecto, en el sitio web del IEEE para representar un determinado conjunto de escenarios. La elección de los marcadores estaba basada en la cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la historia y las características de las simulaciones específicas. Los marcadores no tienen un mayor grado de probabilidad que los demás escenarios, pero el equipo de redacción del IEEE los considera ilustrativos de un guión determinado. Se incluyen en una forma revisada en Nakicenovic et al. (2000). Estos escenarios han sido objeto de un examen pormenorizado por parte de todo el equipo de redacción, además de un amplio proceso abierto por parte del IEEE. Los escenarios también se utilizan para ilustrar los otros dos grupos de escenarios.
- Guion (de escenario):** Descripción narrativa de un escenario (o conjunto de escenarios) que subraya las principales características del escenario, las relaciones entre las principales fuerzas impulsoras y la dinámica de su evolución.

## Escollera

Malecón bajo y estrecho, que se extiende de forma casi perpendicular a la costa, diseñado para proteger la línea de costa de la *erosión* de corrientes, mareas u olas, o para atrapar arena para construir una playa.

## Escorrentía

Parte de las precipitaciones que no se evapora. En algunos países, la escorrentía abarca únicamente la *escorrentía superficial*.

## Escorrentía superficial

Aqua que se desplaza sobre la superficie del suelo a la corriente más próxima; *escorrentía* de una *cuenca* de desagüe que no ha pasado por debajo de la superficie desde las precipitaciones.

## Especie introducida

Especie que habita en una zona fuera de su área natural conocida históricamente, como resultado de su dispersión accidental por obra del hombre. (También se denomina ‘especie exótica’ o ‘especie foránea’).

## Especie invasora

Especie introducida que invade un hábitat natural.

## Especies exóticas

Véase *Especie introducida*.

## Estabilización

Consecución de la estabilización de las concentraciones atmosféricas de uno o más *gases de efecto invernadero* (por ejemplo, el *dioxido de carbono* o una cesta de gases de efecto invernadero de CO<sub>2</sub> equivalente).

## Estímulos (en relación con el clima)

Todos los elementos del *cambio climático*, incluidas las características media del *clima*, *variabilidad climática*, y la frecuencia y magnitud de los extremos.

## Estratosfera

Parte muy estratificada de la *atmósfera* por encima de la *troposfera*, que se extiende de unos 10 km (de 9 km en latitudes altas a 16 km en los trópicos) a cerca de 50 km.

## Eutrofización

Proceso por el que un cuerpo de agua (a menudo poco profundo) se enriquece (ya sea de forma natural o por contaminación) en nutrientes disueltos, con una deficiencia estacional en el oxígeno disuelto.

## Evaluación de la adaptación

Práctica para la identificación de opciones que permitan la *adaptación* al *cambio climático* y la evaluación de dichas opciones en términos de criterios como disponibilidad, ventajas, costos, eficiencia y viabilidad.

## Evaluación de los impactos (climáticos)

Práctica para la identificación y evaluación de las consecuencias negativas y positivas del *cambio climático en sistemas humanos y naturales*.

## Evaluación integrada

Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y las simulaciones de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales, y las interacciones entre estos componentes, a fin de proyectar las consecuencias del cambio ambiental y las respuestas de política a dicho cambio.

## Evaporación

Proceso por el que un líquido se convierte en gas.

## Evapotranspiración

Proceso combinado de *evaporación* de la superficie terrestre y *transpiración* de la vegetación.

## Expansión térmica

En conexión con el nivel del mar, se refiere al aumento de volumen (y la disminución de densidad) que resulta del calentamiento del agua. El calentamiento del océano provoca una expansión del volumen del océano y, por lo tanto, una *elevación del nivel del mar*.

## Experimentos climáticos transitorios y en equilibrio

Un ‘experimento climático en equilibrio’ es un experimento por el que se permite que una *simulación climática* se ajuste completamente a un cambio en el *forzamiento radiativo*. Tales experimentos proporcionan información sobre la diferencia entre los estados inicial y final de una simulación, pero no sobre la respuesta que depende del tiempo. Si se permite que el forzamiento evolucione gradualmente según un *escenario de emisión* prescrito, se puede analizar la respuesta que depende del tiempo de una *simulación climática*. Dichos experimentos se denominan ‘experimentos climáticos transitorios.’ Véase también *Proyección climática*.

## Exposición

El tipo y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes.

## Externalidad

Véase *Costos externos*.

## Extinción

Desaparición total de especies en su integridad.

## Extirpación

Desaparición de especies en parte de su hábitat tradicional; extinción local.

## Fenómenos meteorológicos extremos

Fenómeno raro dentro de su distribución estadística de referencia

en un lugar determinado. Las definiciones sobre lo que se considera ‘raro’ pueden variar, pero un fenómeno meteorológico extremo puede ser normalmente tan raro o más raro que el percentil 10° o 90°. Por definición, las características de una meteorología extrema varían según los lugares. Un fenómeno climático extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos en un período concreto, media que de por sí es extrema (por ejemplo la precipitación durante una estación).

## Fertilización por CO<sub>2</sub>

Véase *Fertilización por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*.

## Fertilización por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Mejoramiento del crecimiento de las plantas como resultado de una mayor concentración de *dióxido de carbono* en la *atmósfera*. Según el mecanismo de *fotosíntesis*, ciertos tipos de plantas son más sensibles a los cambios en el *dióxido de carbono* en la *atmósfera*. En particular, las plantas que producen un compuesto con tres carbonos (C<sub>3</sub>) durante la fotosíntesis—incluida la mayoría de árboles y cultivos agrícolas como el arroz, el trigo, la soja, las patatas y las verduras—muestran generalmente una mejor respuesta que las plantas que producen compuestos con cuatro carbonos (C<sub>4</sub>) durante la fotosíntesis, sobre todo las de origen tropical, incluidas las plantas herbáceas y cultivos agrícolas importantes como el maíz, la caña de azúcar, el mijo y el sorgo.

## Fertilización por nitrógeno

Mejoramiento del crecimiento de las plantas por la adición de compuestos de nitrógeno. En los Informes del IPCC, se refiere normalmente a la fertilización por fuentes de nitrógeno antropogénicas, como los fertilizantes creados por el hombre y los óxidos de nitrógeno emitidos por la combustión de combustibles fósiles.

## Fibra

Madera, leña para combustible (ya sea de madera o no).

## Fiebre del Dengue

Enfermedad vírica infecciosa propagada por los mosquitos, que a menudo se llama Fiebre de huesos rotos, por caracterizarse por un dolor agudo en la espalda y las articulaciones. Las infecciones posteriores por el virus pueden producir fiebres hemorrágicas de dengue (DHF) y síndrome de choque del dengue (DSS), que pueden causar incluso la muerte.

## Fijación de precio con costo marginal

Fijación del precio de bienes y servicios de forma que dicho precio sea igual a los costos adicionales que surgen de la ampliación de la producción en una unidad adicional.

## Fijación de precio con costo total

Fijación del precio de bienes comerciales—como la energía eléctrica—que incluye en el precio final que pagan los usuarios no sólo los costos privados de los insumos, sino también los *costos externos* creados por su producción y uso.

## Fitoplancton

Forma vegetal del *plancton* (por ejemplo, las diatomeas). El fitoplancton está compuesto por las plantas predominantes en el mar, y son la base de alimentación marina. Estos organismos unicelulares son los principales agentes para la fijación fotosintética del carbono en el océano. Véase también *Zooplancton*.

## Floración de algas

Explosión reproductiva de algas en un lago, río u océano.

## Flujo de corriente

Agua dentro de un canal fluvial, expresado habitualmente en  $\text{m}^3 \text{ seg}^{-1}$ .

## Fomento de capacidad

En el contexto del *cambio climático*, el fomento de capacidad es un proceso de desarrollo de técnicas y capacidades institucionales en países en desarrollo y en países con economías en transición para que puedan participar en todos los aspectos de la *adaptación, mitigación, e investigación* sobre el *cambio climático*, y la *aplicación* de los *Mecanismos de Kyoto*, etc.

## Forestación

Plantación de nuevos *bosques* sobre terrenos que no han contenido bosques en el pasado. Para obtener más información sobre el término ‘bosque’ y temas relacionados como la forestación, *reforestación* y *deforestación*, véase Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

## Formación de aguas profundas

Proceso que sucede cuando el agua del mar se congela para formar hielos marinos. La emisión local de sal y el consecuente aumento de densidad del agua lleva a la formación de agua fría salinizada que se deposita en el fondo del océano.

## Forzamiento externo

Véase *Sistema climático*.

## Forzamiento radiativo

Cambio en la irradiación neta vertical (expresada en  $\text{W m}^{-2}$ ) en la *tropopausa* debido a un cambio interno o un cambio en el forzamiento externo del sistema climático (por ejemplo, un cambio en la concentración de *dióxido de carbono* o la potencia del Sol). Normalmente el forzamiento radiativo se calcula después de permitir que las temperaturas estratosféricas se reajusten al equilibrio radiativo, pero manteniendo fijas todas las propiedades troposféricas en sus valores sin perturbaciones.

## Fotosíntesis

Proceso por el que las plantas absorben *dióxido de carbono* ( $\text{CO}_2$ ) del aire (o bicarbonato del agua) para producir carbohidratos, emitiendo oxígeno ( $\text{O}_2$ ) en el proceso. Existen varias vías para fotosíntesis con diferentes respuestas a las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$ . Véase también *Fertilización por dióxido de carbono*.

## Fracción molecular

Fracción molecular, o *proporción de mezcla*, es la relación entre el número de moléculas de un componente en un volumen determinado y la cantidad total de moléculas de todos los componentes en ese volumen. Normalmente se mide en aire seco. Los valores normales para *gases de efecto invernadero* de larga vida se miden en  $\text{mmol/mol}$  (partes por millón: ppm),  $\text{nmol/mol}$  (partes por mil millones: ppb), y  $\text{fmol/mol}$  (partes por billón: ppt). La fracción molecular difiere de la *proporción de mezcla de volumen*, a menudo expresada en ppmv, etc., por las correcciones para la no idealidad de los gases. Esta corrección es de gran importancia en la precisión de la medida de muchos *gases de efecto invernadero* (Schwartz y Warneck, 1995).

## Fuente

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que emite un *gas de efecto invernadero*, un *aerosol*, o un *precursor* de gases de efecto invernadero o aerosoles en la *atmósfera*.

## Fuga de carbono

Véase *Fuga*.

## Fuga

Parte de las reducciones de emisiones en Países del Anexo B que se puede compensar con un aumento de las emisiones en los países no sujetos a limitaciones por encima de sus niveles básicos. Esto puede producirse por i) un traslado de la producción con alto coeficiente de energía a regiones no sujetas a restricciones; ii) un aumento del consumo de combustibles fósiles en estas regiones a raíz de la reducción internacional de precios de petróleo y gas impulsada por la menor demanda de estas energías; y iii) cambios en ingresos (y por lo tanto en la demanda de energía) debido a mejores condiciones comerciales. Por fugas también entendemos la situación por la que una actividad de *secuestro* de carbono (por ejemplo, la plantación de árboles) en un terreno desencadena, de forma inadvertida, ya sea directa o indirectamente, una actividad que, contrarresta parcial o totalmente los efectos de la actividad inicial en materia de carbono.

