

IPCC - Segunda evaluación
Cambio Climático 1995



GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



IPCC – Segunda evaluación

Cambio Climático 1995

**INFORME DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

ÍNDICE

	<i>Página</i>
PREFACIO	v
PRÓLOGO	vii
SÍNTESIS DEL SEGUNDO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC SOBRE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA PERTINENTE PARA INTERPRETAR EL ARTÍCULO 2 DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO EL CAMBIO CLIMÁTICO	
1. El Artículo 2 de la CMCC	1
2. Interferencia antropógena en el sistema climático	3
3. Sensibilidad y adaptación de los sistemas al cambio climático	4
4. Enfoque analítico de la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera	6
5. Tecnología y opciones de política para la mitigación	9
6. Consideraciones de equidad y sociales	12
7. Desarrollo económico para proceder en forma sostenible	15
8. El camino que habría que seguir	16
8. El camino que habría que seguir	18
RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO — GRUPO DE TRABAJO I DEL IPCC	
1. Siguen aumentando las concentraciones de gases de efecto invernadero	21
2. Los aerosoles antropógenos tienden a producir forzamientos radiativos negativos	23
3. El clima ha cambiado en el último siglo	24
4. El balance de las pruebas sugiere una influencia humana perceptible en el clima mundial	24
5. Se prevé que el clima seguirá cambiando en el futuro	25
6. Todavía existen muchas incertidumbres	26
RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: ANÁLISIS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS DE IMPACTOS, ADAPTACIONES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO — GRUPO DE TRABAJO II DEL IPCC	
1. Ámbito de evaluación	27
2. Naturaleza del problema	29
3. Vulnerabilidad al cambio climático	29
3.1 Ecosistemas terrestres y acuáticos	30
3.2 Hidrología y gestión de recursos hídricos	31
3.3 Alimentos y fibras	34
3.4 Infraestructura humana	35
3.5 Salud humana	35
4. Opciones para reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero	37
4.1 Emisiones de la energía, de los procesos industriales y de los asentamientos humanos	39
4.1.1 Demanda de energía	39
4.1.2 Mitigación de las emisiones de los procesos industriales y de los asentamientos humanos	40
4.1.3 Suministro de energía	41
4.1.4 Integración de las opciones de mitigación del sistema de energía	41
4.2 Agricultura, pastizales y silvicultura	42
4.3 Cuestiones intersectoriales	44
4.4 Instrumentos de política	44
4.4 Instrumentos de política	45
RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: LAS DIMENSIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO — GRUPO DE TRABAJO III DEL IPCC	
1. Introducción	47
2. Ámbito de evaluación	49
3. Marcos de adopción de decisiones para abordar el cambio climático	49
3. Marcos de adopción de decisiones para abordar el cambio climático	51

	<i>Página</i>
4. Consideraciones de equidad y sociales	52
5. Equidad intertemporal y descuento	52
6. Aplicabilidad de las evaluaciones de costo y de beneficio	53
7. Los costos sociales del cambio climático antropógeno: daños debidos al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero	54
8. Evaluación genérica de las estrategias de respuesta	56
9. Costos de las opciones de respuesta	57
10. Evaluación integrada	59
11. Evaluación económica de instrumentos de políticas para combatir el cambio climático	60
 APÉNDICE: AUTORES PRINCIPALES, AUTORES Y COLABORADORES	 63
 LISTA DE PUBLICACIONES DEL IPCC	 71

PREFACIO

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1988, con el fin de: i) evaluar la información científica disponible sobre el cambio climático, ii) evaluar los impactos del cambio climático sobre el medio ambiente y sobre las actividades sociales y económicas, y iii) formular estrategias de respuesta. El Primer Informe de Evaluación del IPCC quedó terminado en agosto de 1990, y sirvió de base para la negociación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El IPCC terminó también su Suplemento 1992 y la publicación *Cambio Climático 1994: Forzamiento radiativo del cambio climático y una evaluación de los escenarios de emisiones IS92* del IPCC, para seguir apoyando en el proceso de avance de la Convención.

En 1992, el Grupo reorganizó sus Grupos de Trabajo II y III para evaluar, respectivamente, los impactos y las opciones de respuesta, y los aspectos sociales y económicos del cambio climático. Se comprometió a terminar su Segundo Informe de Evaluación en 1995, no sólo actualizando la información sobre la misma serie de temas del Primer Informe de Evaluación, sino incluyendo además la nueva esfera de cuestiones técnicas relacionadas con los aspectos socioeconómicos del cambio climático. Nos felicitamos de que el IPCC haya elaborado su Segundo Informe de Evaluación (SIE) en la forma prevista. Estamos convencidos de que el SIE, lo mismo que los informes anteriores del IPCC, se convertirá en una obra de referencia normalizada, de la que harán gran uso los responsables de políticas, los científicos y otros expertos.

Como es habitual en el IPCC, el éxito en la preparación de este informe se ha debido al entusiasmo y a la cooperación de numerosos científicos activos y otros expertos mundiales. Nos complace sumamente señalar los especialísimos esfuerzos realizados por el IPCC para lograr la participación en sus actividades de científicos y otros expertos de países en desarrollo y con economías en transición, sobre todo en la redacción, análisis y revisión de sus informes. Los científicos y expertos de los países desarrollados, en desarrollo y con economías en transición han aportado con la mayor generosidad su tiempo, y los gobiernos les han ayudado en el enorme esfuerzo intelectual y físico requerido, superando a menudo sustancialmente las exigencias razonables del deber. Sin esa intervención concienzuda y profesional, el IPCC no sería ni mucho menos lo que es. Expresamos a todos esos científicos y expertos, y a los gobiernos que les han apoyado, nuestro sincero agradecimiento.

Aprovechamos la ocasión para expresar nuestra gratitud a las siguientes personas por haber realizado a plena satisfacción otro informe del IPCC:

- Prof. Bolin, Presidente del IPCC, por su acertada dirección y hábil orientación del IPCC;
- Vicepresidente del IPCC, Prof. Yu A. Izrael (Federación de Rusia) y Dr. A. Al-Gain (Arabia Saudita);
- Copresidentes del Grupo de Trabajo I, Dr. L.G. Meira Filho (Brasil) y Sir John Houghton (Reino Unido); Vicepresidentes del Grupo de Trabajo, Dr. Ding Yuhui (China), Dr. H. Grassl y posteriormente Prof. D. Ehhalt (Alemania) y Dr. A.B. Diop (Senegal);
- Copresidentes del Grupo de Trabajo II, Dr. R.T. Watson (Estados Unidos) y Dr. M.C. Zinyowera (Zimbabwe); Vicepresidentes del Grupo de Trabajo, Dr. O Canziani (Argentina), Dr. M. Petit (Francia), Dr. S.K. Sharma (India), Sr. H. Tsukamoto (Japón), Prof. P. Vellinga (Países Bajos), Dr. M. Beniston (Suiza), Dr. A. Hentati y posteriormente Dr. J. Friaa (Túnez) e Ing. (Sra.) M. Perdomo (Venezuela);
- Copresidentes del Grupo de Trabajo III, Dr. J.P. Bruce (Canadá) y Dr. Hoesung Lee (República de Corea); Vicepresidentes del Grupo de Trabajo, Prof. R. Odingo (Kenya) y Dr. T. Hanisch y posteriormente Dr. L. Lorentsen (Noruega);
- Representantes Regionales en la Mesa del IPCC, Dr. A. Adejokun (Nigeria, por África), Dr. H. Nasrallah (Kuwait, por Asia), Dr. F. Fajardo Moros (Cuba por América del Norte, Central y el Caribe), Dr. N. Sabogal y posteriormente Dr. K. Robertson (Colombia por América del Sur), Dr. J. Zillman (Australia por Pacífico Sudoccidental) y Dr. M. Bautista Pérez (España) por Europa;
- Dr. B. Callender, Jefe del Servicio de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I y su personal, Sra. K. Maskell, Sra. J.A. Lakeman y Sra. F. Mills, y quienes proporcionaron asistencia adicional a saber: Dr. N. Harris (Servicio Europeo de Coordinación sobre la Investigación del Ozono, Cambridge, Reino Unido) y Dr. A. Kattenberg (Real Instituto Meteorológico de Países Bajos);
- Dr. R.H. Moss, Jefe del Servicio de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II y su personal, interno o voluntario, a saber, Sr. S. Agarwala, Sr. D.J. Dokken, Sr. S. Greco, Sra. D. Hagag, Sra. S. MacCracken, Sra. F. Ormond, Sra. M. Taylor, Sra. A. Temey y Sra. L. Van Wie;
- Dr. E. Haites, Jefe del Servicio de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo III y su personal, Sra. L. Lawson y Sra. V. Dreja;
- y Dr. N. Sundararaman, Secretario del IPCC y su personal en la Secretaría del IPCC, el difunto Sr. S. Tewungwa, Sra. R. Bougeois, Sra. C. Etori y Sra. C. Tanikie.

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

Sra. E. Dowdeswell
Directora Ejecutiva
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PRÓLOGO

El IPCC terminó su Segundo Informe de Evaluación (SIE) en diciembre de 1995. El SIE consta de cuatro partes:

- la síntesis del Segundo Informe de Evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático;
- el informe del Grupo de Trabajo I del IPCC, la Ciencia del cambio climático, con un Resumen para responsables de políticas (RRP);
- el informe del Grupo de Trabajo II del IPCC, Análisis científicos y técnicos de impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático, con un RRP;
- el informe del Grupo de Trabajo III del IPCC, Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático.

La síntesis del Segundo Informe de Evaluación del IPCC y los Resúmenes para Responsables de Políticas de los tres grupos de trabajo constituyen el informe del IPCC (1995). Se publican en el presente volumen, en los seis idiomas de las Naciones Unidas, a saber: árabe, chino, español, francés, inglés y ruso. Los informes de los grupos de trabajo, con sus respectivos RRP, existen solo en inglés y se publican por separado, con fines comerciales.

En razón de la abundante información errónea y de las grandes incomprendiones sobre el asunto, aprovechamos la ocasión para informar al lector sobre la manera como el IPCC realiza sus evaluaciones.

1. El Grupo de expertos decide al comienzo el contenido, dividido en capítulos, del informe de cada uno de sus grupos de trabajo. Se constituye un equipo de redacción de tres a seis expertos (y raras veces más) para la redacción inicial y las revisiones subsiguientes de un capítulo. Se pide a los Gobiernos y a organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales que designen personas con los conocimientos debidos para considerar su inclusión en los equipos de redacción. También se solicita el historial de publicaciones de las personas designadas y otra información pertinente. Se confeccionan listas de esas personas, entre las que la Mesa del Grupo de trabajo correspondiente (es decir, los copresidentes y los vicepresidentes del Grupo de Trabajo) seleccionan el equipo de redacción. El IPCC exige que al menos un miembro de cada equipo de redacción proceda de un país en desarrollo.

2. Con los informes se elabora un Resumen para Responsables de Políticas (RRP). El RRP debe reflejar la comprensión de las técnicas más modernas del asunto y estar redactado en forma fácilmente comprensible para los que no son especialistas. En los informes y en los RRP deben exponerse opiniones diferentes pero bien fundadas desde el punto de vista científico o técnico, si no pueden conciliarse durante la evaluación.

3. Los equipos de redacción preparan los capítulos y el material para incluirlo en los RRP. Los proyectos se basan en la literatura publicada en revistas revisadas por otros expertos e informes de organizaciones profesionales, como el Consejo Internacional de Uniones Científicas, la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. A veces, el IPCC realiza cursillos para reunir información de la que de otro modo no se dispondría; esto se hace particularmente para estimular la reunión de información sobre los países en desarrollo y en ellos.

4. Cada proyecto de capítulo se envía a decenas de expertos del mundo entero para que lo examinen. Esos expertos se eligen también entre los candidatos presentados por gobiernos y organizaciones. El tiempo de que disponen para el examen es de seis semanas. El proyecto, revisado teniendo en cuenta los comentarios recibidos, se envía a los gobiernos y a las organizaciones para su examen técnico. Para este (segundo) examen se dispone asimismo de seis semanas. En algunos casos, por razones de tiempo, los exámenes de los expertos y de los gobiernos se realizan simultáneamente.

5. El proyecto se revisa una segunda vez tomando en consideración los exámenes recibidos de los gobiernos y de las organizaciones. Luego se envía a los gobiernos (y a las organizaciones) un mes antes de la reunión del Grupo de Trabajo que lo considerará. El Grupo de Trabajo aprueba el RRP, línea por línea, y acepta los capítulos correspondientes; ambos constituyen conjuntamente el informe del Grupo de Trabajo. No es práctico que el Grupo de Trabajo apruebe su informe, que normalmente tiene 200 páginas o más. El término "aceptación" significa en este contexto que los capítulos correspondientes y el RRP son coherentes entre sí.