## Gama de tolerancia

Variación en los *estímulos climáticos* que un sistema puede absorber sin que produzcan impactos importantes.

## Gama de temperaturas diurnas

Diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante un día.

## Gas de efecto invernadero

Gases integrantes de la *atmósfera*, de origen natural y *antropogénico*, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de *radiación infrarroja* emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), *dióxido de carbono* ( $\text{CO}_2$ ), *óxido nitroso* ( $\text{N}_2\text{O}$ ), *metano*

(CH<sub>4</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los *halocarbonos* y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el *Protocolo de Montreal*. Además del CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, y CH<sub>4</sub>, el *Protocolo de Kyoto* aborda otros gases de efecto invernadero, como el *hexafluoruro de azufre* (SF<sub>6</sub>), los *hidrofluorocarbonos* (HFC), y los *perfluorocarbonos* (PFC).

### Geoingeniería

Acciones para estabilizar el *sistema climático* mediante la gestión del equilibrio energético de la Tierra, para vencer de esta manera el *efecto invernadero*.

### Gestión desde la perspectiva de la demanda

Políticas y programas diseñados con el propósito específico de influenciar la demanda de bienes y/o servicios para los consumidores. En el sector de la energía, por ejemplo, abarca las políticas y programas diseñados para reducir la demanda de electricidad y otras fuentes de energía por parte de los consumidores. Ayuda a reducir las *emisiones de gases de efecto invernadero*.

### Glaciar

Masa de hielo que fluye hacia abajo (por deformación interna y deslizamiento de la base) limitada por la topografía que le rodea (por ejemplo, las laderas de un valle o picos alrededor); la topografía de la base rocosa es la principal influencia sobre la dinámica y la pendiente de superficie de un glaciar. Un glaciar se mantiene por la acumulación de nieve en altitudes altas, y se equilibra por la fusión de nieve en altitudes bajas o la descarga en el mar.

### Hábitat

Entorno o sitio particular en que vive un organismo o especie; una parte del entorno total, pero más circunscrita localmente.

### Halocarbonos

Compuestos que contienen carbono y cloro, bromuro o flúor. Dichos compuestos pueden actuar como potentes *gases de efecto invernadero* en la atmósfera. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo también contribuyen al agotamiento de la *capa de ozono*.

### Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Uno de los seis *gases de efecto invernadero* que se intenta reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Se utilizan bastante en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alto voltaje y como ayuda para la fabricación de sistemas de enfriamiento de cables. Su *Potencial de calentamiento mundial* es 23.900.

### Hidrofluorocarbonos (HFC)

Unos de los seis *gases de efecto invernadero* que se intentan eliminar en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Se producen de

manera comercial como sustituto de los *clorofluorocarbonos*. Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores. Su *Potencial de calentamiento mundial* se encuentra en la gama de 1.300 a 11.700.

### Hidrosfera

Componente del *sistema climático* que consta de superficie líquida y aguas subterráneas, como los océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas subterráneas, etc.

### Humedad del suelo

Cantidad de agua almacenada dentro o en la superficie de las tierras que se encuentra disponible para la *evaporación*.

### Hundimiento

Descenso repentino o gradual de la superficie de la Tierra con un movimiento horizontal ligero o nulo.

### Impactos (climáticos)

Consecuencias del *cambio climático* en *sistemas humanos* y naturales. Según la medida de la *adaptación*, se pueden distinguir impactos potenciales e impactos residuales.

- Impactos potenciales: Todos los impactos que pueden suceder dado un cambio proyectado en el clima, sin tener en cuenta las medidas de *adaptación*.
- Impactos residuales: Los impactos del cambio climático que pueden ocurrir después de la adaptación.

Véase también *Impactos agregados*, *Impactos en el mercado*, e *Impactos externos*.

### Impactos agregados

Los impactos totales acumulados en sectores y/o regiones. La suma de los impactos precisa un conocimiento (o hipótesis) sobre la importancia relativa de los impactos en diferente sectores y regiones. Las medidas de los impactos agregados incluyen, por ejemplo, el número total de personas afectadas, el cambio de productividad primaria neta, el número de sistemas que cambian o los costos económicos totales.

### Impactos en el mercado

Efectos vinculados a transacciones comerciales que afectan directamente al *Producto interno bruto* (las cuentas nacionales de un país)—por ejemplo, cambios en el suministro y precio de bienes agrícolas. Véase también *Impactos que no afectan el mercado*.

### Impactos que no afectan el mercado

Impactos que afectan a ecosistemas o al bienestar humano, pero que no están vinculados directamente a transacciones comerciales—por ejemplo, un creciente riesgo de muerte prematura. Véase también *Impactos en el mercado*.

### Impuesto sobre emisiones

Gravamen impuesto por un gobierno por cada unidad de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente producidas por una fuente sujeta

al impuesto. Como prácticamente todo el carbono de combustibles fósiles se emite como *dióxido de carbono*, un gravamen sobre el contenido de carbono de los combustibles de origen fósil—un impuesto sobre el carbono—es equivalente a un *impuesto sobre emisiones* provenientes de la combustión de combustibles fósiles. El *impuesto sobre energía*—un gravamen sobre el contenido energético de los combustibles—reduce la demanda de energía y, por lo tanto, reduce las emisiones de dióxido de carbono que resultan del consumo de combustibles fósiles. Los impuestos ecológicos tienen por objeto influir en el comportamiento humano (sobre todo el comportamiento económico) y fomentar de esta forma una vía que sea racional desde el punto de vista ecológico. El *impuesto internacional sobre emisiones/carbono/energía* es un gravamen aplicado por un organismo internacional sobre fuentes específicas en los países participantes. Los ingresos se distribuyen o utilizan según como lo especifiquen los países participantes o el organismo internacional.

### **Impuesto sobre energía**

Véase *Impuesto sobre emisiones*.

### **Impuesto armonizado sobre carbono/emisiones/energía**

Los países participantes se comprometen a imponer impuestos con un tipo común sobre las mismas fuentes. Cada país puede retener los ingresos por los impuestos que percibe. El concepto de impuesto armonizado no requiere necesariamente que los países impongan un impuesto con el mismo tipo, pero el empleo de diferentes tipos en los diversos países no resultaría rentable. Véase también *Impuestos sobre emisiones*.

### **Impuestos internacionales sobre emisiones/carbono/energía**

Véase *Impuestos sobre emisiones*.

### **Impuestos sobre el carbono**

Véase *Impuestos sobre emisiones*.

### **Incentivos basados en el mercado**

Medidas consistente en utilizar los mecanismos de fijación de precios (por ejemplo, los impuestos y permisos comercializables) para reducir las *emisiones de gases de efecto invernadero*.

### **Incertidumbre**

Expresión del nivel de desconocimiento de un valor (como el estado futuro del *sistema climático*). La incertidumbre puede ser resultado de una falta de información o de desacuerdos sobre lo que se conoce o puede conocer. Puede tener muchos orígenes, desde errores cuantificables en los datos a conceptos o terminologías definidos ambiguamente, o proyecciones inciertas de conductas humanas. La incertidumbre se puede representar con valores cuantitativos (como una gama de valores calculados por varias simulaciones) o de forma cualitativa (como el juicio expresado por un equipo de expertos). Véase Moss y Schneider (2000).

### **Indicador por representación**

Un indicador del *clima* por representación es un registro local que se interpreta, utilizando principios físicos y biofísicos, para representar alguna combinación de variaciones relacionadas con el clima que han ocurrido tiempo atrás. Los datos relacionados con el clima extraídos de esta forma se llaman datos obtenidos por representación. Como ejemplos de estos indicadores pueden mencionarse los registros de anillos en árboles, las características de los corales y varios datos relacionados con testigos de hielo.

### **Inercia**

Retraso, desaceleración o resistencia en respuesta a *sistemas humanos*, biológicos o climáticos respecto a factores que alteran la velocidad del cambio, incluida la continuación del cambio en el sistema después que se haya eliminado la causa de dicho cambio.

### **Infraestructura**

Equipo básico, empresas de servicios públicos, empresas de producción, instalaciones, instituciones y servicios esenciales para el desarrollo, funcionamiento, y crecimiento de una organización, ciudad o nación. Por ejemplo, las carreteras, escuelas, electricidad, gas, y servicios de agua, el transporte, comunicación y los sistemas jurídicos se podrían considerar como infraestructuras.

### **Inseguridad alimentaria**

Situación que existe cuando las personas carecen de acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos nutritivos para el crecimiento y desarrollo normal y para una vida sana y activa. Puede estar causada por una falta de disponibilidad de comida, o un uso inadecuado de los alimentos a nivel nacional. La inseguridad alimentaria puede ser crónica, estacional o transitoria.

### **Intensidad energética**

Relación entre el consumo de energía y su rendimiento físico o económico. A nivel nacional es la relación entre el consumo total de energía primaria nacional o el consumo de energía final y el *Producto interno bruto* o rendimiento físico.

### **Intrusión/invasión de agua salada**

Desplazamiento de agua dulce sobre la superficie o subterránea por el avance de agua salada debido a su mayor densidad, normalmente en zonas costeras o en estuarios.

### **Investigación, desarrollo y demostración**

Investigación y desarrollo científico y/o técnico para nuevos procesos de producción o nuevos productos, junto con el análisis y las medidas que proporcionan información a los usuarios potenciales respecto a la aplicación de nuevos productos o procesos, pruebas demostrativas, y la posibilidad de aplicación de dichos procesos y productos a través de plantas piloto y otras aplicaciones precomerciales.

### **Isla de calor**

Zona dentro de un área urbana caracterizada por una temperatura

ambiente más alta que las zonas colindantes debido a una absorción de la energía solar por materiales como el asfalto.

### **Jerarquía de la simulación**

Véase *Simulación climática*.

### **La Niña**

Véase *El Niño Oscilación Meridional*.

### **Limo**

Material sedimentario suelto o no consolidado cuyas partículas de roca son más finas que los granos de arena y más grandes que las del lodo.

### **Litosfera**

Capa superior de la Tierra sólida, tanto oceánica como continental, compuesta de rocas de la corteza terrestre y la parte fría—elástica principalmente—de la capa superior del manto. La actividad volcánica, aunque es parte de la *litosfera*, no se considera parte del *sistema climático*, pero actúa como un componente del forzamiento externo.

### **Mala adaptación**

Cualquier cambio en *sistemas humanos* o naturales que aumentan de forma inadvertida la vulnerabilidad a *estímulos climáticos*; adaptación que no consigue reducir la vulnerabilidad, sino que la aumenta.

### **Manchas solares**

Pequeñas zonas oscuras del Sol. El número de manchas solares es mayor durante períodos de gran actividad solar, y varía en particular con el ciclo solar.

### **Marea de tempestad**

*Elevación del nivel del mar* en una localidad determinada, debido a condiciones meteorológicas extremas (baja presión atmosférica y/o fuertes vientos). La marea de tempestad se define como el exceso de las variaciones del oleaje por encima del nivel esperado únicamente en ese lugar y momento.

### **Mareógrafo**

Dispositivo en la costa (y en algunas zonas marinas profundas) que mide constantemente el nivel del mar respecto a la tierra adyacente. La media temporal del nivel del mar registrada de esa forma proporciona el *cambio secular del nivel relativo del mar* observado.

### **Masa de agua dulce**

Cuerpo lenticular de agua dulce que circula por una isla oceánica. Por debajo fluye agua salada.

### **Mecanismo para un desarrollo limpio (CDM)**

Definido en el Artículo 12 del *Protocolo de Kyoto*, el Mecanismo para un desarrollo limpio intenta cumplir dos objetivos: 1) ayudar a las *Partes no incluidas en el Anexo I* a

lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención; y 2) ayudar a las *Partes incluidas en el Anexo I* a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones. En el marco de proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio emprendidos por *países no incluidos en el Anexo I* para limitar o reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero*, se pueden otorgar al inversor (gobierno o industria) en las Partes en el Anexo B *Unidades de Reducciones Certificadas de Emisiones*, si esas reducciones están certificadas por entidades operativas designadas por la *Conferencia de las Partes/Reunión de las Partes*. Una parte del producto de las actividades de proyectos certificadas se utiliza para cubrir gastos administrativos, y a ayudar a Partes que son países en desarrollo y son especialmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, para que sufraguen los *costos de adaptación*.

### **Mecanismos de flexibilidad**

Véase *Mecanismos de Kyoto*.

### **Mecanismos de Kyoto**

Mecanismos económicos basados en principios del mercado que las Partes en el *Protocolo de Kyoto* pueden utilizar en un intento por atenuar los impactos económicos potenciales de los requisitos de reducción de las emisiones de *gases de efecto invernadero*. Incluyen los planes para *Aplicación conjunta* (Artículo 6), el *Mecanismo para un desarrollo limpio* (Artículo 12), y el *comercio de derechos de emisiones* (Artículo 17).

### **Medidas reguladoras**

Reglamentos o códigos aprobados por los gobiernos que ordenan especificaciones de productos o características del rendimiento de un proceso. Véase también *Normas*.

### **Metano (CH<sub>4</sub>)**

Hidrocarburo que es un *gas de efecto invernadero*, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles. El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*.

### **Mitigación**

Intervención *antropogénica* para reducir las fuentes o mejorar los *sumideros de gases de efecto invernadero*.

### **Montaña**

Zona biogeográfica que consiste en pendientes frías y relativamente húmedas por debajo del límite forestal y típicamente dominada por grandes árboles de hojas perennes.

### **Monzón**

Viento en la circulación atmosférica general tipificado por

tener una dirección persistente estacional y un gran cambio de dirección de una estación a otra.

### Morbilidad

Nivel de ocurrencia de una enfermedad u otro problema de salud dentro de una población, teniendo en cuenta los niveles de morbilidad específicos a los diversos grupos de edad. Dichos problemas de salud incluyen la prevalencia/incidencia de enfermedades crónicas, los niveles de hospitalización, las consultas para atención primaria, los días de baja por enfermedad (es decir, los días de ausencia al trabajo por estas razones), y la prevalencia de síntomas.

### Mortalidad

Nivel de ocurrencia de muertes dentro de una población y dentro de un período específico; en los cálculos para determinar la mortalidad se tienen en cuenta los índices de muertes en relación con la edad, lo que permite ofrecer una medición de la esperanza de vida y la proporción de muertes prematuras.

### Movimiento de masa

Todo movimiento de unidades de materiales terrestres impulsados y controlados por la gravedad.

### Movimientos isostáticos de las tierras

Por isostasia se entiende la forma en la que la *litosfera* y el manto responden a cambios en las cargas que soporta la superficie. Cuando la carga cambia por alteraciones en las masas de hielos sobre las tierras, masas oceánicas, sedimentación, *erosión*, o desarrollo de montañas, se produce un ajuste vertical isostático para equilibrar esa nueva carga.

### Muro marino

Muro o barrera de protección producido por el hombre a lo largo de la línea de costa para evitar la *erosión* producida por las olas.

### Guión

Véase *Escenarios del IEEE*.

### Nivel de conocimiento científico

Índice en forma de escala de 4 pasos (Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo) diseñado para mostrar el grado de conocimiento científico sobre los agentes de *forzamiento radiativo* que afectan al *cambio climático*. Para cada agente, el índice representa un juicio subjetivo sobre la fiabilidad de la estimación de su fuerza, incluidos factores como las hipótesis necesarias para evaluar el forzamiento, el grado de conocimiento de los mecanismos físicos/químicos que determinan el forzamiento, y las *incertidumbres* que rodean las estimaciones cuantitativas.

### Nivel medio del mar (MSL)

Nivel medio relativo del mar en un período determinado (como un año o un mes) que sea lo suficientemente largo como para compensar fenómenos transitorios como las olas. Véase también *Elevación del nivel del mar*.

### Nivel relativo del mar

Nivel del mar medido por un *mareógrafo* respecto a la tierra sobre la que se sitúa. Véase también *Nivel medio del mar*.

### No linealidad

Un proceso se denomina ‘no lineal’ cuando no existe una relación simple proporcional entre causa y efecto. El *sistema climático* contiene muchos procesos no lineales, lo que le convierte en un sistema con un comportamiento muy complejo. Dicha complejidad puede llevar a un rápido *cambio climático*.

### Norma tecnológica o norma de rendimiento

Véase *Normas*.

### Normas internacionales para productos y/o tecnologías

Véase *Normas*.

### Normas

Conjunto de reglas o códigos que da instrucciones o define el rendimiento de un producto (por ejemplo, niveles, dimensiones, características, métodos de prueba y reglas para su uso). Las normas internacionales sobre calidad de producto y/o *tecnologías* establecen unos requisitos mínimos para los productos y/o las tecnologías afectados en los países en donde se adoptan. Las normas reducen las emisiones de *gases de efecto invernadero* asociadas con la fabricación o empleo de los productos y/o la aplicación de la tecnología. Véase también *Medidas reguladoras*.

### Objetivos y calendarios

Un objetivo es la reducción de un porcentaje específico de emisiones de *gases de efecto invernadero* a partir de una fecha *básica* (por ejemplo, ‘por debajo de los niveles de 1990’) que se debe cumplir antes de una fecha o conforme con un calendario determinado (como ‘del 2008 a 2012’). Por ejemplo, con arreglo a la fórmula del *Protocolo de Kyoto*, la Unión Europea ha acordado reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 8 por ciento por debajo de los niveles en 1990 en el período entre 2008 al 2012. Estos objetivos y calendarios representan, en los hechos, un límite máximo de emisiones sobre la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero que pueden ser emitidas por un país o región durante un período determinado.

### Obstáculo

Cualquier barrera que impide materializar una posibilidad, y que puede ser superada mediante una política, programa o medida.

### Obstáculos de mercado

En el contexto de la *mitigación* del *cambio climático*, los problemas que previenen o impiden la difusión de tecnologías o prácticas económicas que podrían mitigar las emisiones de *gases de efecto invernadero*.

## Opciones de medidas “útiles en todo caso”

Véase *Política de medidas “útiles en todo caso”*.

## Opciones tecnológicas conocidas

*Tecnologías* que actualmente están en funcionamiento o en fase experimental. No incluyen ningún tipo de nueva tecnología que requiera avances tecnológicos muy importantes.

## Oportunidad

Situación o circunstancia para reducir el desfase entre el potencial de mercado de una *tecnología* o práctica y el *potencial económico, potencial socioeconómico, o potencial tecnológico*.

## Oportunidades de medidas “útiles en todo caso”

Véase *Política de medidas “útiles en todo caso”*.

## Oscilación Meridional

Véase *El Niño Oscilación Meridional*.

## Oscilación del Atlántico Norte (OAN)

La Oscilación del Atlántico Norte consiste en variaciones opuestas de la presión barométrica cerca de Islandia y de las Azores. Como término medio, una corriente occidental, entre la zona de baja presión de Islandia y la zona de alta presión de las Azores, lleva hacia Europa ciclones con sus sistemas frontales asociados. Sin embargo, la diferencia de presión entre Islandia y las Azores fluctúa en unas *escalas temporales* que van desde días a decenios, y a veces se pueden invertir. Es el modo predominante de *variabilidad climática* en invierno en la región del Atlántico Norte, comprendida entre el centro de América del Norte y Europa.

## Óxido nitroso ( $N_2O$ )

Potente *gas de efecto invernadero* emitido con los usos de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de *biomasa*. Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intentan reducir con el *Protocolo de Kyoto*.

## Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )

Cualquiera de los óxidos de nitrógeno.

## Ozono ( $O_3$ )

Forma triatómica del oxígeno ( $O_3$ ), es un componente gaseoso de la *atmósfera*. En la *troposfera* se crea de forma natural y por reacciones fotoquímicas por medio de gases que resultan de actividades humanas (el ‘esmog’ fotoquímico). En grandes concentraciones, el ozono troposférico puede ser perjudicial para una amplia gama de organismos vivos. El ozono troposférico actúa como un *gas de efecto invernadero*. En la estratosfera, el ozono se crea por la interacción entre la *radiación solar ultravioleta* y el oxígeno molecular ( $O_2$ ). El ozono estratosférico tiene un papel decisivo en el equilibrio de radiación estratosférica. Su concentración es más elevada

en la *capa de ozono*. El agotamiento de la capa de ozono estratosférica, debido a reacciones químicas que se pueden ver aumentadas por el *cambio climático*, puede producir un aumento del flujo a nivel del suelo de radiación ultravioleta-B. Véase también *Protocolo de Montreal* y *Capa de ozono*.

## Países/Partes del Anexo B

Grupo de países incluidos en el Anexo B del *Protocolo de Kyoto* que han acordado un objetivo para sus emisiones de *gases de efecto invernadero*, incluidos todos los *Países del Anexo I* (tal y como se enmendó en 1998) excepto Turquía y Belarús. Véase también *Países del Anexo II*, *Países no incluidos en el Anexo I*, y/o *Países no incluidos en el Anexo B*.

## Países/Partes del Anexo I

Grupo de países incluidos en el Anexo I (tal y como figuran en la enmienda de 1998) de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, incluidos todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), y los países con economías en transición. Por defecto, nos referimos a los demás países como países no incluidos en el Anexo I. En virtud de los Artículos 4.2 a) y 4.2b) de la Convención, los países del Anexo I se comprometen de manera específica a conseguir de forma individual o conjunta en el año 2000 los niveles de emisiones de *gases de efecto invernadero* que tenían en 1990. Véase también *Países del Anexo II*, *Países del Anexo B*, y *Países no incluidos en el Anexo B*.

## Países/Partes del Anexo II

Grupo de países incluidos en el Anexo II de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, incluidos todos los países desarrollados en la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). En virtud del Artículo 4.2 (g) de la Convención, estos países deben proporcionar recursos financieros para ayudar a que los países en desarrollo cumplan con sus obligaciones, así como la preparación de informes nacionales. Los países del Anexo II también deberían promover la transferencia de tecnologías ambientalmente racionales a países en desarrollo. Véase también *Países del Anexo I*, *Países del Anexo B*, *Países no incluidos en el Anexo II*, y *Países no incluidos en el Anexo B*.

## Países/Partes no incluidos en el Anexo B

Países no incluidos en el Anexo B del *Protocolo de Kyoto*. Véase también *Países del Anexo B*.

## Países/Partes no incluidos en el Anexo I

Países que han ratificado o se han adherido a la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* que no están incluidos en el Anexo I de la Convención sobre el Cambio Climático. Véase también *Países del Anexo I*.