6. Cuando el Grupo de Trabajo aprueba el RRP, los Miembros elegidos de los equipos de redacción – de países en desarrollo y desarrollados – están presentes, y el texto del RRP se examina en la reunión, con su participación. Por consiguiente, en realidad, los informes de los grupos de trabajo son redactados y examinados por expertos y revisados por otros expertos.

7. El informe del Grupo de trabajo (con el RRP aprobado) se envía a los gobiernos y a las organizaciones un mes antes de la reunión del IPCC en que se considerará su aceptación.

8. Como podrá observar el lector, el IPCC es un órgano científico-técnico totalmente intergubernamental. Todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas y de la Organización Meteorológica Mundial son miembros del IPCC y de sus grupos de trabajo. Por lo tanto, los gobiernos aprueban los RRP y aceptan los

capítulos correspondientes que, como ya se ha dicho, son redactados y revisados por expertos.

La síntesis del Segundo informe de evaluación del IPCC la preparó un equipo de redacción constituido bajo la presidencia del Presidente del IPCC. Y se sometió simultáneamente a la revisión de los expertos y de los Gobiernos. Fue aprobada línea por línea por el IPCC en su undécima reunión (Roma, 11-15 de diciembre de 1995).

Debemos reiterar que los informes del IPCC y de sus grupos de trabajo contienen la realidad del cambio climático, extraída de los textos técnicos disponibles por expertos y revisada luego minuciosamente

por expertos y gobiernos. En total, participan en su redacción y revisión más de 2000 expertos del mundo entero. Los gobiernos aprueban y aceptan su contenido científico y técnico. Los productos finales son redactados por expertos seleccionados del mundo entero y aceptados por los gobiernos que participan en las sesiones plenarias.

Deseamos aprovechar también la ocasión para dejar constancia de la triste pérdida de un valioso miembro de la Secretaría del IPCC. El Sr. Samuel Tewungwa, fallecido en enero de 1996, había sido enviado a la Secretaría por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Su animosidad, buen humor y dedicación se echan y echarán mucho de menos.

N. Sundararaman
Secretario del IPCC

B. Bolin
Presidente del IPCC

**SÍNTESIS DEL SEGUNDO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC
SOBRE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA PERTINENTE
PARA INTERPRETAR EL ARTÍCULO 2 DE LA CONVENCIÓN MARCO
DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

1.1 En cumplimiento de una resolución del Consejo Ejecutivo de la Organización Meteorológica Mundial (julio de 1992), el IPCC decidió incluir en su programa de trabajo un examen de los enfoques del Artículo 2, Objetivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). En octubre de 1994 organizó en Fortaleza (Brasil) un cursillo por invitación del Gobierno brasileño. Posteriormente, el Presidente del IPCC reunió a un equipo de autores principales (cuya lista figura al final del presente informe, en el Apéndice), bajo su presidencia, para redactar la Síntesis. El equipo elaboró el proyecto que se sometió a expertos y gobiernos para que lo examinaran y formularan comentarios. El proyecto final de la Síntesis fue aprobado punto por punto por el IPCC en su undécima reunión (Roma, 11-15 de diciembre de 1995), a la que asistieron representantes de 116 gobiernos, así como de 13 organizaciones intergubernamentales y 25 no gubernamentales. Procede señalar, para información, que todos los Estados Miembros de la Organización Meteorológica Mundial y de las Naciones Unidas son miembros del IPCC, y pueden asistir a sus reuniones y a las de sus grupos de trabajo. La Síntesis contiene información sobre las cuestiones científicas y técnicas relacionadas con la interpretación del Artículo 2 de la CMCC, extraída del Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Como la Síntesis no es meramente un resumen del Segundo Informe de Evaluación del IPCC, para el resumen del Segundo Informe de Evaluación deben consultarse asimismo los Resúmenes para responsables de políticas de los tres grupos de trabajo del IPCC.

1.2 En los últimos decenios han destacado dos importantes factores sobre la relación entre el ser humano y el clima de la Tierra. En primer lugar, las actividades humanas, incluida la quema de combustibles fósiles, el cambio en el uso de la tierra y la agricultura, incrementan las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (lo que tiende a calentarla) y, en algunas regiones, los aerosoles (partículas microscópicas en suspensión en el aire, que tienden a enfriar la atmósfera). Se estima que estas alteraciones en los gases de efecto invernadero y en los aerosoles, consideradas conjuntamente, cambiarán el clima regional y global y los parámetros relacionados con el clima, como temperatura, precipitación, humedad del suelo y nivel del mar. En segundo término, algunas comunidades humanas resultan más vulnerables¹ a riesgos como tormentas, crecidas y sequías, debido a la mayor densidad demográfica en zonas sensibles, como cuencas fluviales y llanuras costeras. Se han identificado cambios potencialmente graves, como el aumento en algunas regiones de la incidencia de fenómenos extremos de altas temperaturas, crecidas y sequías, con consecuencias para incendios, brotes de

plagas y composición, estructura y funcionamiento del ecosistema, incluida la productividad primaria.

1.3 Las evaluaciones científicas y técnicas del cambio climático y sus impactos han sido realizadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). La Primera Evaluación, publicada en 1990, proporcionó una base científica y técnica para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) que se abrió a la firma en la Cumbre para la Tierra, en Río, en 1992.

1.4 El objetivo último de la CMCC, expresado en el Artículo 2, es:

“... la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. 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”.

1.5 Los desafíos que presenta al responsable de políticas el Artículo 2 son la determinación de las concentraciones de gases de efecto invernadero que pueden considerarse “interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático” y la preparación de un futuro que permita el desarrollo económico sostenible. La finalidad de este informe de síntesis es ofrecer información científica, técnica y socioeconómica que pueda utilizarse, entre otras cosas, para afrontar esos desafíos. Se basa en los informes de los grupos de trabajo del IPCC de 1994 y 1995.

1.6 En el informe se analizan las diversas materias de que trata el Artículo 2. Comienza resumiendo brevemente el grado del cambio climático — las “interferencias en el sistema climático” — que está previsto que se produzca como resultado de actividades humanas. Luego destaca cuanto conocemos sobre las vulnerabilidades de los ecosistemas y las comunidades humanas a los probables cambios climáticos, especialmente en lo relativo a la agricultura y la producción de alimentos, y a otros factores como disponibilidad de agua, salud y las consecuencias de la elevación del nivel del mar, que son consideraciones importantes para el desarrollo sostenible. La tarea del IPCC es proporcionar una buena base científica que permita a los responsables de políticas interpretar mejor la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático.

1.7 En vista de las actuales tendencias de aumento de las emisiones de la mayoría de los gases de efecto invernadero, las concentraciones atmosféricas de esos gases aumentarán a lo largo del próximo siglo y aún posteriormente. A medida que crezcan las concentraciones

¹ La vulnerabilidad define el grado en que el cambio climático puede ser perjudicial o nocivo para un sistema. No sólo depende de la sensibilidad del sistema, sino también de su capacidad de adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

de gases radiativamente activos en la atmósfera, su efecto en el sistema climático será mayor y aumentará la posibilidad de que se produzcan impactos adversos del cambio climático que pueden ser considerados como peligrosos. Por lo tanto se han considerado diversas posibilidades de emisiones netas futuras que permitan conducir a una estabilización a diferentes niveles, y los condicionamientos generales que ello entraña. Esta consideración constituye la siguiente parte del informe, y va seguida de un resumen de las opciones técnicas y de política para reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero.

1.8 En el informe se abordan luego cuestiones relacionadas con la equidad y con la manera de lograr un desarrollo económico sostenible. Para ello hay que tratar, por ejemplo, las estimaciones de los daños probables de los impactos del cambio climático, y los efectos, incluidos los costos y los beneficios, de la adaptación y la mitigación. Por último, las diversas ideas derivadas de los estudios disponibles indican la manera de emprender la primeras acciones (véase la sección sobre El camino que habría que seguir), incluso si, de momento, es difícil tomar una decisión sobre cuál debe ser el objetivo final (incluyendo los plazos temporales) en cuanto a las concentraciones atmosféricas para tratar de impedir “las interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”.

1.9 El cambio climático presenta al decisor una serie de enormes complicaciones: la subsistencia de considerables incertidumbres propias de la complejidad del problema, las posibilidades de daños y costos irreversibles, un horizonte de planificación a muy largo plazo, períodos muy amplios entre las emisiones y los efectos, una extensa variación regional de causas y efectos, el irreducible alcance mundial del problema, y la necesidad de considerar numerosos gases de efecto invernadero y aerosoles. Y a esto hay que agregar la complicación de que para proteger eficazmente el sistema climático se requiere la cooperación internacional en el contexto de grandes variaciones en los niveles de ingresos, flexibilidad, y expectativas de futuro, lo que plantea problemas de eficiencia y equidad dentro de cada país, internacional e intergeneracional. La equidad es un importante elemento para legitimar decisiones y fomentar la cooperación.

1.10 Las decisiones con respecto al Artículo 2 de la CMCC comprenden tres opciones distintas pero correlacionadas: nivel de estabilización, trayectoria de las emisiones netas, tecnologías y políticas de mitigación. En el informe se presenta la información científica y técnica de que se dispone sobre estas tres opciones. También se señalan los aspectos en que subsisten incertidumbres con respecto a tal información. En el Artículo 3 de la CMCC se indican una serie de principios que sirven de orientación, entre otras cosas, para la adopción de decisiones sobre el objetivo último de la Convención, según figura en el Artículo 2. En el Artículo 3.3² se dan orientaciones, entre otras cosas, sobre la adopción de decisiones cuando se carece de una plena certidumbre científica, y se dice que las Partes deberían:

“tomar medidas de precaución para prevenir, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, teniendo en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible. A tal fin, esas políticas y medidas deberían tener en cuenta los distintos contextos socioeconómicos, ser integrales, incluir todas las fuentes, sumideros y depósitos pertinentes de gases de efecto invernadero y abarcar todos los sectores económicos. Los esfuerzos para hacer frente al cambio climático pueden llevarse a cabo en cooperación entre las Partes interesadas.”

El Segundo Informe de Evaluación del IPCC proporciona también información a este respecto.

1.11 Los largos períodos del cambio climático (por ejemplo, el largo tiempo de permanencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera) y de la sustitución de infraestructura, el transcurso de varios decenios o siglos entre la estabilización de concentraciones y la estabilización de la temperatura y el nivel medio del mar indican la importancia de la adopción oportuna de decisiones.

INTERFERENCIA ANTROPÓGENA EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

2

Interferencia a la actualidad

2.1 Con el fin de comprender lo que constituyen las concentraciones de gases de efecto invernadero que impedirían la interferencia peligrosa en el sistema climático, hay que comprender primero las concentraciones actuales en la atmósfera y las tendencias de los gases de efecto invernadero, y sus consecuencias (tanto presentes como previstas) para el sistema climático.

2.2 Las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y entre ellos dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), han crecido considerablemente desde la era prein-

dustrial (alrededor de 1750 A.D.): el CO₂ de unos 280 a casi 360 ppmv³, el CH₄ de 700 a 1720 ppbv³, y el N₂O de unos 275 a unos 310 ppbv³. Estas tendencias pueden atribuirse en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio en la utilización de la tierra y a la agricultura. También han aumentado las concentraciones de otros gases de efecto invernadero antropógenos. El incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero

² Kuwait dejó constancia de su objeción a citar sólo el apartado 3 del Artículo 3, en lugar de todo el artículo.

³ ppmv significa partes por millón en volumen, y ppbv significa partes por mil millones en volumen. Los valores citados corresponden a 1992.

provoca, por término medio, un calentamiento adicional de la atmósfera y de la superficie de la Tierra. Muchos gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera — y afectan al clima — durante largo tiempo.

2.3 Los aerosoles de la troposfera resultantes de la combustión de combustibles fósiles, de la quema de biomasa y de otras fuentes han tenido un forzamiento directo negativo, y posiblemente también un forzamiento indirecto negativo de la misma magnitud. Si bien el forzamiento negativo se centra en determinadas regiones y zonas subcontinentales, puede tener efectos a escala continental-hemisférica sobre las características del clima. Al nivel local, el forzamiento de los aerosoles puede ser suficientemente grande para compensar con creces el forzamiento positivo debido a los gases de efecto invernadero. A diferencia de los gases de efecto invernadero de período prolongado, los aerosoles antropógenos pasan muy poco tiempo en la atmósfera, por lo que su forzamiento radiativo se ajusta rápidamente a los aumentos o disminuciones de las emisiones.

2.4 La temperatura superficial media global ha aumentado entre 0,3 y 0,6°C desde finales del siglo XIX, cambio que tal vez no tenga un origen totalmente natural. Los cambios en la temperatura media global del aire en la superficie y los cambios en las características geográficas, estacionales y verticales de la temperatura de la atmósfera sugieren una discernible influencia humana en el clima global. Existen incertidumbres en factores esenciales, como la magnitud y las características de la variabilidad natural a largo plazo. El nivel del mar global ha crecido entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años, y gran parte de la elevación puede estar relacionada con el aumento de la temperatura media global.

2.5 Los datos de que se dispone no son adecuados para determinar si en el siglo XX se han producido cambios globales coherentes en la variabilidad del clima o si han habido cambios en los valores extremos. En la escala regional, hay claras pruebas de cambios en algunos indicadores de valores extremos y de la variabilidad del clima. Algunos de esos cambios tienden a una variabilidad mayor, y otros a una variabilidad menor. Sin embargo, hasta ahora no ha sido posible determinar firmemente una clara relación entre esos cambios regionales y las actividades humanas.

Posibles consecuencias de la interferencia futura

2.6 A falta de políticas de mitigación o de avances tecnológicos importantes que permitan reducir las emisiones y/o aumentar los sumideros, se espera que las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles crezcan durante todo el siglo próximo. El IPCC ha elaborado una serie de escenarios, IS92 a-f, de futuras emisiones de gases de efecto invernadero y precursores de aerosoles sobre la base de hipótesis relacionadas con el crecimiento de la población y económico, el uso de la tierra, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía y la mezcla de combustible en el período 1990 a 2100⁴. Según estos escenarios, se prevé que las emisiones de dióxido de carbono en el año 2100 se sitúen en la gama de unas 6GtC⁵ al año, aproximadamente igual a las emisiones actuales, hasta unas 36 GtC al año (con el extremo inferior de la gama del IPCC), suponiendo un bajo crecimiento demográfico y

económico hasta 2100. Se ha previsto que las emisiones de metano se sitúen entre 540 y 1170 Tg⁶ CH₄ al año (las emisiones fueron en 1990 de unas 500 Tg CH₄); que las emisiones de óxido nitroso se sitúen entre 14 y 19 Tg N al año (las emisiones en 1990 fueron de unos 13 Tg N). En todos los casos, las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el forzamiento radiativo total siguen aumentando durante el período de simulación de 1990 a 2100.

2.7 Para el escenario de emisiones del IPCC a medio plazo, IS92a, partiendo de la hipótesis del valor de la “mejor estimación” de la sensibilidad del clima⁷, incluidos los efectos de los futuros aumentos de las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un incremento de la temperatura superficial media global con relación a 1990 de unos 2°C para 2100. Esta estimación es aproximadamente inferior en un tercio a la “mejor estimación” en 1990. Se debe principalmente a escenarios de menores emisiones (en particular de CO₂ y CFC), a la inclusión del efecto de enfriamiento de sulfatos en aerosol, y a las mejoras en el tratamiento del ciclo de carbono. Combinando el escenario de emisiones más bajas del IPCC (IS92c) con un “bajo” valor de sensibilidad al clima, e incluyendo los efectos de futuros cambios en las concentraciones de aerosoles se llega a un aumento previsto de 1°C aproximadamente para 2100. La proyección correspondiente para el escenario de mayores emisiones del IPCC (IS92e), combinado con un “alto” valor de sensibilidad climática, da un calentamiento de unos 3,5°C. En todos los casos, la tasa media de calentamiento probablemente sea mayor que cualquiera de las observadas en los últimos 10 000 años, pero en los cambios reales anuales a decenales habrá una considerable variabilidad natural. Los cambios regionales de temperatura pueden diferir sustancialmente del valor medio global. Debido a la inercia térmica de los océanos, para 2100 sólo tendría lugar entre el 50% y el 90% del cambio de temperatura de equilibrio final, y la temperatura seguiría aumentando después de 2100, incluso si se estabilizara entonces la concentración de gases de efecto invernadero.

2.8 Se espera que el nivel medio del mar aumente como resultado de la expansión térmica de los océanos y de la fusión de glaciares y capas de hielo. En el escenario IS92a, suponiendo los valores de la “mejor estimación” de sensibilidad del clima y de sensibilidad de la fusión de los hielos al calentamiento, incluidos los efectos de los futuros cambios en las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un aumento del nivel del mar de unos 50 cm desde ahora hasta 2100. Tal estimación es un 25% inferior aproximadamente a la “mejor estimación” de 1990, debido a la menor proyección de la temperatura, pero refleja asimismo mejoras en los modelos del clima y de fusión de hielos. Combinando el escenario de las emisiones más

4 Véase el Cuadro 1 en el Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo II del IPCC.

5 Para convertir GtC (gigatoneladas de carbono o mil millones de toneladas de carbono) en masa de dióxido de carbono se multiplica GtC por 3,67.

6 Tg: el teragramo es 10¹² gramos.

7 En los informes del IPCC, por sensibilidad del clima se entiende normalmente el cambio a largo plazo (equilibrio) de la temperatura superficial media global como consecuencia de una duplicación de la concentración de CO₂ equivalente en la atmósfera. Más generalmente, se refiere al cambio de equilibrio en la temperatura del aire en la superficie como consecuencia de un cambio unitario en el forzamiento radiativo (°C/Wm⁻²).

bajas (IS92c) con las “bajas” sensibilidades del clima y de la fusión de hielos, incluidos los efectos de los aerosoles, se obtiene una elevación del nivel del mar prevista de unos 15 cm desde ahora hasta 2100. La proyección correspondiente para el escenario de emisiones más altas (IS92c) combinado con “elevadas” sensibilidades del clima y de la fusión de hielos da una elevación del nivel del mar de unos 95 cm desde ahora hasta 2100. El nivel del mar seguirá subiendo a un ritmo similar en los próximos siglos después de 2100, incluso si para entonces se estabilizaran las concentraciones de gases de efecto invernadero, proceso que continuaría incluso después de estabilizarse la temperatura media global. Los cambios regionales en el nivel del mar pueden diferir del valor medio global debido a movimientos de tierras y a los cambios de las corrientes oceánicas.

2.9 La confianza es mayor en las proyecciones a escala hemisférica–continental de modelos climáticos acoplados atmósfera–océano que en las proyecciones regionales, donde la confianza sigue siendo reducida. Hay más confianza en las proyecciones de temperatura que en las previsiones de cambios hidrológicos.

2.10 Todas las simulaciones realizadas con los modelos, tanto aquellas en las que se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero y los aerosoles, como aquellas otras en las que solamente se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero, muestran las siguientes características: un calentamiento máximo en superficie sobre las tierras de latitudes septentrionales altas en invierno, poco calentamiento en superficie sobre el Ártico en verano; una intensificación del ciclo hídrico mundial medio,

y más precipitaciones y humedad del suelo en elevadas latitudes en invierno. Todos estos cambios están vinculados a mecanismos físicos identificables.

2.11 En temperaturas más cálidas, el ciclo hidrológico será más vigoroso, lo que se traduce en perspectivas de sequías y/o crecidas más severas en unos lugares y menos severas en otros. Varios modelos indican un aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que sugiere la posibilidad de fenómenos de precipitaciones más extremos. Los conocimientos actuales no son suficientes para afirmar si habrá cambios en el acaecimiento o distribución geográfica de fuertes tormentas; por ejemplo, ciclones tropicales.

2.12 Existen numerosas incertidumbres, y muchos factores limitan de momento nuestra capacidad para predecir y detectar el cambio climático. Es difícil predecir, por su propia naturaleza, los cambios inesperados, grandes y rápidos del sistema climático en el futuro (lo mismo que ha ocurrido en el pasado). Esto presupone que los futuros cambios climáticos pueden deparar también “sorpresas”. En particular, esto se debe al carácter no lineal del sistema climático. Cuando se produce un rápido forzamiento, los sistemas no lineales están sometidos especialmente a un comportamiento imprevisto. Pueden realizarse avances investigando procesos no lineales y subcomponentes del sistema climático. Entre los ejemplos de comportamiento no lineal cabe citar rápidos cambios de circulación en el Atlántico Norte y retroacciones asociadas con los cambios del ecosistema terrestre.

SENSIBILIDAD Y ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

3

3.1 En esta sección se proporciona información científica y técnica que puede utilizarse, entre otras cosas, al evaluar si la gama prevista de impactos plausibles constituye “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”, como se dice en el Artículo 2, y al evaluar las opciones de adaptación. Sin embargo, todavía no es posible vincular impactos particulares con concentraciones específicas de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

3.2 La salud humana, los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos y los sistemas socioeconómicos (por ejemplo, agricultura, silvicultura, pesquería y recursos hídricos) son vitales para el desarrollo humano y el bienestar y sensibles a la magnitud y al ritmo del cambio climático. Si bien muchas regiones probablemente sufran los efectos adversos del cambio climático — algunos de los cuales son potencialmente irreversibles — probablemente algunos de sus efectos sean beneficiosos. De ahí que quepa esperar que diferentes segmentos de la sociedad afronten una diversidad de cambios y sientan la necesidad de adaptarse a ellos.

3.3 El cambio climático provocado por actividades humanas representa una importante presión adicional, sobre todo para los

numerosos sistemas ecológicos y socioeconómicos ya afectados por la contaminación, las crecientes demandas de recursos y las prácticas de gestión no sostenibles. La vulnerabilidad de la salud humana y de los sistemas socioeconómicos — y, en mayor medida, de los sistemas ecológicos — depende de las circunstancias económicas y de la infraestructura institucional. Debido a ello, los sistemas son normalmente más vulnerables en países en desarrollo, donde las circunstancias económicas e institucionales son menos favorables.

3.4 Si bien en el último decenio se ha conocido mucho mejor la situación, y pueden elaborarse estimaciones cualitativas, es difícil hacer proyecciones cuantitativas de los impactos del cambio climático para determinado sistema en un lugar dado, porque las proyecciones del cambio climático a escala regional son inciertas; nuestro conocimiento actual de muchos procesos críticos es limitado; los sistemas están sometidos a múltiples presiones climáticas y no climáticas, cuyas interacciones no son siempre lineales o aditivas, y en poquísimos estudios se han considerado respuestas dinámicas al aumento sostenido de las concentraciones de gases de efecto invernadero o las consecuencias de aumentos superiores a una duplicación de concentraciones equivalentes de CO₂ en la atmósfera.

3.5 En los próximos decenios será sumamente difícil detectar inequívocamente los cambios de origen climático en la mayoría de los sistemas ecológicos y sociales, en razón de la complejidad de esos sistemas, de sus numerosas retroacciones no lineales, y de su sensibilidad a un mayor número de factores climáticos y no climáticos, todos los cuales se espera que sigan cambiando simultáneamente. A medida que el clima futuro rebasa las fronteras del conocimiento empírico (es decir, los impactos documentados de la variación del clima en el pasado), será más probable que los resultados reales deparen sorpresas y rápidos cambios imprevistos.

Sensibilidad de los sistemas

Ecosistemas terrestres y acuáticos

3.6 Los ecosistemas contienen toda la reserva de diversidad genética y de las especies de la Tierra y proporcionan numerosos bienes y servicios: i) suministro de alimentos, fibras, medicinas y energía; ii) proceso y almacenamiento de carbono y otros nutrientes; iii) asimilación de desechos, purificación de agua, regulación de la escorrentía y control de las crecidas, degradación del suelo y erosión de las playas; y iv) oportunidades para el recreo y el turismo. La composición y la distribución geográfica de muchos ecosistemas (por ejemplo, bosques, pastizales, desiertos, sistemas montañosos, lagos, marismas y océanos) variará, al responder ciertas especies a los cambios del clima; es probable que haya reducciones en la diversidad biológica y en los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas a la sociedad. Puede que algunos sistemas ecológicos no alcancen un nuevo equilibrio hasta varios siglos después de que el clima lo logre. En esta sección se ilustran los impactos del cambio climático sobre varios sistemas ecológicos seleccionados.

3.7 **Bosques:** En los modelos se prevé que, como consecuencia de posibles cambios de temperatura y disponibilidad de agua en condiciones de equilibrio de CO₂ equivalente⁸ duplicado, una parte sustancial (media global de un tercio, variable según las regiones de un séptimo a dos tercios) de la zona forestal existente en el mundo sufrirá importantes cambios en los tipos generales de vegetación, registrándose los más importantes en latitudes altas, y los menos en las regiones tropicales. Se espera que el cambio climático evolucione rápidamente en relación con la velocidad a que crecen, se reproducen y se restablecen las especies forestales. Por tanto, probablemente cambie la composición de las especies en los bosques; tal vez desaparezcan tipos de bosques completos y se establezcan nuevos conjuntos de especies y, por ende, nuevos ecosistemas. Durante la transición de un tipo de bosque a otro en la atmósfera pueden liberarse grandes cantidades de carbono, porque la velocidad a que puede perderse carbono en momentos de elevada mortalidad forestal es mayor que la velocidad a que puede ganarse desde el crecimiento hasta alcanzar la madurez.