## Paludismo

Enfermedad endémica o epidémica producida por parásitos

de la especie Plasmodium (protozoos) y transmitida por los mosquitos Anofeles; produce fiebres altas y problemas en todo el organismo, y mata a unos 2 millones de personas cada año.

### **Paquetes de nieve**

Acumulación estacional de nieve que se funde con lentitud.

### **Parametrización**

En las *simulaciones climáticas*, este término se refiere a las técnicas de representación de los procesos que no pueden ser resueltos de forma explícita en la resolución espacial o temporal de la simulación (procesos de escala de subred), mediante las relaciones entre los efectos de las medias temporales o espaciales de dichos procesos de escala de subred y el flujo a una mayor escala.

### **Paridad de poder adquisitivo (PPP)**

Estimación del *Producto interno bruto* basada en el poder adquisitivo de las divisas, en vez de los tipos de cambio actuales. Estas estimaciones son una mezcla de cifras extrapoladas y basadas en regresiones, utilizando los resultados del Programa de Comparación Internacional. Las estimaciones PPP del PIB per capita tienden a la baja en países industrializados, y al alza en los países en desarrollo. Es también una sigla de la versión inglesa del principio “quien contamina, paga” (polluter–pays–principle)

### **Partes interesadas**

Persona o entidad que tiene permisos, concesiones o cualquier otro tipo de valor que podría ser afectado por una política o acción determinada.

### **Partículas de hollín**

Partículas formadas durante el enfriamiento de la combustión de gases en los bordes exteriores de las llamas de vapores orgánicos; consisten sobre todo en carbono, con cantidades inferiores de oxígeno e hidrógeno presentes como grupos carboxilos y fenólicos, y presenta una estructura gráfica imperfecta (Charlson y Heintzenberg, 1995). Véase también *Carbono negro*\*.

### **Pastizales**

Tierras sin mejorar, llenas de hierbas, matojos, sabana y tundra.

### **Penetración del mercado**

Parte de un mercado determinado que obtiene un bien o servicio concreto en un momento dado.

### **Perfil**

Conjunto de concentraciones que cambia de forma suave y representa una vía posible hacia la estabilización. La palabra ‘perfil’ se utiliza para distinguir dichas vías de las vías de emisiones, a las que nos referimos habitualmente como ‘escenarios’.

### **Perfiles S**

Perfiles de concentraciones de *dióxido de carbono* que llevan a la estabilización definida en la evaluación del IPCC de 1994

(Enting et al., 1994; Schimel et al., 1995). Para un nivel de estabilización determinado, estos perfiles abarcan una amplia gama de posibilidades. La ‘S’ viene de ‘stabilization’ (estabilización) Véase también *Perfiles WRE*.

### **Perfiles WRE**

Perfiles de concentraciones de *dióxido de carbono* que llevan a una estabilización. Definidos por Wigley, Richels, y Edmonds (1996), de cuyas iniciales se extrae la sigla. Para cualquier nivel de estabilización, estos perfiles abarcan una amplia gama de posibilidades. Véase también *Perfiles S*.

### **Perfluorocarbonos (PFC)**

Se encuentran entre los seis *gases de efecto invernadero* que se intenta reducir en el marco del *Protocolo de Kyoto*. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los *clorofluorocarbonos* en la fabricación de semiconductores. El *Potencial de calentamiento mundial* de los PFC es 6.500–9.200 veces superior al del *dióxido de carbono*.

### **Permafrost**

Tierras que están permanentemente congeladas, siempre que la temperatura permanezca por debajo de 0°C durante varios años.

### **Permisos de emisión**

Atribución no transferible o negociable de derechos de una autoridad administrativa (organización intergubernamental, organismo gubernamental central o local) a una entidad regional (país o área subnacional) o sectorial (una empresa determinada) para pueda emitir determinada cantidad de una sustancia.

### **Placa de hielo**

Masa de hielo sobre tierra que suficientemente profunda como para cubrir la mayoría de la topografía rocosa subyacente, por lo que su forma está determinada principalmente por su dinámica interna (el flujo del hielo cuando se deforma internamente y se desplaza hacia la base). Una placa de hielo fluye hacia afuera desde una planicie central alta con una pequeña pendiente media. Los márgenes de la pendiente se hacen cada vez más abruptos, y el hielo se descarga a través rápidas corrientes o glaciares de vaciado, en algunos casos en el mar o en plataformas de hielo que flotan en el mar. Existen dos grandes placas de hielo en el mundo moderno, en Groenlandia y en el Antártico. En el Antártico, las Montañas Transatlánticas la dividen en placa oriental y placa occidental; durante los períodos glaciares existieron otras placas de hielo.

### **Plancton**

Organismos acuáticos que se desplazan a la deriva o nadando débilmente. Véase también *Fitoplancton* y *Zooplancton*.

### **Plataformas de hielo**

*Placa de hielo* flotante de gran espesor unida a una costa (normalmente de gran amplitud horizontal con un nivel o unas

ondulaciones leves en la superficie); a menudo es una ampliación de una placa de hielo hacia el mar.

### Población indígena

Población cuyos ancestros vivieron en un lugar o país cuando las personas de otra cultura o grupo étnico llegaron y les dominaron mediante una conquista, asentamiento u otros medios, y que actualmente se ajustan más a sus propias costumbres y tradiciones sociales, económicas y culturales, que a las de los nuevos países de los que ahora forman parte. También se conocen como poblaciones ‘nativas,’ ‘aborígenes’ o ‘tribales’.

### Política de medidas “útiles en todo caso”

Política que podría generar ventajas sociales, se produzca o no un *cambio climático*. Las *oportunidades de medidas “útiles en todo caso”* para la reducción de emisiones de *gases de efecto invernadero* se definen como aquellas opciones cuyos beneficios—por ejemplo, los menores costos de energía y la reducción de emisiones de contaminantes locales/regionales—son iguales o superan los costos que tienen para la sociedad, además de los beneficios del cambio climático que se evita. El potencial de *medidas “útiles en todo caso”* se define como el desfase entre el *potencial de mercado* y el *potencial socioeconómico*.

### Política óptima

Se determina que una política es óptima si los costos marginales de reducción son iguales en todos los países, con lo que se reducen al mínimo los *costos totales*.

### Políticas y medidas

En la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, se entiende por ‘políticas’ aquellas acciones que pueden ejecutar u ordenar un gobierno—a menudo junto con empresas e industrias dentro de sus propios países, además de en otros países—para acelerar la aplicación y el uso de medidas encaminadas a frenar las emisiones de *gases de efecto invernadero*. Las ‘medidas’ son tecnologías, procesos y prácticas utilizadas para aplicar políticas que, si se emplean, pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de niveles futuros anticipados. Entre los ejemplos pueden mencionarse los *impuestos sobre carbono* o sobre otras energías, normas para mejorar la eficiencia de combustibles en automóviles, etc. Se entiende por políticas ‘comunes o coordinadas’ o ‘armonizadas’ las adoptadas de forma conjunta por las Partes.

### Ponderación de los riesgos

En el contexto de *mitigación del cambio climático*, la ponderación de los riesgos se define como el establecimiento de un equilibrio entre los riesgo de actuar muy lentamente, por un lado, y con mucha precipitación, por el otro. Depende de la actitud de la sociedad frente al riesgo.

### Potencial de calentamiento mundial (PCM)

Índice que describe las características radiativas de los *gases de efecto invernadero* bien mezclados y que representa el efecto

combinado de los diferentes tiempos que estos gases permanecen en la *atmósfera* y su eficiencia relativa en la absorción de *radiación infrarroja* saliente. Este índice se aproxima el efecto de calentamiento integrado en el tiempo de una masa–unidad de determinados gases de efecto invernadero en la atmósfera actual, en relación con una unidad de *dióxido de carbono*.

### Potencial de medidas “útiles en todo caso”

Véase *Política de medidas “útiles en todo caso”*.

### Potencial de mercado

Parte del *potencial económico* de las reducciones de las emisiones de *gases de efecto invernadero* o mejoras en eficiencia energética que se podrían lograr en unas condiciones de mercado previstas, suponiendo que no haya nuevas *políticas o medidas*. Véase también *Potencial económico*, *Potencial socioeconómico*, y *Potencial tecnológico*.

### Potencial económico

Parte del *potencial tecnológico* para la reducción de las emisiones de *gases de efecto invernadero* o las mejoras en eficiencia energética que se puede lograr de manera económica con la creación de mercados, la reducción de imperfecciones en los mercados, o el aumento de transferencias financieras y tecnológicas. La consecución del potencial económico precisa unas políticas y medidas adicionales para superar los *obstáculos del mercado*. Véase también *Potencial económico*, *Potencial socioeconómico*, y *Potencial tecnológico*.

### Potencial socioeconómico

Nivel de mitigación de los *gases de efecto invernadero* que se podría lograr si se superaran los obstáculos sociales y culturales para el uso de tecnologías que resultan económicas. Véase también *Potencial económico*, *Potencial de mercado*, y *Potencial tecnológico*.

### Potencial tecnológico

Cantidad por la que es posible reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero* o mejorar la eficiencia energética mediante la aplicación de una tecnología o práctica que ya ha sido probada. Véase también *Potencial económico*, *Potencial de mercado*, y *Potencial socioeconómico*.

### Precursos

Compuestos atmosféricos que no son *gases de efecto invernadero* ni aerosoles, pero que tienen un efecto sobre las concentraciones de gases de efecto invernadero o *aerosoles*, al contribuir en los procesos físicos o químicos que regulan sus niveles de producción o destrucción.

### Predicción climática

Resultado de un intento de producir la descripción o la mejor estimación de la evolución real del clima en el futuro (a *escalas temporales* estacionales, interanuales o a largo plazo). Véase también *Proyección climática* y *Escenario (de cambio) climático*.

## Preindustrial

Véase *Revolución Industrial*.

## Producción neta de bioma (NBP)

Ganancia o pérdida neta de carbono en una región. La NBP es igual a la *Producción neta del ecosistema* menos la pérdida de carbono producida por una alteración (un incendio forestal o la tala de bosques).

## Producción neta del ecosistema (NEP)

Ganancias o pérdidas netas de carbono en un ecosistema. La NEP es igual a la *Producción primaria neta* menos el carbono perdido a través de la *respiración heterotrófica*.

## Producción primaria neta (NPP)

Aumento en *biomasa* o carbono en las plantas de una unidad de un paisaje determinado. La NPP es igual a la *Producción primaria bruta* menos el carbono perdido a través de la *respiración autotrófica*.

## Producción primaria bruta (GPP)

Cantidad de carbono fijado en la *atmósfera* a través de la *fotosíntesis*.

## Producto interno bruto (PIB)

Suma del valor añadido bruto, a precios de consumidor, de todos los productores residentes y no residentes en la economía, más los impuestos, y menos las subvenciones no incluidos en el valor de los productos en un país o zona geográfica durante un período determinado, normalmente de 1 año. Se calcula sin deducir de ello la depreciación de los activos fabricados y la degradación y eliminación de recursos naturales. El PIB es a menudo una medida, aunque incompleta, del bienestar.