3.8 **Desiertos y desertificación:** Los desiertos probablemente resulten más extremos porque, con pocas excepciones, está previsto

que sean más calientes, pero no mucho más húmedos. Los aumentos de temperatura pueden representar una amenaza para los organismos que existen cerca de sus límites de tolerancia al calor. Es más probable que la desertificación — degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como consecuencia de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y las actividades humanas — resulte irreversible si el medio ambiente se hace más seco y el suelo se degrada todavía más a causa de la erosión y la compactación.

3.9 **Ecosistemas montañosos:** Se prevé que la distribución en altitud de la vegetación se desplace a mayor altura; algunas especies con gamas climáticas limitadas a las cumbres montañosas pueden extinguirse debido a la desaparición de hábitat o al menor potencial de migración.

3.10 **Ecosistemas acuáticos y terrestres:** En los lagos y los cursos de agua, los mayores efectos biológicos del calentamiento se producirán en latitudes altas, donde aumentará la productividad biológica, y en latitudes bajas en los límites entre las áreas que ocupan las especies de aguas frescas y frías, zonas en las que las extinciones serán mayores. La distribución geográfica de las zonas húmedas posiblemente resulte alterada por los cambios de temperatura y precipitación. Los sistemas costeros son económica y ecológicamente importantes, y se espera que su respuesta a los cambios del clima y del nivel del mar varíe ampliamente. Algunos ecosistemas costeros son particularmente vulnerables; como marismas de agua salada, ecosistemas de manglares, zonas húmedas costeras, playas de arena, arrecifes de coral, atolones de coral y deltas de ríos. Los cambios en esos ecosistemas tendrían importantes efectos negativos para el turismo, el abastecimiento de agua dulce, la pesquerías y la biodiversidad.

Hidrología y gestión de recursos hídricos

3.11 En los modelos se prevé que entre un tercio y la mitad de la masa de glaciares montañosos existentes puede desaparecer en los próximos cien años. La reducida extensión de glaciares y el espesor de la capa de nieve influirían también en la distribución estacional del caudal fluvial y del abastecimiento de agua para la generación de energía hidroeléctrica y la agricultura. Los cambios hidrológicos y las reducciones previstas en la extensión zonal y el espesor de permafrost pueden suponer un gran daño para la infraestructura, una entrada adicional de dióxido de carbono en la atmósfera, y cambios en los procesos que contribuyen a la entrada de metano en la atmósfera.

3.12 El cambio climático supondrá una intensificación del ciclo hidrológico global y podrá tener importantes repercusiones en los recursos hídricos regionales. Los cambios en la cantidad total de precipitación y en su frecuencia e intensidad influyen directamente en la magnitud y el momento de la escorrentía, así como en la intensidad de las crecidas y las sequías, pero, los efectos regionales concretos son de momento inciertos. Cambios relativamente pequeños en la temperatura y en la precipitación, junto a los efectos no lineales sobre la evapotranspiración y la humedad del suelo, pueden originar cambios relativamente grandes de la escorrentía, sobre todo en regiones áridas y semiáridas. La cantidad y la calidad de los abastecimientos de agua

⁸ Para la descripción de “equivalente a CO₂” véase el punto 4.17.

plantea ya graves problemas en numerosas regiones, incluidas algunas zonas costeras bajas, deltas e islas pequeñas, resultando los países de esas regiones particularmente vulnerables a toda reducción adicional de los abastecimientos de agua propios.

Agricultura y silvicultura

3.13 Los rendimientos de las cosechas y las variaciones de productividad debidas al cambio climático diferirán considerablemente entre regiones y entre localidades, modificándose así las normas de producción. Se prevé que la productividad aumente en algunas zonas y disminuya en otras, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales. Según muestran los estudios, en general la producción agrícola mundial podrá mantenerse con relación a la producción de referencia frente al cambio climático previsto en condiciones de equilibrio de CO₂ equivalente duplicado. En esta conclusión se tienen en cuenta los efectos benéficos de la fertilización de CO₂, pero no así las variaciones en las plagas agrícolas y los posibles efectos del cambio en la variabilidad del clima. Sin embargo, al centrarse en la producción agrícola mundial no se abordan las posibles graves consecuencias de las grandes diferencias a escala local y regional, incluso en latitudes medias. Puede aumentar el riesgo de hambre y de inanición en algunos lugares; gran parte de la población más pobre del mundo — en particular la que vive en zonas subtropicales y tropicales y la que depende de sistemas agrícolas aislados en regiones semiáridas y áridas — es la más vulnerable al aumento del hambre. Los suministros mundiales de madera en el próximo siglo pueden ser cada vez menos adecuados para atender el consumo previsto, debido a factores climáticos y no climáticos.

Infraestructura humana

3.14 Con el cambio climático aumentarán sin duda la vulnerabilidad de algunas poblaciones costeras a las inundaciones y las pérdidas de tierras debido a la erosión. Se estima que unos 46 millones de personas están expuestas cada año a inundaciones a causa de mareas de tempestad. Si no se adoptan medidas de adaptación, y no se tiene en cuenta el crecimiento previsto de la población, con una elevación del nivel del mar de 50 cm esta cifra crecería a unos 92 millones, y con una elevación del nivel del mar de 1 m pasaría a unos 118 millones. Los estudios en que se utiliza una proyección de 1 m indican un riesgo particular para islas pequeñas y deltas. Este aumento corresponde a la gama superior de las estimaciones del Grupo de Trabajo I del IPCC para 2100. Debe señalarse, empero, que según las previsiones el nivel del mar seguirá aumentando en los próximos siglos después de 2100. Las pérdidas de tierra estimadas varían desde el 0,05% en Uruguay, el 1,0% en Egipto, el 6% en Países Bajos y el 17,5% en Bangladesh hasta el 80% aproximadamente en el Atolón de Majuro, en las Islas Marshall, en vista del estado actual de los sistemas de protección. Algunas naciones insulares pequeñas y otros países serán más vulnerables porque sus sistemas de defensa marítima y costera son más débiles. Los países con mayores densidades demográficas serían más vulnerables. Las mareas de tempestad y las inundaciones pueden representar una amenaza para culturas enteras. En esos países, la elevación del nivel del mar podría forzar la migración interna o internacional de poblaciones.

Salud humana

3.15 El cambio climático probablemente tenga una gran variedad de efectos, particularmente adversos, sobre la salud humana, con importantes pérdidas de vidas. Los efectos directos para la salud comprenden aumentos de la mortalidad y las enfermedades (predominantemente cardiorrespiratorias) debido a la mayor intensidad prevista y a la duración de las olas de calor. Como consecuencia de los aumentos de temperatura en las regiones más frías debe haber menos muertes a causa del frío. Los efectos indirectos del cambio climático, que se espera predominen, comprenden aumentos de la posible transmisión de enfermedades infecciosas por vectores (por ejemplo, paludismo, dengue, fiebre amarilla y alguna encefalitis viral), como resultado de ampliaciones de los límites geográficos y de la estación para los organismos vectores. En los modelos (en los que se hacen necesariamente hipótesis simplificadoras) se prevé que los aumentos de temperatura de 3-5°C (en comparación con la proyección del IPCC de 1-3,5°C para 2100) pueden dar lugar a incrementos potenciales de la incidencia del paludismo (del orden de 50 a 80 millones más de casos anuales, en relación con un total mundial supuesto de 500 millones de casos), sobre todo en las poblaciones de las regiones tropicales, subtropicales y de zonas templadas menos protegidas. También pueden producirse algunos aumentos de las enfermedades infecciosas no transmitidas por vectores — como salmonelosis, cólera y giardiasis — como resultado de altas temperaturas y más inundaciones. Las limitaciones en el abastecimiento de agua dulce y de alimentos, así como la agravación de la contaminación del aire, tendrán igualmente consecuencias para la salud humana.

3.16 Es difícil cuantificar los impactos previstos, porque el grado de los trastornos para la salud originado por el clima depende de la interacción y coexistencia de numerosos factores que caracterizan la vulnerabilidad de la población de que se trate, como las circunstancias medioambientales y socioeconómicas, el régimen nutritivo e inmunitario, la densidad demográfica, y el acceso a buenos servicios de atención de salud. Por tanto, la vulnerabilidad a los impactos para la salud a causa del clima diferiría entre poblaciones con distintos niveles de recursos naturales, técnicos y sociales.

Tecnología y opciones de política para la adaptación

3.17 Con los avances tecnológicos generalmente hay más opciones de adaptación para los sistemas gestionados. Las opciones de adaptación de recursos de agua dulce comprenden una gestión más eficaz de los suministros y la infraestructura existentes; arreglos institucionales para limitar las demandas futuras y fomentar la conservación; el mejoramiento de los sistemas de vigilancia y predicción de crecidas y sequías; la rehabilitación de cuencas hidrológicas, especialmente en las regiones tropicales, y la construcción o ampliación de embalses. Las opciones de adaptación por lo que respecta a la agricultura — como cambios en los tipos y variedades de cultivos, el mejoramiento de los sistemas de aprovechamiento del agua y de irrigación, y los cambios en los planes de plantación y las técnicas de cultivo — serán importantes para limitar los efectos negativos y sacar provecho de los cambios benéficos del clima. Mediante la gestión eficaz de las zonas costeras

y la planificación del uso de la tierra se puede ayudar directamente a las poblaciones a desplazarse fuera de los lugares vulnerables como llanuras inundables, laderas escarpadas y costas bajas. Entre las opciones adaptables para reducir los efectos sobre la salud figuran la tecnología de protección (por ejemplo, vivienda, acondicionamiento de aire, purificación de agua y vacunación), la preparación para casos de desastre, y la atención sanitaria apropiada.

3.18 Sin embargo, muchas regiones tienen actualmente un acceso limitado a esas tecnologías y a la información apropiada. En

algunas naciones insulares, cuesta tanto proporcionar una protección adecuada que es prácticamente inviable, sobre todo debido a la escasez de capital para la inversión. La eficacia y la rentabilidad de las estrategias de adaptación dependerá de la disponibilidad de recursos financieros, la transferencia de tecnología y prácticas culturales, educativas, de gestión, institucionales, jurídicas y normativas, tanto a nivel nacional como internacional. La adaptación se facilitará incorporando las preocupaciones por el cambio climático en las decisiones sobre utilización de recursos y desarrollo y los planes para programar regularmente las inversiones en infraestructura.

ENFOQUE ANALÍTICO DE LA ESTABILIZACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA ATMÓSFERA

4

4.1 En el Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se hace referencia expresamente a la “estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera”. En esta sección se facilita información sobre la importancia relativa de los diversos gases de efecto invernadero para el forzamiento climático y se considera cómo pueden variarse las emisiones de gases de efecto invernadero para lograr la estabilización a niveles seleccionados de concentración en la atmósfera.

4.2 El dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso tienen orígenes naturales y antropógenos. Las emisiones antropógenas de estos gases han contribuido con el 80% aproximadamente del forzamiento adicional del clima debido a los gases de efecto invernadero desde la época preindustrial (es decir, desde 1750 A.D aproximadamente). La contribución del CO₂ es del orden del 60% de este forzamiento, alrededor del cuádruplo que la de CH₄.

4.3 Entre otros gases de efecto invernadero figuran el ozono troposférico (cuyos precursores químicos comprenden óxidos nitrosos, hidrocarburos no parafínicos y monóxido de carbono), halocarbonos⁹ (incluidos HCFC y HFC) y SF₆. Los aerosoles troposféricos y el ozono troposférico se distribuyen de forma no homogénea en el tiempo y en el espacio, y su permanencia en la atmósfera es breve (de días a semanas). Los sulfatos en aerosol son sensibles a las medidas de reducción, medidas que se contemplan en los escenarios del IPCC

4.4 La mayoría de los escenarios de emisiones indican que, a falta de políticas de mitigación, las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán aumentando el próximo siglo y darán lugar a

unas concentraciones de gases de efecto invernadero que se prevé cambien más el clima para el año 2100 que las proyectadas para el doble de las concentraciones de dióxido de carbono preindustriales.

Estabilización de los gases de efecto invernadero

4.5 Para abordar la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero es preciso considerar todos los gases pertinentes. El primero de ellos es el dióxido de carbono, que, en razón de su importancia y complicado comportamiento, requiere un examen más detallado que los otros gases de efecto invernadero.

Dióxido de carbono

4.6 El dióxido de carbono se elimina de la atmósfera mediante varios procesos que operan en diversos momentos. Tiene un tiempo de permanencia en el sistema climático relativamente largo, del orden de un siglo o más. Si se mantuvieran las emisiones antropógenas globales netas¹⁰ (es decir, las fuentes antropógenas menos los sumideros antropógenos) en los niveles actuales (unas 7 GtC/año incluidas las emisiones de la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento y el cambio en el uso de la tierra), se llegaría a una tasa casi constante de aumento de las concentraciones atmosféricas durante dos siglos por lo menos, alcanzando unos 500 ppmv (aproximadamente el doble de la concentración preindustrial de 280 ppmv) para finales del siglo XXI. Los modelos del ciclo de carbono muestran que la estabilización inmediata de la concentración de dióxido de carbono en su nivel actual sólo podría lograrse mediante una reducción inmediata de sus emisiones de 50-70%, y procediendo a más reducciones posteriormente.

4.7 Se han utilizado modelos del ciclo de carbono para estimar los perfiles de las emisiones de dióxido de carbono con miras a la estabilización de la concentración de dióxido de carbono a diversos niveles. Esos perfiles se han producido para una serie ilustrativa de niveles: 450, 550, 650, 750 y 1 000 ppmv. Entre los varios medios

⁹ La mayoría de los halocarbonos están controlados por el Protocolo de Montreal y sus ajustes y enmiendas, pero no los HFC ni los PFC.

¹⁰ En el resto de la Sección 4, las “emisiones antropógenas netas globales” (es decir, las fuentes antropógenas menos los sumideros antropógenos) se designarán con el término abreviado de “emisiones”.

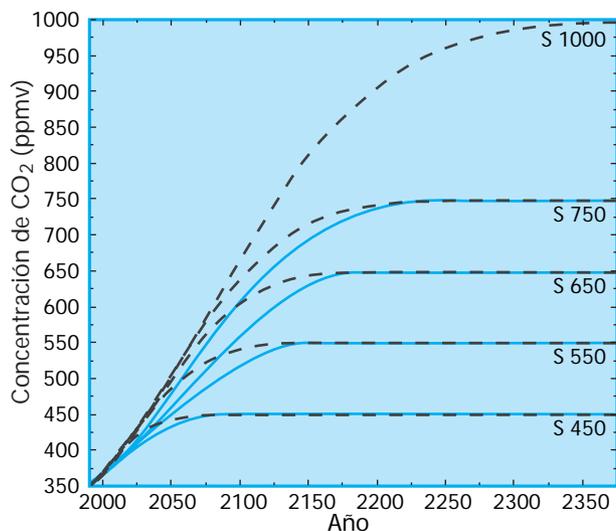


Figura 1 a). Gráfico de la evolución temporal de concentración de dióxido de carbono que conduce a la estabilización a 450, 550, 650 y 750 ppmv siguiendo las trayectorias definidas en el IPCC (1994) (curvas continuas) y para trayectorias que permiten la continuación de las emisiones IS92a hasta al menos el año 2000 (curvas discontinuas). También se ha definido un solo perfil que se estabiliza en una concentración de dióxido de carbono de 1 000 ppmv con una continuación de las emisiones IS92a hasta al menos el año 2000. La estabilización en concentraciones de 450, 650 y 1 000 ppmv conduciría a aumentos de la temperatura de equilibrio con relación a 1990¹¹ debido al dióxido de carbono solamente (es decir, sin incluir los efectos de otros gases de efecto invernadero y aerosoles) del orden de 1°C (gama: 0,5 a 1,5°C); 2°C (gama: 1,5 a 4°C) y 3,5°C (gama: 2 a 7°C) respectivamente. Una duplicación de la concentración de dióxido de carbono preindustrial de 280 ppmv conduciría a una concentración de 560 ppmv, y la duplicación de la concentración actual de 358 ppmv conduciría a una concentración de unas 720 ppmv.

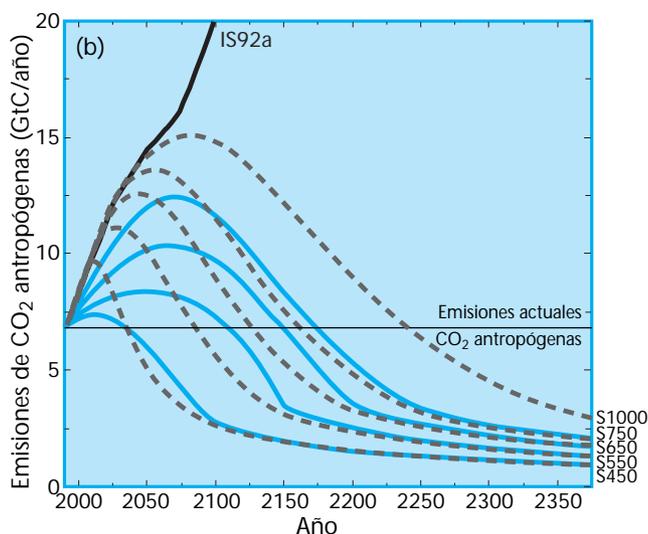


Figura 1 b). Emisiones de dióxido de carbono que conducen a la estabilización en concentraciones de 450, 550, 650, 750 y 1 000 ppmv siguiendo los perfiles mostrados en a) a partir de un modelo de ciclo de carbono de alcance medio. Los resultados de otros modelos pueden diferir de los presentados aquí en $\pm 15\%$ como máximo, aproximadamente. Para facilitar una posible comparación se muestran también aquí, en trazo fino continuo, las emisiones de dióxido de carbono actuales y las correspondientes al escenario IS92a.

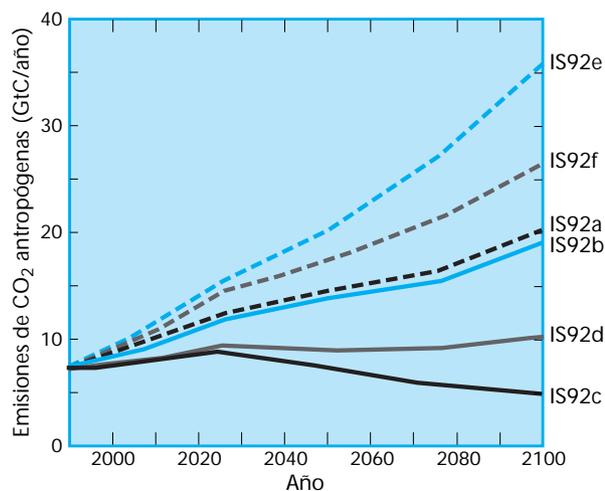


Figura 2. Emisiones anuales de dióxido de carbono antropogénicas según los escenarios de emisiones IS92 (para más detalles, véase el Cuadro 1 en el Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo II del IPCC).

¹¹ En estas cifras no se tiene en cuenta el aumento de la temperatura (0,1 a 0,7°C) que se produciría después de 1990 debido a las emisiones de CO₂ antes de 1990.

	Emisiones de dióxido de carbono acumuladas de 1991 a 2100 (GtC) [§]	
Escenarios IS92		
c	770	
d	980	
b	1430	
a	1500	
f	1830	
e	2190	
Caso de estabilización	Para perfiles A*	Para perfiles B†
450 ppmv	630	650
550 ppmv	870	990
650 ppmv	1030	1190
750 ppmv	1200‡	1300‡
1000 ppmv	-	1410‡

§ A fines de comparación, las emisiones durante el período 1860-1994 ascendieron a unos 360 GtC, de las que unas 240 GtC se debieron al uso de combustibles fósiles, y 120 GtC a la deforestación y al cambio en el uso de la tierra

* Como en IPCC (1994) - véase la Figura 1 a) (curvas continuas)

† Perfiles que permiten la continuación de las emisiones IS92a por lo menos hasta el año 2000 - véase la figura 1a) (curvas discontinuas)

‡ Las concentraciones no se estabilizarán para 2100.

Cuadro 1. Emisiones antropógenas totales de dióxido de carbono acumuladas de 1991 a 2100 inclusive (GtC) para los escenarios IS92 (véase el Cuadro 1 en el Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo II del IPCC) y para la estabilización en varios niveles de concentración de dióxido de carbono siguiendo las dos series de trayectorias mostradas en la Figura 1 a). Las emisiones acumuladas conducentes a la estabilización de la concentración de dióxido de carbono se han calculado utilizando un modelo de alcance medio de ciclo de carbono. Los resultados de otros modelos pueden llegar a un 15% aproximadamente por encima o por debajo de los presentados aquí.

posibles de llegar a la estabilización, en la Figura 1 se ilustran dos para cada uno de los niveles de estabilización de 450, 550, 650 y 750 ppmv, y uno para 1 000 ppmv. Cuanto mayor es el aumento de las emisiones (y por tanto de la concentración) en esos escenarios, más rápidamente se proyecta el cambio del clima.

4.8 Toda posible concentración estabilizada se rige más por las emisiones de dióxido de carbono antropógenas acumuladas desde ahora hasta el momento de la estabilización que por la manera en que cambian esas emisiones durante el período. Esto significa que, para determinado valor de concentración estabilizado, las emisiones más altas en los primeros decenios requieren emisiones más bajas después. En el Cuadro 1 se muestran las emisiones acumulativas desde 1991 hasta 2100 correspondientes a esos niveles de estabilización, junto con las emisiones acumulativas de dióxido de carbono para todos los escenarios de emisiones IS92 del IPCC (para los detalles de estos escenarios véanse la Figura 2 y el Cuadro 1 en el Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo II del IPCC).

4.9 La Figura 1 y el Cuadro 1 se presentan para aclarar alguna de las restricciones que se impondrían sobre las futuras emisiones de dióxido de carbono, para lograr la estabilización a los niveles de concentración indicados. Estos ejemplos no representan ningún tipo de recomendación sobre la manera en que puede lograrse esa estabilización o el nivel de estabilización que pueda elegirse.

4.10 Habida cuenta de las emisiones acumulativas, y de los escenarios de población y económicos IS92a del IPCC para 1990-2100, pueden derivarse emisiones anuales y globales medias de dióxido de carbono para los escenarios de estabilización sobre una base *per cápita* o por unidad de actividad económica. Para mantener las concentraciones atmosféricas por debajo de 550 ppmv, las futuras emisiones anuales medias para el mundo entero no deberían sobrepasar la media mundial actual a lo largo del próximo siglo y

tendrían además que ser mucho más bajas tanto antes de que se acabara el siglo venidero como posteriormente. Las emisiones anuales globales medias podrían ser más altas para niveles de estabilización de 750 a 1000 ppmv. Sin embargo, incluso para lograr esos niveles de estabilización posteriores, las emisiones anuales globales medias habrían de ser inferiores al 50% por encima de los niveles actuales sobre una base *per capita* o inferiores a la mitad de los niveles actuales por unidad de actividad económica¹².

4.11¹³ Las emisiones anuales medias globales *per capita* de dióxido de carbono debidas a la combustión de combustibles fósiles es aproximadamente de unas 1,1 toneladas (computadas como carbono). Además, a causa de la deforestación y del cambio en el uso de la tierra hay una emisión neta del orden de 0,2 toneladas *per cápita*. Las emisiones anuales medias de combustibles fósiles *per capita* en los países desarrollados y con economías en transición es de unas 2,8 toneladas y varía de 1,5 a 5,5 toneladas. La cifra para los países en desarrollo es de 0,5 toneladas, variando de 0,1 toneladas a más de 2,0 toneladas, en algunos casos (todas las cifras corresponden a 1990).

4.12¹⁴ Utilizando las estimaciones del PIB (producto interior bruto) del Banco Mundial a tipos de cambio del mercado, la emisión anual media global actual de dióxido de carbono relacionado con la energías es de unas 0,3 toneladas por mil dólares (EE.UU., 1990) de producto. Además, las emisiones netas globales de los cambios en el uso de los suelos ascienden a unas 0,05 toneladas por mil dólares

¹² China dejó constancia de su desacuerdo sobre el uso de las emisiones de dióxido de carbono derivadas sobre la base de "por unidad de actividad económica".

¹³ El Grupo de expertos convino en que este párrafo no prejuzgará las negociaciones actuales en el marco de la CMCC.

¹⁴ El Grupo de expertos convino en que este párrafo no prejuzgará las negociaciones actuales en el marco de la CMCC.