## Programa 21 local

Serie de planes locales para el medio ambiente y el desarrollo, que cada autoridad local debe desarrollar a través de un proceso consultivo con sus comunidades, asignando particular atención en la participación de jóvenes y mujeres. Muchas autoridades locales han desarrollado Programas 21 locales a través de procesos consultivos como medios para reorientar sus políticas, planes, y operaciones hacia la consecución de objetivos para desarrollo sostenible. El término se ha copiado del Capítulo 28 del Programa 21—el documento aprobado formalmente por todos los representantes de los gobiernos que asistieron a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio ambiente y Desarrollo (también conocida como la Cumbre sobre la Tierra) celebrada en Río de Janeiro en 1992.

## Proporción de volumen de mezcla

Véase *Fracción molecular*.

## Proporción de mezcla

Véase *Fracción molecular*.

## Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto a la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC) se adoptó en el tercer período de sesiones de la *Conferencia de las Partes* de la CMCC en 1997 en Kyoto, Japón. Contiene unos compromisos legales vinculantes, además de los incluidos en la CMCC. Los países del Anexo B del Protocolo (la mayoría de los países en la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), y los países con economías en transición) acordaron la reducción de sus emisiones antropogénicas de *gases de efecto invernadero* (*dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, y hexafluoruro de azufre*) a al menos un 5 por ciento por debajo de los niveles en 1990 durante el período de compromiso de 2008 al 2012. El Protocolo de Kyoto aún no ha entrado en vigor (septiembre del año 2001).

## Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la *capa de ozono* se adoptó en 1987, y posteriormente se ajustó y enmendó en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995), Montreal (1997), y Beijing (1999). Controla el consumo y producción de sustancias químicas que contienen cloro y bromuro que destruyen el *ozono* estratosférico, como los *clorofluorocarbonos* (CFCs), el cloroformo de metilo, el tetracloruro de carbono, y muchos otros compuestos.

## Proyección (genérica)

Evolución potencial futura de una cantidad o conjunto de cantidades, a menudo calculadas con la ayuda de una simulación. La proyección se diferencia de una ‘predicción’ para enfatizar que la proyección se basa en hipótesis sobre, por ejemplo, avances tecnológicos y socioeconómicos futuros, que se pueden o no realizar, y está sujeta a una gran *incertidumbre*. Véase también *Proyección climática* y *Predicción climática*.

## Proyección climática

Proyección de la respuesta del sistema climático a escenarios de *emisiones* o concentraciones de *gases de efecto invernadero* y *aerosoles*, o escenarios de *forzamiento radiativo*, basándose a menudo en *simulaciones climáticas*. Las proyecciones climáticas se diferencian de las *predicciones climáticas* para enfatizar que las primeras dependen del escenario de forzamientos radioativo/emisiones/concentraciones/radiaciones utilizado, que se basa en hipótesis sobre, por ejemplo, diferentes pautas de desarrollo socioeconómico y tecnológico que se pueden realizar o no y, por lo tanto, están sujetas a una gran *incertidumbre*.

## Radiación infrarroja

Radiación emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Es conocida también como radiación terrestre o de onda larga. La radiación infrarroja tiene una gama de longitudes de onda (‘espectro’) que es más larga que la longitud de onda del color rojo en la parte visible del espectro. El espectro de la radiación infrarroja es diferente al de la *radiación*

*solar* o de onda corta debido a la diferencia de temperatura entre el Sol y el sistema Tierra–atmósfera.

### Radiación solar

Radiación emitida por el Sol. También se denomina radiación de onda corta. La radiación solar tiene una gama específica de longitudes de onda (espectro) determinado por la temperatura del Sol. Véase también *Radiación infrarroja*.

### Radiación Ultravioleta (UV)–B

*Radiación solar* dentro de una gama de longitudes de onda de 280–320 nm, cuya parte más grande es absorbida por el ozono estratosférico. El aumento de la radiación UV–B reduce la respuesta del sistema inmunitario y puede tener otros efectos adversos en organismos vivos.

### Reaseguro

Transferencia de una parte del riesgo principal de un seguro a aseguradores secundarios (reaseguradores); en definitiva, es un ‘seguro para aseguradores’.

### Recarga de agua subterránea

Proceso por el que se añade agua externa a la zona de saturación de un *acuífero*, ya sea de forma directa en una formación, o indirecta, por medio de otra formación.

### Reciclado de ingresos

Véase *Efecto de interacción*.

### Recuperación de metano

Método por el que se capturan las emisiones de *metano* (ya sea de minas de carbón o de vertederos) y se reutilizan como combustible o para cualquier otro propósito económico (como reinyección en depósitos de petróleo o gas).

### Recuperación post-glaciar

Movimiento vertical de los continentes y del suelo marino tras la desaparición y estrechamiento de una *placa de hielo*—por ejemplo, desde el Máximo del Último Glaciar (21 ky BP). La recuperación es un movimiento isostático de la tierra.

### Recursos

Fenómenos con características geológicas y/o económicas menos ciertas, pero que son consideradas potencialmente recuperables con avances tecnológicos y económicos previstos.

### Reforestación

Plantación de *bosques* en tierras que han contenido bosques previamente pero que fueron convertidas a cualquier otro uso. Para obtener más información sobre el término ‘bosque’ y temas relacionados, como *forestación*, *reforestación*, y *deforestación*, véase el Informe Especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

### Regeneración

Renovación de grupos de árboles, ya sea de forma natural (en el mismo lugar o en lugares adyacentes, o por semillas depositadas por el viento, pájaros o animales) o de forma artificial (mediante plantación directa).

### Régimen de alteración

Frecuencia, intensidad, y tipos de alteraciones, entre los que figuran incendios, brotes de insectos o plagas, inundaciones y sequías.

### Regiones áridas

*Ecosistemas* con menos de 250 mm de precipitación anual.

### Regiones semiáridas

*Ecosistemas* que tienen más de 250 mm de precipitación al año pero que no son muy productivas; normalmente se clasifican de pastizales.

### Reservas

Fenómenos identificados y medidos como recuperables económica y técnicamente con los precios y tecnologías actuales. Véase también *Recursos*.

### Resistencia

Cantidad de cambio que puede soportar un sistema sin que cambie con ello su estado.

### Respiración heterotrófica

Conversión de materia orgánica a CO<sub>2</sub> por otros organismos que no sean plantas.

### Respiración

Proceso por el que los organismos vivos convierten la materia orgánica en *dioxido de carbono*, emitiendo energía y consumiendo oxígeno.

### Respuesta climática transitoria

Aumento medio de la temperatura del aire en la superficie, sobre un período de 20 años, centrada en la época de duplicación el CO<sub>2</sub> (por ejemplo, en el año 70 en un 1 por ciento por año, para un experimento de aumento de CO<sub>2</sub> con una *simulación climática* mundial conjunta).

### Respuesta climática

Mecanismo de interacción entre procesos en el *sistema climático*, cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, afecta al primero. Una respuesta positiva intensifica el proceso original, y una negativa lo reduce.

### Respuesta

Véase *Respuesta climática*.

### Reunión de las Partes (en el Protocolo de Kyoto) (MOP)

La *Conferencia de las Partes* en la *Convención Marco de las*

*Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* ha de actuar como Reunión de las Partes (MOP), el organismo supremo del Protocolo de Kyoto, pero sólo las Partes en ese Protocolo pueden participar en sus deliberaciones y tomar decisiones. Hasta que no entre en vigor el Protocolo, la MOP no se podrá reunir.

### Revolución Industrial

Período de rápido crecimiento industrial con amplias consecuencias sociales y económicas, que comenzó en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVIII y se extendió por Europa y más tarde a otros países incluidos los Estados Unidos. La invención de la máquina de vapor impulsó en gran medida este desarrollo. La Revolución Industrial marca el principio de un fuerte aumento en el uso de combustibles fósiles y de las emisiones, sobre todo, de *dióxido de carbono* fósil. En este informe, los términos ‘*preindustrial*’ e ‘*industrial*’ se refieren, de forma algo arbitraria, a los períodos antes y después del 1750, respectivamente.

### Salinización

Acumulación de sales en suelos.

### Salto tecnológico

Oportunidades de los países en desarrollo de saltarse varias de las etapas de desarrollo tecnológico por las que han pasado los países industrializados, y aplicar las tecnologías presentes más avanzadas en sectores energéticos y en otros sectores económicos, gracias a inversiones en desarrollo tecnológico y de capacidad.

### Secuestro (de carbono)

Proceso de aumento del contenido en carbono de un *depósito* de carbono que no sea la *atmósfera*. Desde un enfoque biológico incluye el secuestro directo de *dióxido de carbono* de la atmósfera mediante un cambio en el uso de las tierras, forestación, reforestación, y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas. Desde un enfoque físico incluye la separación y eliminación del *dióxido de carbono* procedente de gases de combustión o del procesamiento de combustibles fósiles para producir fracciones con un alto contenido de hidrógeno y dióxido de carbono y el almacenamiento a largo plazo bajo tierra en depósitos de gas y petróleo, minas de carbón y *acuíferos* salinos. Véase también *Absorción*.

### Sensibilidad del clima

En los informes del IPCC, la ‘sensibilidad de equilibrio del clima’ suele hacer referencia al cambio (en condiciones de equilibrio) de la temperatura media de la superficie mundial a raíz de una duplicación de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> (o de CO<sub>2</sub> equivalente). En términos más generales, hace referencia al cambio, en condiciones de equilibrio, de la temperatura del aire cuando el *forzamiento radiativo* varía en una unidad (°C/Wm<sup>-2</sup>). En la práctica, la evaluación de la sensibilidad del clima en condiciones de equilibrio requiere unas simulaciones muy extensas junto a simulaciones generales

de circulación. La ‘sensibilidad climática efectiva’ es una medida relacionada con esto que sortea este requisito. Se evalúa a partir de una simulación para condiciones en evolución que no están en equilibrio. Es una medida de la fuerza de las respuestas en un momento determinado que pueden variar con el historial de los forzamientos y el estado climático. Véase *Simulación climática*.

### Sensibilidad

Nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por *estímulos* relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta a la media, gama o variabilidad de las temperaturas) o indirecto (los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido a una elevación del nivel del mar). Véase también *Sensibilidad climática*.

### Sequía

Fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando unos serios desequilibrios hidrológicos que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres de producción de *recursos*.

### Servicio de la energía

Aplicación de energía útil a tareas deseadas por los consumidores, como el transporte, la calefacción o la luz.

### Servicios de ecosistema

Procesos o funciones ecológicos que tienen valor para las personas o la sociedad.

### Silvicultura

Desarrollo y cuidado de los *bosques*.

### Simulación climática (jerarquía)

Representación numérica del *sistema climático* basada en las propiedades físicas, químicas, y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de respuesta, que incluye todas o algunas de sus propiedades conocidas. El *sistema climático* se puede representar por simulaciones de diferente complejidad—es decir, que para cualquier componente o combinación de componentes se puede identificar una ‘jerarquía’ de simulaciones, que varían en aspectos como el número de dimensiones espaciales, el punto en que los procesos físicos, químicos o biológicos se representan de forma explícita, o el nivel al que se aplican las parametrizaciones empíricas. Junto con las simulaciones generales de circulación atmosférica/oceánica/ de los hielos marinos (AOGCM) se obtiene una representación completa del sistema climático. Existe una evolución hacia simulaciones más complejas con química y biología activas. Las simulaciones climáticas se aplican, como herramienta de investigación, para estudiar y simular el clima, pero también por motivos operativos, incluidas las previsiones climáticas mensuales, estacionales e interanuales.