EE.UU. de producto. Las emisiones medias anuales actuales relacionadas con la energía por mil dólares (EE.UU., 1990) de producto, evaluadas a tipos de cambio del mercado, ascienden a una 0,27 toneladas en los países desarrollados y con economías en transición, y a unas 0,41 toneladas en los países en desarrollo. Utilizando las estimaciones de PIB del Banco Mundial a tipos de cambio de paridad de poder adquisitivo, las emisiones anuales medias relacionadas con la energía por mil dólares (EE.UU., 1990) de producto ascienden a unas 0,26 toneladas en los países desarrollados y con economías en transición y a unas 0,16 toneladas en los países en desarrollo.¹⁵

Metano

4.13 Las concentraciones de metano en la atmósfera se ajustan a los cambios en las emisiones antropógenas en un período de 9 a 15 años. Si se redujeran inmediatamente las emisiones anuales de metano en 30 Tg CH₄ aproximadamente (alrededor del 8% de las emisiones antropógenas actuales), las concentraciones de metano permanecerían en sus niveles actuales. Si las emisiones de metano se mantienen en los niveles actuales, su concentración (1720 ppbv en 1994) alcanzará aproximadamente 1820 ppbv antes de que pasen 40 años.

Óxido nítrico

4.14 El óxido nítrico tiene un largo tiempo de vida en la atmósfera (unos 120 años). Para estabilizar la concentración cerca de sus niveles actuales (312 ppbv en 1994), sería necesario reducir inmediatamente las fuentes antropógenas en más del 50%. Si las emisiones de óxido nítrico se mantuvieran constantes en sus niveles actuales, su concentración aumentaría a unas 400 ppbv en varios

centenares de años, con lo que su forzamiento radiativo se multiplicaría por cuatro con respecto a su nivel actual.

Otros aspectos de la estabilización

4.15 La estabilización de las concentraciones de gases muy duraderos, como SF₆ o hidrocarburos perfluorados, sólo puede lograrse eficazmente poniendo fin a las emisiones.

4.16 La importancia de la contribución de CO₂ al forzamiento climático, con relación a la de los otros gases de efecto invernadero, aumenta con el tiempo en todos los escenarios de emisiones IS92 (a a f). Por ejemplo, en el escenario IS92a, la contribución de CO₂ pasa del 60% actual al 75% aproximadamente para el año 2100. En el mismo período, los forzamientos de metano y de óxido nítrico aumentan en términos absolutos en un factor que varía entre dos y tres.

4.17 El efecto combinado de todos los gases de efecto invernadero para producir el forzamiento radiativo se expresa con frecuencia en términos de la concentración equivalente de dióxido de carbono que produciría el mismo forzamiento. Debido a los efectos de los otros gases de efecto invernadero, para lograr la estabilización a cierto nivel de concentración de dióxido de carbono equivalente hay que mantener la concentración de dióxido de carbono a un nivel inferior.

4.18 La estabilización de concentraciones de gases de efecto invernadero no significa que no habrá un nuevo cambio climático. Una vez lograda la estabilización, la temperatura media mundial de la superficie seguirá aumentando durante algunos siglos, y el nivel del mar durante muchos siglos.

TECNOLOGÍA Y OPCIONES DE POLÍTICA PARA LA MITIGACIÓN

5

5.1 En el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995) se examinan muchos métodos para reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero. En esta sección se ofrece información técnica sobre las opciones que pueden utilizarse para reducir las emisiones antropógenas y aumentar los sumideros de los principales gases de efecto invernadero con miras a estabilizar sus concentraciones en la atmósfera; sin embargo, en este análisis no se trata de cuantificar las posibles consecuencias macroeconómicas que puedan guardar relación con la mitigación.

5.2 Ya es técnicamente posible, y económicamente factible, realizar importantes reducciones de las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Tales reducciones pueden lograrse utilizando una amplia serie de tecnologías y de medidas de política que aceleren la evolución,

la difusión y la transferencia de la tecnología en todos los sectores, incluidos los de la energía, la industria, el transporte, los edificios residenciales y comerciales y la agricultura y la silvicultura.

5.3 El grado de realización de las posibilidades técnicas y la rentabilidad depende de iniciativas para contrarrestar la falta de información y superar los obstáculos culturales, institucionales, jurídicos, financieros y económicos que pueden impedir la difusión de tecnología o los cambios de comportamiento.

5.4 Desde hoy hasta el año 2100, el sistema mundial de energía comercial será sustituido, en efecto, al menos dos veces, lo que permitirá cambiar el sistema de producción de energía sin una retirada prematura de las inversiones; también se sustituirán importantes cantidades de capital en los sectores industrial, comercial/residencial y agrícola/forestal. Estos ciclos de sustitución de capital ofrecen la oportunidad de utilizar tecnologías nuevas y más eficaces.

¹⁵ Estos cálculos de las emisiones por unidad de actividad económica no comprenden las emisiones resultantes de los cambios en el uso de la tierra o los ajustes para reflejar la economía no estructurada.

Demanda de energía

5.5 El IPCC (IPCC 1992; IPCC 1994) prevé que sin intervención política puede haber una importante expansión de las emisiones en los sectores industrial, del transporte y comercial/residencial. Numerosos estudios indican que es posible economizar entre un 10% y un 30% de energía con respecto a los niveles actuales, con un costo negativo¹⁶ o nulo en cada uno de los sectores en muchas partes del mundo, aplicando medidas técnicas de conservación y mejores prácticas de gestión en los dos a tres próximos decenios. Mediante tecnologías que producen actualmente el más alto rendimiento de los servicios de energía con determinado insumo de ella, sería técnicamente posible aumentar la eficiencia entre el 50% y el 60% en numerosos países, durante el mismo período. El que se consiga o no dependerá de las futuras reducciones de costos, del ritmo de desarrollo y de la aplicación de nuevas tecnologías, de la financiación y la transferencia de tecnología, así como de medidas para superar diversos obstáculos no técnicos. Como el uso de la energía crece en todo el mundo, incluso sustituyendo tecnología actual por tecnología más eficiente, en el futuro puede haber un aumento absoluto en las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre las tecnologías y medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores del uso final de la energía figuran las siguientes:

- *Industria:* mejora de la eficiencia; reciclaje de materiales y utilización de otros con menos emisiones de gases de efecto invernadero, y elaboración de procesos que utilicen menos energía y menos materiales.
- *Transporte:* uso de vehículos de tracción muy eficaces, con construcción ligera y un diseño de poca resistencia al aire; utilización de vehículos más pequeños; otros medios para el uso de la tierra, sistemas de transporte, diferentes pautas de movilidad humana y modos de vida; medios de transporte que consuman menos energía; y empleo de otros combustibles y electricidad procedente de fuentes renovables y otras fuentes de combustibles que no aumenten las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- *Comercial/residencial:* disminución de pérdidas de calor merced a las estructuras de los edificios y a mejores sistemas de acondicionamiento del espacio y abastecimiento de agua, alumbrado y aparatos electrodomésticos.

Suministro de energía

5.6 Técnicamente es posible hacer fuertes reducciones de las emisiones en el sector de suministro de energía en un plazo de 50 a 100 años, utilizando estrategias alternativas al mismo tiempo que se realizan inversiones normales para sustituir la infraestructura y el equipo a medida que se gasta o queda anticuado. Entre los enfoques prometedores figuran, sin seguir un orden de prioridad, los siguientes:

- a) Reducciones de gases de efecto invernadero en el uso de combustibles fósiles;

- conversión más eficaz de combustibles fósiles (por ejemplo, producción combinada de calor y fuerza motriz y generación más eficiente de electricidad);
 - utilización de combustibles fósiles con poco carbono y supresión de emisiones (pasando del carbón al petróleo o al gas natural, o del petróleo al gas natural);
 - descarbonización de gases de escape y combustibles, y almacenamiento de dióxido de carbono (por ejemplo, captación y almacenamiento de CO₂ resultante del uso de materias primas y combustibles fósiles para obtener combustibles ricos en hidrógeno);
 - reducción de fugas, especialmente de metano, en la extracción y distribución de combustibles.
- b) Utilización de fuentes de energía de combustibles no fósiles
 - utilización de la energía nuclear (si pueden hallarse respuestas generalmente aceptables a preocupaciones como la seguridad de los reactores, el transporte y la eliminación de desechos radiactivos, y la proliferación nuclear);
 - utilización de fuentes de energía renovables (por ejemplo, solar, biomasa, eólica, hidroeléctrica y geotérmica).

Integración de las opciones para reducir las emisiones originadas en el sistema energético

5.7 Hay más posibilidades de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que de utilizar eficientemente la energía, debido a que es posible hacer uso de otros tipos de combustibles y fuentes de energía, así como reducir su demanda. Se puede incluso conseguir una mayor eficiencia energética, y de esta forma reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el uso de cadenas conjuntadas origen-destino (productor-usuario) en el sistema de abastecimiento energético.

5.8 Para evaluar las posibles efectos de combinar distintas medidas a nivel de los sistemas energéticos se han descrito “experimentos meditados” en que se exploran las variantes de un sistema de suministro de energía con bajas emisiones de CO₂. Estas variantes muestran la posibilidad *técnica* de reducir fuertemente las emisiones de CO₂ procedentes del sistema de suministro de energía entre 50 y 100 años utilizando estrategias alternativas. Estos ejercicios indican la posibilidad *técnica* de reducir las emisiones globales anuales de 6 GtC en 1990 a unas 4 GtC en 2050 y a unas 2 GtC en 2100. Las emisiones de CO₂ acumulativas desde 1990 hasta 2100 variarían entre unas 450 GtC y unas 470 GtC en esas construcciones, manteniendo así las concentraciones en la atmósfera por debajo de 500 ppmv.

5.9 Los costos de los servicios de energía integrados con relación a los costos de la energía convencional dependen de los precios relativos de la energía en el futuro, en gran medida inciertos, y del rendimiento y de las características de los costos supuestos para las tecnologías alternativas. Sin embargo, dentro de la amplia gama de precios futuros de la energía, una o más de las alternativas podrían muy bien proporcionar los servicios de energía solicitados a costos estimados aproximadamente iguales a los futuros costos estimados de la energía convencional actual. No es posible determinar un sistema de

¹⁶ Por costo negativo se entiende beneficio económico.

energía futuro menos costoso a más largo plazo, pues los costos relativos de las opciones dependen de las restricciones sobre los recursos y de posibilidades tecnológicas que no se conocen bien, así como de las actuaciones de los gobiernos y del sector privado. Para reducir fuertemente las emisiones de gases de efecto invernadero es esencial mejorar la eficiencia de la energía, realizar una inversión fuerte y sostenida en investigación, desarrollo y demostración para estimular la transferencia y la difusión de tecnologías alternativas de suministro de energía y mejorar la eficiencia de la energía. Muchas de las tecnologías que se están desarrollando necesitarían inicialmente un apoyo para penetrar en el mercado, y alcanzar el suficiente volumen a fin de reducir los costos para ser competitivas.

5.10 La penetración en el mercado y la continuada aceptabilidad de diferentes tecnologías de energía dependen en última instancia de su costo relativo, del funcionamiento (incluido el comportamiento medioambiental), los arreglos institucionales, y la reglamentación y las políticas. Como los costos varían según los lugares y aplicaciones, la amplia variedad de circunstancias crea al principio oportunidades para que las nuevas tecnologías puedan penetrar en el mercado. Para comprender mejor las posibilidades de reducir las emisiones se necesitarán análisis más detallados de las opciones, teniendo en cuenta las condiciones locales.

Emisiones de procesos industriales y asentamientos urbanos

5.11 En algunos casos es posible realizar grandes reducciones de los gases de efecto invernadero relacionados con los procesos, incluidos CO₂, CH₄, N₂O, halocarbonos y SF₆, liberados en los procesos de fabricación e industriales, como producción de hierro, acero, aluminio, amoníaco, cemento y otros materiales. Estas medidas comprenden la modificación de los procesos de producción, la eliminación de disolventes, la sustitución de materias primas y de materiales, un mayor reciclaje y un menor consumo de materiales con gran intensidad de gases de efecto invernadero. Capturando y utilizando metano de las instalaciones de tratamiento de desechos y aguas residuales, y reduciendo la tasa de fuga de refrigerantes de halocarbonos procedentes de fuentes móviles y fijas también pueden reducirse notablemente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Agricultura, pastizales y silvicultura

5.12 Además de utilizar combustibles de biomasa para substituir a los combustibles fósiles, la gestión de bosques, tierras agrícolas y pastizales puede desempeñar una importante función para reducir las emisiones actuales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso y aumentar los sumideros de carbono. Merced a diversas medidas se pueden conservar y secuestrar sustanciales cantidades de carbono (aproximadamente de 60 a 90 GtC en el sector forestal solamente) en los próximos 50 años. En dicho sector, las medidas comprenden la conservación de la cubierta forestal existente, la disminución de la deforestación; la regeneración de bosques naturales; el establecimiento de plantaciones de árboles, y el fomento de la agrosilvicultura. En el sector agrícola pueden reducirse mediante otras prácticas las emisiones de otros gases de efecto invernadero, como metano y óxido nitroso. En el sector forestal, los costos de la conservación y el secuestro

de carbono en la biomasa y el suelo se estima que varían ampliamente, pero pueden ser competitivos con otras opciones de mitigación.