## Simulación de arriba abajo

Los términos ‘arriba’ y ‘abajo’ son una abreviatura para definir simulaciones agregadas y desagregadas. La simulación de arriba abajo se deriva de la forma en la que los encargados de realizar simulaciones aplican la teoría macroeconómica y las técnicas econométricas para extraer datos históricos sobre consumo, precios, ingresos y costos de los factores para llevar a cabo una simulación de la demanda final de bienes y servicios, además de la oferta en los principales sectores, como energía, transporte, agricultura e industria. Por lo tanto, las simulaciones de arriba abajo evalúan el sistema a partir de variables económicas agregadas, en contraposición con las *simulaciones de abajo arriba*, que consideran las opciones tecnológicas o las políticas específicas de proyectos para la *mitigación del cambio climático*. Sin embargo, se han integrado en análisis arriba abajo algunos datos sobre tecnología, por lo que la distinción entre ambas simulaciones no es muy clara.

## Simulación general de circulación (GCM)

Véase *Simulación climática*.

## Simulaciones de abajo arriba

Tipo de enfoque que incluye detalles tecnológicos y de ingeniería en el análisis. Véase también *Simulaciones de arriba abajo*.

## Sistema climático

Sistema muy complejo que consiste en cinco componentes principales: la *atmósfera*, la *hidrosfera*, la *criosfera*, la superficie terrestre y la *biosfera*, y las interacciones entre ellas. El *sistema climático* evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna debido a forzamientos externos (por ejemplo, erupciones volcánicas, variaciones solares, y forzamientos inducidos por el hombre tales como la composición cambiante de la atmósfera y el *cambio en el uso de las tierras*).

## Sistema de depósito–devolución

Combinación de un depósito o tarifa (impuesto) en un producto y una devolución o reembolso (subvención) para la aplicación de una medida determinada. Véase también *Impuesto sobre emisiones*.

## Sistema humano

Cualquier sistema en el que las organizaciones humanas juegan un papel predominante. A menudo, pero no siempre, el término es sinónimo de ‘sociedad’ o ‘sistema social’ (por ejemplo, sistema agrícola, sistema político, sistema tecnológico, sistema económico).

## Sistemas únicos y amenazados

Entidades que están limitadas en un espacio geográfico relativamente reducido, pero que pueden afectar a otras entidades—a menudo mayores—más allá de este espacio; un espacio geográfico reducido da lugar a una sensibilidad a variables ambientales, incluidas las climáticas y, por lo tanto, atestiguan el potencial a la vulnerabilidad al *cambio climático*.

## Subida de aguas

Transporte de aguas profundas a la superficie, causado normalmente por movimientos horizontales de aguas en la superficie.

## Subvención

Pago directo por un gobierno o una entidad, o una reducción de impuestos a dicha entidad, para la aplicación de una práctica que el gobierno desea fomentar. Las emisiones de *gases de efecto invernadero* se pueden reducir disminuyendo las subvenciones existentes que tienen como efecto el aumento de las emisiones (por ejemplo, las subvenciones para el uso de combustibles fósiles, o la aportación de subvenciones para prácticas que reducen emisiones o mejoran los *sumideros* (por ejemplo, el aislamiento de edificios o la plantación de árboles).

## Sumidero

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la *atmósfera* un *gas de efecto invernadero*, un *aerosol*, o un *precursor* de gases de efecto invernadero.

## Tecnología

Una pieza de equipo o técnica para la realización de una actividad concreta.

## Tecnologías ambientalmente racionales (EST)

Tecnologías que protegen el medio ambiente, son menos contaminantes, utilizan todos los recursos de manera más sostenible, reciclan un mayor volumen de sus desechos y productos, y eliminan los residuos de una forma más aceptable que las tecnologías a las que han sustituido, y además son compatibles con las prioridades socioeconómicas, culturales, y ambientales de un país. En este informe las EST incluyen las tecnologías para *mitigación* y *adaptación*, así como las tecnologías duras y blandas.

## Tecnologías y prácticas incorporadas

Las tecnologías y prácticas que tienen ventajas de mercado derivadas de las instituciones, servicios, infraestructuras y recursos disponibles en estos momentos. Son muy difíciles de cambiar debido a su uso extendido y la presencia de infraestructuras y pautas socioculturales asociadas.

## Temperatura de la superficie mundial

Media mundial con ponderación de i) la temperatura de la superficie marina de los océanos (es decir, la temperatura de la subsuperficie en los primeros metros del océano), y ii) la temperatura del aire en la superficie terrestre a 1,5 m por encima del nivel del suelo.

## Tensión hídrica

Un país sufre tensión hídrica si la cantidad de suministro de agua dulce disponible respecto a la cantidad de agua retirada actúa como una limitación importante en su desarrollo. La retirada de una cantidad de agua por encima del 20 por ciento de la cantidad de suministro renovable de agua se ha utilizado como indicador de tensión hídrica.

## Termokarst

Topografía irregular y de montículos en suelos congelados como consecuencia de la fusión del hielo.

## Tiempo de ajuste

Véase *Tiempo de vida*; véase también *Tiempo de respuesta*.

## Tiempo de renovación

Véase *Tiempo de vida*.

## Tiempo de respuesta

El tiempo de respuesta o tiempo de ajuste es el tiempo necesario para que el *sistema climático* o sus componentes se reequilibren en un nuevo estado, tras unos forzamientos que resultan de procesos o respuestas internos y externos. Es muy diferente para los diversos componentes del sistema climático. El tiempo de respuesta de la *troposfera* es relativamente corto, de días a semanas, mientras que el de la *estratosfera* se equilibra en una escala temporal comprendida normalmente en unos pocos meses. Debido a su gran capacidad térmica, los océanos tienen un tiempo de respuesta mucho mayor, normalmente decenios, pero que pueden ser incluso siglos o milenios. Por lo tanto, el tiempo de respuesta del sistema conjunto superficie–troposfera es lento, si se compara con el de la estratosfera, y se encuentra determinado principalmente por los océanos. La *biosfera* puede responder rápidamente (por ejemplo, frente a sequías), pero su respuesta es también muy lenta para cambios impuestos. Véase *Tiempo de vida* para una definición diferente de tiempo de respuesta relacionado con la velocidad de los procesos que afectan a la concentración de gases traza.

## Tiempo de vida

Término general utilizado para varias *escalas temporales* que muestran la velocidad de los procesos que afectan la concentración de gases traza. En general, el tiempo de vida muestra el tiempo medio que un átomo o molécula pasa en un *depósito* determinado, como la atmósfera o los océanos. Se pueden distinguir los siguientes tipos de vida:

- ‘Tiempo de renovación’ (T) o ‘tiempo de vida atmosférico’ es la proporción de la masa M de un depósito (por ejemplo, un compuesto gaseoso en la atmósfera) y la proporción total de retirada S del depósito:  $T = M/S$ . Para cada proceso de retirada se puede definir un proceso diferente de renovación. En la biología del carbono en el suelo, se denomina Tiempo medio de residencia.
- ‘Tiempo de ajuste,’ ‘tiempo de respuesta,’ o ‘tiempo de vida de la perturbación’ (Ta) es la escala temporal que caracteriza el deterioro del insumo de impulso instantáneo en el depósito. El término tiempo de ajuste también se utiliza para denominar el ajuste de la masa de un depósito después de un cambio en la fuerza de la fuente. También se utiliza el término ‘mitad de la vida’ o ‘constante de deterioro’ para cuantificar un proceso exponencial de deterioro de primer orden. Véase Tiempo de respuesta para obtener una definición diferente relacionada con las variaciones climáticas. El

termino ‘tiempo de vida’ se utiliza a veces, en aras de la sencillez, como sustituto de ‘tiempo de ajuste.’

En casos sencillos, en que la retirada global del compuesto es directamente proporcional a la masa total del depósito, el tiempo de ajuste es igual al tiempo de renovación:  $T = Ta$ . Un ejemplo de ello lo encontramos en el CFC-11, que se retira de la atmósfera únicamente con procesos fotoquímicos en la estratosfera. En casos más complejos, en que existen varios depósitos o en que la retirada no es proporcional a la masa total, la identidad  $T = Ta$  no se mantiene. El dióxido de carbono es un caso extremo. Su tiempo de renovación es de sólo 4 años, debido al rápido intercambio entre la atmósfera y la biota oceánica y terrestre. Sin embargo, una gran parte de ese  $\text{CO}_2$  se devuelve a la atmósfera dentro de unos años. Por esto, el tiempo de ajuste del  $\text{CO}_2$  en la atmósfera se determina realmente por el nivel de retirada del carbono de la superficie de los océanos hacia sus capas más profundas. Aunque se puede establecer un valor aproximado de 100 para el tiempo de ajuste del  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, el ajuste real es más rápido en la etapa inicial, disminuyendo la velocidad posteriormente. En el caso del metano, el tiempo de ajuste es diferente de su tiempo de renovación, porque la renovación se produce principalmente por una reacción química con el radical de hidroxilo OH, cuya concentración depende de la concentración de  $\text{CH}_4$ . Por lo tanto, la cantidad S retirada del  $\text{CH}_4$  no es proporcional a la masa total M.

## Tiempo de vida de la perturbación

Véase *Tiempo de vida*.

## Transferencia de tecnología

Amplio conjunto de procesos que abarcan el intercambio de conocimiento, fondos y bienes entre las diferentes partes interesadas que conduce a la difusión de la tecnología para la adaptación o mitigación de un cambio climático. Como concepto genérico, el término se utiliza para englobar tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre y dentro de los países.

## Transformación de energía

Cambio de una forma de energía, como la energía en combustibles fósiles, a otra, como la electricidad.

## Tropopausa

Frontera entre la *troposfera* y la *estratosfera*.

## Troposfera

Parte inferior de la *atmósfera* desde la superficie a 10 km de altitud en latitudes medias (entre 9 km en latitudes altas a 16 km en los trópicos) en donde están las nubes y ocurren los fenómenos ‘meteorológicos’. En la troposfera, las temperaturas suelen descender con la altura.

## Tundra

Planicie sin árboles, nivelada o con una ligera ondulación, característica de las regiones árticas o subárticas.

## Unidad de emisión atribuida (UCA)

Igual a 1 tonelada (métrica) de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, calculadas utilizando el *Potencial de calentamiento mundial*.

## Unidad de reducción de emisiones (ERU)

Igual a 1 tonelada (métrica) de emisiones de *dioxido de carbono* reducidas o secuestradas según la decisión de un proyecto de Aplicación conjunta (definido en el Artículo 6 del *Protocolo de Kyoto*) calculado en base al *Potencial de calentamiento mundial*. Véase también *Unidad de emisión atribuida* y *Comercio de derechos de emisiones*.

## Unidad de Reducción certificada de emisiones (CER)

Igual a 1 tonelada (métrica) de emisiones CO<sub>2</sub> equivalente reducidas o secuestradas mediante un proyecto del *Mecanismo para un desarrollo limpio*, y calculado con el empleo del *Potencial de calentamiento mundial*. Véase también *Unidad de Reducción de Emisiones*.

## Urbanización

Transformación de la tierra, desde un estado natural o natural gestionado (como la agricultura) en ciudades; proceso impulsado por la migración neta desde zonas rurales a las ciudades por el que un porcentaje cada vez mayor de la población en cualquier nación o región pasa a vivir en asentamientos definidos como 'centros urbanos.'