Instrumentos de política

5.13 La disponibilidad de tecnologías “de poco carbono” es un requisito previo, pero no una garantía, de la posibilidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un costo razonable. La mitigación de las emisiones depende de la reducción de los obstáculos a la difusión y la transferencia de tecnología, la movilización de recursos financieros, el apoyo a la creación de capacidad en los países en desarrollo y países con economías en transición, y otros métodos para ayudar a realizar los cambios de comportamiento y aprovechar las oportunidades tecnológicas en todas las regiones del mundo. La combinación óptima de políticas variará de un país a otro, según sus mercados de energía, las consideraciones económicas, la estructura política y la receptividad de las sociedad. Los dirigentes de los gobiernos nacionales, al aplicar esas políticas, contribuirán a responder a las consecuencias adversas del cambio climático. Las políticas para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero pueden aplicarse más fácilmente cuando se conciben para abordar otros problemas que impiden el desarrollo sostenible (por ejemplo, la contaminación del aire y la erosión del suelo). Cierta número de políticas, muchas de las cuales pueden ser aplicadas unilateralmente por las naciones, y algunas de ellas por grupos de países mediante acuerdos regionales o internacionales, pueden facilitar la implantación de tecnologías con menos intensidad de gases de efecto invernadero y de nuevos hábitos de consumo. Entre ellas figuran (sin seguir un orden de prioridad) las siguientes:

- establecimiento de marcos institucionales y estructurales apropiados;
- estrategias para determinar los precios de la energía; por ejemplo, impuestos sobre el carbono y la energía, y reducción de las subvenciones para la producción de energía;
- reducción gradual de las políticas existentes que distorsionan el mercado y conducen a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, como algunas subvenciones y reglamentaciones, la no internalización de los costos de la protección del medio ambiente, y distorsiones en la determinación de los precios en la agricultura y el transporte;
- permisos negociables de emisiones;
- programas voluntarios y acuerdos negociados con la industria;
- programas de gestión de la demanda en servicios públicos;
- programas de reglamentación, con inclusión de normas mínimas sobre la eficiencia de la energía, por ejemplo para electrodomésticos y para reducir el consumo de combustible;
- estímulo de la investigación, el desarrollo y la demostración para disponer de nuevas tecnologías;
- programas de demostración e impulso del mercado que estimulen el desarrollo y la aplicación de tecnologías avanzadas;
- incentivos a la energía renovable durante su establecimiento en el mercado;
- incentivos tales como disposiciones para acelerar la amortización y reducir los costos de los consumidores;
- educación y formación; medidas de información y asesoramiento;
- opciones que puedan servir asimismo de respaldo a otros objetivos económicos y medioambientales.

5.14 La elección de medidas a nivel nacional puede reflejar finalidades distintas de la rentabilidad, como el logro de objetivos fiscales. Si el impuesto sobre el carbono o el carbono-energía se utiliza como instrumento de política para reducir las emisiones, los impuestos podrán proporcionar sustanciales ingresos, y la manera de distribuirlos puede influir enormemente en el costo de la mitigación. Si los ingresos se distribuyen reduciendo impuestos perturbadores en el sistema existente, ayudarán a reducir la excesiva carga del sistema fiscal vigente, con la posibilidad de producir un beneficio económico adicional (doble dividendo). Por ejemplo, los estudios europeos más optimistas con respecto a la posibilidad de reconversión del impuesto

muestran costos negativos inferiores y, en algunos casos, ligeramente negativos. A la inversa, con una reconversión ineficiente de los ingresos procedentes de los impuestos podrán aumentar los costos. Por ejemplo, si los ingresos de los impuestos se utilizan para financiar programas estatales que producen un rendimiento menor que las inversiones en el sector privado inevitables a causa del impuesto aumentarán los costos globales. La elección de instrumentos puede reflejar asimismo otros objetivos ambientales como la reducción de emisiones de gases contaminantes sin efecto invernadero o el aumento de la cobertura forestal o bien otras preocupaciones como impactos específicos para determinadas regiones o comunidades.

CONSIDERACIONES DE EQUIDAD Y SOCIALES

6

6.1 Las consideraciones de equidad son un aspecto importante de la política del cambio climático y de la Convención, así como para lograr el desarrollo sostenible¹⁷. La equidad entraña cuestiones de procedimiento y de consecuencia. Las de procedimiento se refieren a cómo se toman las decisiones, en tanto que las de consecuencia se refieren a los resultados. Para ser eficaces y promover la cooperación, los acuerdos han de considerarse legítimos, y la equidad es un elemento importante para conseguir la legitimidad.

6.2 La equidad de procedimiento abarca cuestiones de proceso y participación. Requiere que todas las partes puedan participar efectivamente en negociaciones internacionales relacionadas con el cambio climático. Las medidas apropiadas para que las Partes de países en desarrollo puedan participar efectivamente en negociaciones aumentan las perspectivas de alcanzar acuerdos eficaces, duraderos y equitativos acerca de la mejor manera de abordar la amenaza del cambio climático. Las preocupaciones por la equidad y los impactos sociales señalan la necesidad de establecer capacidades endógenas y de reforzar capacidades institucionales, particularmente en países en desarrollo, para tomar y aplicar decisiones colectivas en forma legítima y equitativa.

6.3 La equidad de consecuencia tiene dos componentes: la distribución de los costos de daños o adaptación y medidas para mitigar el cambio climático. Como hay sustanciales diferencias entre los países en cuanto a vulnerabilidad, riqueza, capacidad, dotación de recursos, y otros factores que se enumeran a continuación, los costos de los daños, la adaptación y la mitigación pueden soportarse en forma poco equitativa, a menos que se aborde explícitamente la distribución de esos costos.

6.4 El cambio climático probablemente imponga costos a las generaciones futuras y a regiones donde se producen daños, incluidas regiones con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Los impactos del cambio climático se distribuirán de manera desigual.

6.5 Los aspectos intertemporales de la política sobre el cambio climático plantean asimismo cuestiones de equidad entre genera-

ciones, porque las generaciones futuras no pueden influir directamente en las políticas elegidas hoy que posiblemente afecten a su bienestar, y porque tal vez no sea posible compensar a esas generaciones por la disminución consiguiente de su bienestar. El descuento es el principal instrumento analítico que utilizan los economistas para comparar efectos económicos que se producen en diferentes momentos. La elección del tipo de descuento tiene fundamental importancia técnica en los análisis de políticas sobre el cambio climático, porque el horizonte de tiempo es sumamente largo, y los costos de mitigación suelen llegar mucho antes que los beneficios de los daños evitados. Cuanto más alto es el tipo de descuento, menores serán los beneficios futuros y más importancia tendrán los costos corrientes en el análisis.

6.6 La Convención reconoce en el Artículo 3.1 el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. Las acciones que trascienden las medidas “sin pesar”¹⁸ imponen costos a la generación actual. Las políticas de mitigación plantean inevitablemente cuestiones sobre cómo compartir los costos. Las intenciones iniciales para la limitación de las emisiones de las Partes del Anexo I representan un primer paso colectivo y convenido de esas Partes para abordar el cambio climático.

6.7 Los argumentos sobre la equidad pueden apoyar una diversidad de propuestas para distribuir los costos de mitigación. La mayoría de ellas se agrupan o combinan en dos enfoques: iguales asignaciones a las emisiones *per cápita* y asignaciones basadas en desviaciones incrementales de las emisiones nacionales de referencia (actuales o previstas). Las consecuencias del cambio climático para los países en desarrollo difieren con respecto a los países desarrolla-

¹⁷ En el lenguaje común, por equidad se entiende “la calidad de ser imparcial” o “algo cabal y justo”.

¹⁸ Las medidas “sin pesar” son aquellas cuyos beneficios, como menores costos de la energía y menos emisiones de contaminantes locales/regionales, igualan o superan su costo para la sociedad, excluidos los beneficios de la mitigación del cambio climático. A veces se denominan “medidas que merece la pena aplicar, de todos modos”.

dos. Los primeros tienen a menudo prioridades urgentes diferentes, instituciones más débiles, y son en general más vulnerables al cambio climático. Sin embargo, es probable que la parte de las emisiones de los países en desarrollo crezca todavía más para atender sus necesidades sociales y de desarrollo. Es probable que las emisiones de gases de efecto invernadero sean cada vez más globales, aunque subsistan al mismo tiempo grandes disparidades *per cápita*.

6.8 Entre países desarrollados y en desarrollo hay sustanciales variaciones en cuanto a la aplicación de los principios de equidad a la mitigación. Entre ellas figuran variaciones de emisiones históricas y acumulativas, emisiones actuales totales y *per cápita*,

intensidades de las emisiones y resultado económico, proyecciones y emisiones futuras y factores como riqueza, estructuras de energía y dotación de recursos.

6.9 Varios principios éticos, como la importancia de atender las necesidades fundamentales de la población, pueden ser pertinentes para abordar el cambio climático, pero la aplicación de principios desarrollados para orientar el comportamiento individual es compleja y nada sencilla cuando se trata de relaciones entre Estados. Las políticas sobre el cambio climático no deben agravar las disparidades existentes entre una región y otra, ni tratar de resolver todos los problemas de equidad.

DESARROLLO ECONÓMICO PARA PROCEDER EN FORMA SOSTENIBLE

7

7.1 El desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente son componentes del desarrollo sostenible interdependientes y que se refuerzan mutuamente, lo cual es el marco de nuestros esfuerzos para lograr una mejor calidad de vida para todos. En la CMCC se señala que las respuestas al cambio climático deben coordinarse con el desarrollo social y económico en forma integrada con el fin de evitar efectos adversos para éste último, teniendo plenamente en cuenta las legítimas necesidades prioritarias de los países en desarrollo para lograr el desarrollo sostenible y erradicar la pobreza. En la Convención se mencionan también las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las respectivas capacidades de todas las Partes para proteger el sistema climático. En esta sección se analiza brevemente lo que se sabe sobre los costos y los beneficios de las medidas de mitigación y de adaptación, puesto que se refieren, entre otras cosas, a la sostenibilidad del desarrollo económico y el medio ambiente.

Costos sociales del cambio climático

7.2 Los daños netos del cambio climático comprenden impactos relacionados y no relacionados con el mercado, en la medida en que pueden cuantificarse actualmente y, en ocasiones, los costos de adaptación. Los daños se expresan en términos netos para tener en cuenta que también hay algunos impactos benéficos del cambio climático, dominados empero por los costos de los daños. Los impactos no relacionados con el mercado, como salud humana, riesgo de mortalidad humana y daño a los ecosistemas, constituyen un componente importante de las estimaciones disponibles de los costos sociales del cambio climático. Sin embargo, las estimaciones de los daños no relacionados con el mercado son sumamente especulativas e incompletas, y motivo por tanto de gran incertidumbre al evaluar las consecuencias del cambio climático global para el bienestar humano.

7.3 Los textos analizados en que se cuantifican los daños totales del calentamiento de 2-3°C proporcionan una amplia gama de estimaciones puntuales de los daños, en vista del presunto cambio en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Las estimaciones acumuladas tienden a ser varios puntos porcentuales del PIB

mundial, y son, en general, estimaciones considerablemente más altas de daños a países en desarrollo como parte de su PIB. Las estimaciones acumuladas están sometidas a considerable incertidumbre, pero la gama de incertidumbre no puede deducirse de la literatura sobre el tema. No es posible interpretar la gama de estimaciones como intervalo de confianza, en vista de que las hipótesis y las metodologías difieren ampliamente en los estudios. La agregación probablemente encubra incluso mayores incertidumbres sobre los componentes del daño. En los planteamientos regionales o sectoriales para estimar las consecuencias del cambio climático figura una gama mucho más amplia de estimaciones de los efectos económicos netos. Para algunas áreas, los daños estimados son considerablemente mayores, y podrían afectar negativamente al desarrollo económico. Para otras, se estima que el cambio climático aumentará la producción económica y ofrecerá oportunidades de desarrollo económico. La igualación del valor de una vida estadística al nivel típico de la que se da en los países desarrollados aumentaría varias veces los daños monetizados, e incrementaría aún más la parte de los países en desarrollo en la estimación del daño total. Las islas pequeñas y las zonas costeras bajas son particularmente vulnerables. En estas estimaciones no se reflejan los daños debidos a posibles catástrofes en gran escala, como importantes cambios en la circulación oceánica.