## Uso de las tierras

Acuerdos, actividades e insumos aplicados en un tipo determinado de cubierta terrestre (un conjunto de acciones humanas). Objetivos sociales y económicos para los que se gestionan las tierras (por ejemplo el pastoreo, la extracción de madera y la conservación).

## Valor añadido

Producto neto de un sector después de añadirle todos los resultados y de sustraerle los insumos intermedios.

## Valores

Aprecio, deseabilidad o utilidad de algo, basado en preferencias personales. El valor total de cualquier recurso es la suma de los valores de los diferentes individuos que utilizan dicho recurso. Los valores, que son la base de la estimación de los costos, se miden en términos de lo que los individuos están dispuestos a pagar para recibir estos recursos o que los individuos están dispuestos a aceptar como pago (WTA) para desprenderse de los *recursos*.

## Variabilidad del clima

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las *escalas temporales y espaciales*, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del *sistema climático* (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos *antropogénicos* (variabilidad externa). Véase también *Cambio climático*.

## Variabilidad interna

Véase *Variabilidad del clima*.

## Vector

Organismo, por ejemplo, un insecto, que transmite un agente patógeno de un organismo receptor a otro. Véase también *Enfermedades transmitidas por vectores*.

## Ventajas de la adaptación

Costos por daños evitados o beneficios conseguidos por la incorporación y aplicación de medidas de *adaptación*.

## Vías alternativas de desarrollo

Serie de escenarios posibles con respecto a los valores sociales y las pautas de producción y consumo en todos los países, incluida, aunque no exclusivamente, una continuación de las tendencias actuales. En este informe, estas vías no incluyen iniciativas climáticas adicionales, lo que significa que no se basan en escenarios que supongan una aplicación explícita de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* o los objetivos de emisión del *Protocolo de Kyoto*, pero sí incluyen hipótesis sobre otras políticas que pueden influir indirectamente en las emisiones de *gases de efecto invernadero*.

## Vulnerabilidad

Nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del *cambio climático*, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

## Yacimiento

Véase *Depósito*.

## Zooplancton

Formas animales del plancton. Consumen *fitoplancton* u otros zooplancton. Véase también *Fitoplancton*.

## Fuentes

- Charlson, R.J., y J. Heintzenberg (eds.), 1995:** *Aerosol Forcing of Climate*. John Wiley and Sons Limited, Chichester, Reino Unido, págs. 91–108 (reproducido con permiso).
- Enting, I.G., T.M.L. Wigley, y M. Heimann, 1994:** Future emissions and concentrations of carbon dioxide: key ocean/atmosphere/land analyses. CSIRO Division of Atmospheric Research Technical Paper 31, Mordialloc, Australia, 120 págs.
- IPCC, 1992:** *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander, y S.K. Varney (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, xi + 116 págs.
- IPCC, 1994:** *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris, y K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 339 págs.
- IPCC, 1996:** *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, y K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 572 págs.
- IPCC, 1997a:** *IPCC Technical Paper 2: An Introduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, y K. Maskell (eds.)]. Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 51 págs.
- IPCC, 1997b:** *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (3 volúmenes)* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs, y B.A. Callander (eds.)]. Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.
- IPCC, 1997c:** *IPCC Technical Paper 4: Implications of Proposed CO<sub>2</sub> Emissions Limitations* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, y M. Noguer (eds.)]. Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 41 págs.
- IPCC, 1998:** *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II* [Watson, R.T., M.C. Zinyowera, y R.H. Moss (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 517 págs.
- IPCC, 2000a:** *Methodological and Technical Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III* [Metz, B., O.R. Davidson, J.-W. Martens, S.N.M. van Rooijen, y L. van Wie McGrory (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 466 págs.
- IPCC, 2000b:** *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, y D.J. Dokken (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 377 págs.
- IPCC, 2001a:** *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, y C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 881 págs.
- IPCC, 2001b:** *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, y K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 1031 págs.
- IPCC, 2001c:** *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B., O.R. Davidson, R. Swart, y J. Pan (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 752 págs.
- Jackson, J. (ed.), 1997:** *Glossary of Geology*. American Geological Institute, Alexandria, Virginia, Estados Unidos.
- Maunder, W.J., 1992:** *Dictionary of Global Climate Change*, UCL Press Ltd.
- Moss, R. y S. Schneider, 2000:** Uncertainties in the IPCC TAR: recommendations to Lead Authors for more consistent assessment and reporting. En: *Guidance Papers on the Cross-Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi, y K. Tanaka (eds.)]. Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, págs. 33–51. Disponible en Internet en <http://www.gisprl.or.jp>.
- Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenner, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, y Z. Dadi, 2000: Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 599 págs.**
- PNUMA, 1995:** *Global Biodiversity Assessment* [Heywood, V.H. y R.T. Watson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 1140 págs.
- Schwartz, S. E. y P. Warneck, 1995:** Units for use in atmospheric chemistry, *Pure & Appl. Chem.*, 67, 1377–1406.
- Wigley, T.M.L., R. Richels, y J.A. Edmonds, 1996:** Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations *Nature*, 379, 242–245.

## Annex C. Acronyms, Abbreviations, and Units

### Acronyms and Abbreviations

AA	Assigned Amount
AAU	Assigned Amount Unit
AD	<i>Anno Domini</i>
AIJ	Activities Implemented Jointly
A-O	Atmosphere-Ocean
AO	Arctic Oscillation
AOGCM	Atmosphere-Ocean General Circulation Model
Bern-CC	Bern Carbon Cycle
BP	Before Present
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	Perfluoroethane / Hexafluoroethane
C <sub>3</sub>	Three-Carbon Compound
C <sub>4</sub>	Four-Carbon Compound
CANZ	Canada, Australia, and New Zealand
CBA	Cost-Benefit Analysis
CCC(ma)	Canadian Centre for Climate (Modeling and Analysis) (Canada)
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CDM	Clean Development Mechanism
CEA	Cost-Effectiveness Analysis
CER	Certified Emission Reduction
CF <sub>4</sub>	Perfluoromethane / Tetrafluoromethane
CFC	Chlorofluorocarbon
CGCM	Coupled GCM from CCC(ma)
CGE	Computable General Equilibrium
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CH <sub>4</sub>	Methane
CHP	Combined Heat and Power
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide
COP	Conference of the Parties
DAF	Decision Analysis Framework
DES	Development, Equity, and Sustainability
DES GP	Guidance Paper on Development, Equity, and Sustainability
DHF	Dengue Haemorrhagic Fever
DMF	Decision Making Framework
DSS	Dengue Shock Syndrome
ECE	Economic Commission for Europe
EIT	Economy in Transition
ENSO	El Niño Southern Oscillation
ERU	Emissions Reduction Unit
ES	Executive Summary
ESCO	Energy Service Company
EST	Environmentally Sound Technology
FCCC	Framework Convention on Climate Change
FSU	Former Soviet Union
GCM	General Circulation Model
GDP	Gross Domestic Product
GFDL	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA)
GHG	Greenhouse Gas
GNP	Gross National Product
GP	Guidance Paper
GPP	Gross Primary Production
GWP	Global Warming Potential

H <sub>2</sub> O	Water Vapor
HadCM	Hadley Centre Coupled Model
HFC	Hydrofluorocarbon
IAM	Integrated Assessment Model
ICSU	International Council of Scientific Unions
IEA	International Energy Agency
IET	International Emissions Trading
IGCC S	Integrated Gasification Combined Cycle or Supercritical
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCC TP3	Technical Paper on Stabilization of Atmospheric Greenhouse Gases: Physical, Biological, and Socio-Economic Implications
IPCC TP4	Technical Paper on Implications of Proposed CO <sub>2</sub> Emissions Limitations
ISAM	Integrated Science Assessment Model
JI	Joint Implementation
LCC	Land-Cover Change
LSG	Large-Scale Geostrophic Ocean Model
LUC	Land-Use Change
MAC	Marginal Abatement Cost
MOP	Meeting of the Parties
MSL	Mean Sea Level
MSU	Microwave Sounding Unit
N <sub>2</sub> O	Nitrous Oxide
NAO	North Atlantic Oscillation
NBP	Net Biome Production
NEP	Net Ecosystem Production
NGOs	Non-Governmental Organization
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides
NPP	Net Primary Production
NSI	National Systems of Innovation
O <sub>2</sub>	Molecular Oxygen
O <sub>3</sub>	Ozone
ODS	Ozone-Depleting Substance
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OPEC	Organization of Petroleum-Exporting Countries
OPYC	Ocean Isopycnal GCM
PFC	Perfluorocarbon
PMIP	Paleoclimate Model Intercomparison Project
PPM	Processes and Production Method
PPP	Purchasing Power Parity
R&D	Research and Development
RCM	Regional Climate Model
SAR	Second Assessment Report
SF <sub>6</sub>	Sulfur Hexafluoride
SME	Small and Medium Sized Enterprise
SO <sub>2</sub>	Sulfur Dioxide
SPM	Summary for Policymakers
SRAGA	Special Report on Aviation and the Global Atmosphere
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
SRLULUCF	Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry
SRTT	Special Report on the Methodological and Technological Issues in Technology Transfer
SST	Sea Surface Temperature
TAR	Third Assessment Report
TCR	Transient Climate Response
THC	Thermohaline Circulation
TP	Technical Paper
TS	Technical Summary

TSI	Total Solar Irradiance
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	United Nations Education, Scientific and Cultural Organisation
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UV	Ultraviolet
VA	Voluntary Agreement or Value-Added
VOC	Volatile Organic Compounds
WAIS	West Antarctic Ice Sheet
WGI TAR	Working Group I Contribution to the Third Assessment Report
WGII SAR	Working Group II Contribution to the Second Assessment Report
WGII TAR	Working Group II Contribution to the Third Assessment Report
WGIII TAR	Working Group III Contribution to the Third Assessment Report
WMO	World Meteorological Organization
WRE	Wigley, Richels, and Edmonds
WTA	Willingness to Accept
WTP	Willingness to Pay
WUE	Water-Use Efficiency

## Units

SI (Système Internationale) Units					
<i>Physical Quantity</i>		<i>Name of Unit</i>		<i>Symbol</i>	
length		meter		m	
mass		kilogram		kg	
time		second		s	
thermodynamic temperature		kelvin		K	
amount of substance		mole		mol	
<i>Fraction</i>	<i>Prefix</i>	<i>Symbol</i>	<i>Multiple</i>	<i>Prefix</i>	<i>Symbol</i>
$10^{-1}$	deci	d	10	deca	da
$10^{-2}$	centi	c	$10^2$	hecto	h
$10^{-3}$	milli	m	$10^3$	kilo	k
$10^{-6}$	micro	$\mu$	$10^6$	mega	M
$10^{-9}$	nano	n	$10^9$	giga	G
$10^{-12}$	pico	p	$10^{12}$	tera	T
$10^{-15}$	femto	t	$10^{15}$	peta	P
Special Names and Symbols for Certain SI-Derived Units					
<i>Physical Quantity</i>	<i>Name of SI Unit</i>		<i>Symbol for SI Unit</i>	<i>Definition of Unit</i>	
force	newton		N	$\text{kg m s}^{-2}$	
pressure	pascal		Pa	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$ ( $=\text{N m}^{-2}$ )	
energy	joule		J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$	
power	watt		W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$ ( $=\text{J s}^{-1}$ )	
frequency	hertz		Hz	$\text{s}^{-1}$ (cycles per second)	
Decimal Fractions and Multiples of SI Units having Special Names					
<i>Physical Quantity</i>	<i>Name of SI Unit</i>		<i>Symbol for SI Unit</i>	<i>Definition of Unit</i>	
length	Ångstrom		Å	$10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm}$	
length	micron		$\mu\text{m}$	$10^{-6} \text{ m}$	
area	hectare		ha	$10^4 \text{ m}^2$	
force	dyne		dyn	$10^{-5} \text{ N}$	
pressure	bar		bar	$10^5 \text{ N m}^{-2} = 10^5 \text{ Pa}$	
pressure	millibar		mb	$10^2 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ hPa}$	
mass	tonne		t	$10^3 \text{ kg}$	
mass	gram		g	$10^{-3} \text{ kg}$	
column density	Dobson units		DU	$2.687 \times 10^{16} \text{ molecules cm}^{-2}$	
streamfunction	Sverdrup		Sv	$10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	

Non-SI Units	
°C	degree Celsius ( $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ approximately) Temperature differences are also given in °C (=K) rather than the more correct form of “Celsius degrees”
ppmv	parts per million ( $10^6$ ) by volume
ppbv	parts per billion ( $10^9$ ) by volume
pptv	parts per trillion ( $10^{12}$ ) by volume
yr	year
ky	thousands of years
bp	before present

## Anexo D. Preguntas científicas, técnicas y socioeconómicas seleccionadas por el Grupo de Expertos

### Pregunta 1

¿Cómo puede contribuir el análisis científico, técnico y socioeconómico a la determinación de los factores que constituyen una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático, tal y como hace referencia el Artículo 2 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático?

### Pregunta 2

¿Cuáles son las pruebas, causas y consecuencias de los cambios en el clima terrestre desde la época preindustrial?

- ¿Ha cambiado el clima de la Tierra desde la época preindustrial a escala regional y/o mundial? Si ha sido así, ¿qué parte puede atribuirse a la actividad humana y qué parte a los fenómenos naturales? ¿En qué nos basamos para definir esta atribución de responsabilidades?
- ¿Qué se conoce sobre las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los cambios climáticos desde la época preindustrial, y especialmente en los últimos 50 años?

### Pregunta 3

¿Qué se conoce sobre las posibles consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas, durante los próximos 25, 50 y 100 años tanto a escala mundial como a escala regional, que están asociadas con las gamas de emisiones de gases de efecto invernadero que se pronostican en los escenarios descritos en el TIE (proyecciones que no incluyen intervenciones políticas climáticas)?

En la medida de lo posible, hay que evaluar:

- Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima y el nivel del mar
- Los impactos, costos y beneficios de los cambios en el clima y la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y sobre los sectores socioeconómicos (particularmente la agricultura y el agua)
- La gama de opciones de adaptación, incluidos los costos y beneficios y los retos que se presentan
- El desarrollo, la sostenibilidad y los temas de equidad asociados con los impactos y con la adaptación a nivel regional y mundial.

### Pregunta 4

¿Qué se sabe sobre la influencia, en los planos regional y mundial, de la creciente concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y aerosoles, y del cambio antropogénico del clima proyectado, en:

- La frecuencia y magnitud de las fluctuaciones climáticas, incluida la variabilidad diaria, estacional, interanual y a lo largo de los decenios de fenómenos como los ciclos de El Niño/Oscilación meridional y otros?

b. La duración, localización, frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, tales como olas de calor, sequías, inundaciones, fuertes precipitaciones, avalanchas, tormentas, tornados y ciclones tropicales?

c. El riesgo de cambios repentinos/no lineales en, por ejemplo, las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, la circulación de los océanos y la extensión de las capas de hielo y del permafrost? En caso afirmativo, ¿se puede cuantificar el riesgo?

d. El riesgo de cambios repentinos/no lineales en los sistemas ecológicos?

### Pregunta 5

¿Qué se sabe sobre la inercia y las escalas temporales asociadas con los cambios en los sistemas climáticos y ecológicos y los sectores socioeconómicos, así como sus interacciones?

### Pregunta 6

a) ¿De qué manera la magnitud y oportunidad de introducción de una gama de medidas para reducir las emisiones determinan y afectan la velocidad, la magnitud y los impactos del cambio climático, y repercuten en la economía regional y mundial, teniendo en cuenta las emisiones presentes y pasadas?

b) ¿Qué se conoce, a partir de estudios de sensibilidad, sobre las consecuencias climáticas, ambientales y socioeconómicas, a escala regional y mundial, si las concentraciones de gases de efecto invernadero (en equivalentes al dióxido de carbono) se estabilizaran en niveles que varían entre los actuales y el doble o incluso más, teniendo en cuenta en la medida de lo posible los efectos de los aerosoles? Para cada escenario de estabilización, incluidas las diferentes vías hacia la estabilización, evalúe los niveles de costos y beneficios relacionados con los escenarios tratados en la Pregunta 3, en cuanto a:

- Los cambios proyectados en las concentraciones atmosféricas, el clima y el nivel del mar, incluyendo los cambios producidos después de 100 años
- Los impactos, costos y beneficios económicos de los cambios en el clima y en la composición atmosférica sobre la salud humana, la diversidad y la productividad de los sistemas ecológicos, y los sectores socioeconómicos (especialmente agricultura y agua)
- La gama de opciones para la adaptación, incluyendo los costos y beneficios y los problemas que se planteen
- La gama de tecnologías, políticas y prácticas que se podrían utilizar para lograr cada uno de estos niveles de estabilización, con una evaluación de los costos y beneficios nacionales y mundiales, y una comparación de dichos costos y beneficios, ya sea de forma cualitativa o cuantitativa, con el daño ambiental que se podría evitar con la reducción de las emisiones

- Los problemas de desarrollo, sostenibilidad y equidad asociados con los impactos, la adaptación y la mitigación del cambio climático a nivel regional y mundial.

### Pregunta 7

¿Qué se conoce sobre las posibilidades, los costos y beneficios y el marco temporal para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero?

- ¿Cuáles serían los costos sociales y económicos y las consecuencias, en términos de equidad, de las opciones sobre políticas y medidas, y de los mecanismos del Protocolo de Kyoto que se deberían considerar para abordar los cambios climáticos a nivel regional y mundial?
- ¿Qué opciones de investigación y desarrollo, inversiones y otras políticas se podrían considerar como las más eficaces para mejorar el desarrollo e implementación de tecnologías para hacer frente al cambio climático?
- ¿Qué tipos de opciones económicas y políticas se podrían considerar para superar los obstáculos actuales y potenciales, y para estimular la transferencia de tecnología de los sectores públicos y privados y su implantación en diferentes países, y qué efectos tendrían sobre las emisiones proyectadas?
- ¿Cómo afectaría la aplicación oportuna de las opciones indicadas a los costos y beneficios asociados y a las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero en el próximo siglo, o incluso después?

### Pregunta 8

¿Qué se sabe sobre las interacciones entre los cambios climáticos proyectados inducidos por el hombre y otros problemas ambientales (como la contaminación del aire en las ciudades, el depósito de ácidos en algunas zonas, la pérdida de diversidad biológica, el agotamiento del ozono estratosférico, y la desertificación y degradación de las tierras)? ¿Qué se sabe sobre los costos y beneficios ambientales, sociales y económicos, así como sobre las implicaciones de estas interacciones para integrar las estrategias de respuesta al cambio climático de manera equitativa en las estrategias más generales de desarrollo sostenible a nivel mundial, regional y local?

### Pregunta 9

¿Cuáles son las conclusiones más sólidas y las principales incertidumbres en relación con la atribución del cambio climático y con las proyecciones basadas en simulaciones sobre:

- Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles?
- Los cambios futuros en el clima mundial y regional?
- Los efectos mundiales y regionales del cambio climático?
- Los costos y beneficios de las opciones de mitigación y adaptación?

## Anexo E. Lista de los principales informes del IPCC

### Cambio climático—Evaluación científica del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre la Evaluación Científica del IPCC (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

### Cambio climático—Evaluación de los impactos del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Evaluación de los impactos (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

### Cambio climático—Estrategias de respuesta del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Estrategias de Respuesta del IPCC (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

### Escenarios de emisiones

Preparado por el Grupo de Trabajo del IPCC sobre Estrategias de Respuesta  
1990

### Evaluación de la vulnerabilidad de las zonas costeras a la elevación del nivel del mar—Metodología común

1991 (también disponible en árabe y francés)

### Cambio climático 1992—Informe suplementario a la evaluación científica del IPCC

El Informe de 1992 del Grupo de Trabajo del IPCC sobre Evaluación Científica

### Cambio climático 1992—Informe suplementario a la evaluación de los impactos del IPCC

El Informe del año 1992 del Grupo de Trabajo del IPCC para Evaluación de los Impactos

### Cambio climático: Evaluaciones de 1990 y 1992 del IPCC

Resumen general y resúmenes para responsables de políticas y suplemento del IPCC del 1992 (también disponible en chino, francés, inglés y ruso)

### El cambio climático mundial y el creciente reto del mar

Subgrupo de trabajo para gestión de las zonas costeras del Grupo de trabajo del IPCC sobre Estrategias de Respuesta, 1992

### Informe del Cursillo de Estudios Nacionales del IPCC

1992

### Directrices preliminares para evaluar los impactos del cambio climático

1992

### Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Tres volúmenes, 1994 (también disponible en francés, inglés y ruso)

### Directrices técnicas del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación

1995 (también disponible en árabe, chino, francés, ruso, y español)

### Cambio climático 1994—Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC

1995

### Cambio climático 1995—La ciencia del cambio climático—Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo I del IPCC

1996

### Cambio climático 1995—Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático—Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo II del IPCC

1996

### Cambio climático 1995—Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático—Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo III del IPCC

1996

### Cambio climático 1995—Síntesis del Segundo informe de evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

1996 (también disponible en árabe, chino, francés, ruso, y español)

### Documento técnico I: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático

1996 (también disponible en francés e inglés)

### Documento técnico II: Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo informe de evaluación del IPCC

1997 (también disponible en francés e inglés)

### Documento técnico III: Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas

1997 (también disponible en francés e inglés)

### Documento técnico IV: Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>

1997 (también disponible en francés e inglés)

**Informe especial: Impactos regionales del cambio climático—****Evaluación de la vulnerabilidad**

1998 (también en árabe, chino, francés, inglés y ruso)

**Informe especial: La aviación y la atmósfera global**

1999 (también en chino, inglés, francés y ruso)

**Informe especial: Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. Methodological and Technological Issues in Technology Transfer – IPCC Special Report**

2000 (también en francés, inglés y ruso)

**Informe especial: Uso de los suelos,, cambio en el uso de los suelos y silvicultura**

2000 (también en francés, inglés y ruso)

**Informe especial: Escenarios de emisiones**

2000 (también en francés, inglés y ruso)

**Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**

2000

**Climatic Change2001: The Scientific Basis—Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report**

2001

**Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability—Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report**

2001

**Climate Change 2001: Mitigation—Contribution of Working Group III to the IPCC Third Assessment Report**

2001