Beneficios de la limitación del cambio climático

7.4 Los beneficios de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y de aumentar los sumideros son: a) la evitación de daños debidos al cambio climático y de costos de adaptación; y b) los beneficios económicos y medioambientales indirectos asociados con las políticas pertinentes, como reducciones en otros contaminantes producidos junto con los gases de efecto invernadero, la conservación de la diversidad biológica y la innovación tecnológica derivada de la respuesta al cambio climático.

Costos de adaptación

7.5 Se dispone de muchas opciones para adaptarse a los impactos del cambio climático y reducir así los daños para las economías

nacionales y los ecosistemas naturales. Existen opciones de adaptación en muchos sectores, desde la agricultura y la energía hasta la salud, la gestión de zonas costeras, las pesquerías en alta mar y actividades recreativas. Algunas de ellas ofrecen mejores posibilidades para afrontar los impactos actuales de la variabilidad del clima. No se dispone de estimaciones sistemáticas de los costos de adaptación para hacer frente a los impactos sobre la agricultura, la salud humana, el abastecimiento de agua y otros cambios. Cuando las medidas de adaptación son técnicamente factibles, los costos de adaptación, por ejemplo frente a la elevación del nivel del mar, pueden ser prohibitivamente onerosos para algunos países que no dispongan de ayuda exterior.

Costos y beneficios de la mitigación

7.6 Los costos de estabilizar las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero a determinados niveles y dentro de periodos temporales que impidan la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático dependerán fundamentalmente de la elección de la evolución temporal de las emisiones, los hábitos de consumo, los recursos y la disponibilidad de tecnología, así como de la elección de instrumentos de política. En el costo del programa de reducción influirán el ritmo de sustitución de capital, el tipo de descuento y el efecto de la investigación y el desarrollo. Si no se adoptan políticas cuanto antes para estimular las inversiones de sustitución eficientes al final de la vida económica de una planta o de un equipo (es decir, en el momento de rotación del capital) se impondrá un costo económico a la sociedad. La aplicación de reducciones de las emisiones en proporciones que puedan absorberse durante la rotación normal del capital probablemente sea una medida más económica que aplicar ahora una retirada prematura. La elección de procedimientos de reducción entraña, pues, un equilibrio entre los riesgos económicos de una rápida reducción ahora y el riesgo de la demora. Las medidas de mitigación aplicadas en forma que se capitalicen otros beneficios ambientales podrían ser rentables y mejorar el desarrollo sostenible. La evolución de actividades contaminantes que entrañan un aumento de las emisiones globales de gases de efecto invernadero puede reducirse mediante acciones coordinadas de grupos de países.

7.7 Si bien se han publicado muy pocos estudios de los costos que supone la estabilización de concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en los textos publicados figuran algunas estimaciones de los costos de diversos grados de reducción de las emisiones. Las estimaciones de los costos de mitigación varían mucho, según la elección de metodologías, hipótesis básicas, escenarios de emisión, instrumentos de política, año al que se refieran los datos, etc.

7.8 A pesar de considerables diferencias de opiniones, se coincide en que en los dos o tres próximos decenios podrán realizarse ganancias de rendimiento energético tal vez del 10% al 30% por encima de la referencia con un costo neto nulo o negativo. Con horizontes temporales más largos, que permitan una rotación más completa de capital y ofrezcan la posibilidad de que las políticas de investigación, desarrollo y demostración, y transformación del mercado influyan en ciclos de sustitución múltiples, tales posibilidades son mucho mayores. La magnitud de estas posibilidades "sin pesar" depende de la existencia de sustanciales imperfecciones del mercado o institucionales que impiden la aplicación de medidas rentables para reducir las emisiones. La principal cuestión es,

pues, el grado en que esas imperfecciones y obstáculos pueden superarse de manera rentable mediante iniciativas en el ámbito político.

7.9 **Países de la OCDE:** Si bien es difícil generalizar, los análisis de cima hacia abajo¹⁹ indican que los costos de las reducciones sustanciales por debajo de los niveles de las emisiones de CO₂ de 1990 pueden llegar a varios puntos del PIB. En el caso concreto de la estabilización de las emisiones a niveles de 1990, en la mayoría de los estudios se estima que en los próximos decenios puede llegarse a unos costos anuales que varían entre -0,5% del PIB (equivalente a un beneficio de unos 60 000 millones \$ en total para los países de la OCDE a los niveles de PIB actuales) y más del 2% del PIB (equivalente a una pérdida de unos 240 000 millones \$). No obstante, los estudios muestran igualmente que aplicando medidas apropiadas sobre el momento de la reducción, y disponiendo de alternativas de bajo costo, puede reducirse sustancialmente el importe de la factura global. Algunos estudios de base hacia arriba muestran que los costos de reducir las emisiones en un 20% en los países desarrollados en dos o tres decenios son insignificantes o negativos. Otros estudios de base hacia arriba sugieren que es posible lograr reducciones absolutas superiores al 50% a más largo plazo, sin aumentar, y quizá incluso reduciendo, los costos totales del sistema energético.

7.10 **Países con economías en transición:** El potencial de reducciones rentables en el uso de la energía puede ser considerable, pero el potencial realizable dependerá del modelo económico y del desarrollo tecnológico que se elija, así como de la disponibilidad de capital para seguir diferentes modalidades. Una cuestión esencial es el futuro de los cambios estructurales en esos países, que pueden variar espectacularmente el nivel de las emisiones de referencia y los costos de reducción de las emisiones.

7.11 **Países en desarrollo:** Los análisis indican que puede haber grandes posibilidades de reducir las emisiones de dióxido de carbono de combustibles fósiles a bajo costo en los países en desarrollo. Las modalidades de desarrollo que aumenten la eficiencia de la energía, fomenten tecnologías de energía alternativas, reduzcan la deforestación y mejoren la productividad agrícola y la producción de energía de biomasa pueden ser beneficiosas desde el punto de vista económico. Mas para ello se requiere una importante cooperación internacional y la transferencia de recursos económicos y de tecnología. Pero es probable que no sea insuficiente para compensar el rápido crecimiento de las emisiones de referencia, asociado al mayor crecimiento económico y al bienestar general. Tal vez sea costoso estabilizar las emisiones de dióxido de carbono.

7.12 Las estimaciones de los costos de varios enfoques concretos para mitigar las emisiones o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero varían considerablemente y dependen de las características de cada lugar. Así ocurre, por ejemplo, en el caso de las tecnologías de energía renovable, y en el de las opciones de secuestro de carbono. Estas últimas pueden compensar hasta el 15-30% de las emisiones globales

¹⁹ Para el análisis de los modelos de *cima hacia abajo* y *base hacia arriba*, véase el recuadro 1 en el Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo III del IPCC.

relacionadas con la energía en 1990 anualmente en los bosques durante los próximos 50 años. Los costos del secuestro de carbono, que son competitivos con las opciones de control de las fuentes, pueden diferir entre las diversas regiones del mundo.

7.13 El control de las emisiones de otros gases de efecto invernadero, especialmente metano y óxido nitroso, pueden ofrecer valiosas oportunidades de rentabilidad en algunos países. Aproximadamente el 10% de las emisiones de metano antropógenas pueden reducirse a un costo negativo o bajo mediante opciones de mitigación disponibles para fuentes de metano como sistemas de gas natural, gestión de desechos y agricultura. Los costos difieren entre países y regiones para algunas de estas opciones.

Subvenciones, imperfecciones del mercado y obstáculos

7.14 La economía mundial, y particularmente algunas economías nacionales, padecen diversas alteraciones de precios que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero, como algunas subvenciones a la agricultura y a combustibles y distorsiones en los precios del transporte. Varios estudios sobre este tema indican que, disminuyendo gradualmente las subvenciones a los combustibles, es posible obtener reducciones de las emisiones de 4 a 18% por ciento y aumentos en los ingresos reales.

7.15 En varios países se han realizado progresos en la reducción rentable de imperfecciones y obstáculos institucionales en los mercados merced a instrumentos de políticas basados en acuerdos voluntarios, incentivos de eficiencia de energía, normas sobre la eficiencia de productos y programas de adquisiciones para economizar energía con la intervención de fabricantes, además de reformas en la reglamentación de los servicios públicos. En las evaluaciones empíricas, muchos han observado que la relación costo-beneficio de aumentar la eficiencia de la energía es favorable, lo que sugiere la viabilidad práctica de realizar potenciales “sin pesar” a un costo neto negativo.

Valor de la mejor información y de la investigación

7.16 El valor de la mejor información sobre los procesos, impactos y respuestas al cambio climático probablemente sea agrande. Los análisis de las cuestiones económicas y sociales relacionadas con el cambio climático, especialmente en los países en desarrollo, reviste gran prioridad para la investigación. Se necesitan más análisis sobre los efectos de las opciones de respuesta en relación con el empleo, la inflación, el comercio, la competitividad y otras cuestiones públicas.

EL CAMINO QUE HABRÍA QUE SEGUIR

8

8.1 Las publicaciones científicas, técnicas, económicas y de ciencias sociales nos sugieren la manera de avanzar hacia el objetivo último de la Convención. Entre las posibles medidas figuran la mitigación del cambio climático merced a reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y a una mayor captación mediante sumideros, la adaptación al cambio climático observado y/o previsto, y la investigación, el desarrollo y la demostración con el fin de conocer mejor los riesgos del cambio climático y las posibles respuestas.

8.2 Subsisten incertidumbres relacionadas con el juicio de lo que constituyen interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático y lo que ha de hacerse para impedir las. En las publicaciones se indica, sin embargo, que se dispone de importantes oportunidades “sin pesar” en la mayoría de los países y que el riesgo del daño neto agregado debido al cambio climático, la consideración de aversión al riesgo y la aplicación del principio de precaución ofrecen razones para actuaciones que superan a las de “sin pesar”. La dificultad no estriba en hallar la mejor política hoy para los 100 años próximos, sino en elegir una estrategia prudente y ajustarla periódicamente, habida cuenta de la nueva información.

8.3 En las publicaciones se sugiere que las políticas flexibles y rentables basadas en incentivos e instrumentos económicos, así como instrumentos coordinados, pueden disminuir considerablemente los costos de mitigación o adaptación, o aumentar la rentabilidad de las

medidas para reducir las emisiones. Para que productores y consumidores puedan adaptarse rentablemente a los imperativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y estimular la inversión, la investigación, el desarrollo y la demostración se necesitan señales apropiadas a largo plazo.

8.4 La mayoría de las políticas y de las decisiones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar sus sumideros, y estabilizar finalmente su concentración en la atmósfera, ofrecerían oportunidades y desafíos para los sectores privado y público. Merced a una serie de respuestas y acciones nacionales e internacionales cuidadosamente seleccionadas para la mitigación, adaptación y mejora de los conocimientos se pueden reducir los riesgos que supone el cambio climático para los ecosistemas, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, la salud humana y otros sistemas naturales y socioeconómicos. Existen grandes diferencias entre países en cuanto al costo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y aumentar los sumideros, debido a su estado de desarrollo económico, opciones de infraestructura y base de recursos naturales. Mediante la cooperación internacional en un marco de acuerdos bilaterales, regionales o internacionales pueden disminuirse considerablemente los costos globales de reducir las emisiones y sus escapes. Aplicadas meticolosamente, esas respuestas pueden ayudar a afrontar al desafío del cambio climático y a mejorar las perspectivas del desarrollo económico sostenible para todos los pueblos y naciones.

Equipo de redacción de la síntesis

Bert Bolin (Presidente del IPCC y Presidente del Equipo de Redacción)
John T. Houghton; Gylvan Meira Filho; Robert T. Watson; M. C. Zinyowera; James Bruce; Hoesung Lee; Bruce Callander; Richard Moss; Erik Haites; Roberto Acosta Moreno; Tariq Banuri; Zhou Dadi; Bronson Gardner; José Goldemberg; Jean-Charles Hourcade; Michael Jefferson; Jerry Melillo; Irving Mintzer; Richard Odingo; Martin Parry; Martha Perdomo; Cornelia Quennet-Thielen; Pier Vellinga; Narasimhan Sundararaman (Secretario del IPCC)

Referencias

1. IPCC, 1990: i) El Cambio Climático, Evaluación Científica del IPCC
ii) El Cambio Climático, Evaluación de los Impactos del IPCC
iii) El Cambio Climático, Estrategias de Respuesta del IPCC
iv) Resumen General y Resúmenes para Responsables de Políticas
2. IPCC, 1992: i) Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment
ii) Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment
3. IPCC, 1994: Cambio Climático 1994, Forzamiento radiativo del cambio climático, y Evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC
4. IPCC, 1995: i) *Cambio Climático 1995*, Segunda síntesis de evaluación del IPCC de la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
ii) *Cambio Climático 1995*, La ciencia del cambio climático
iii) *Cambio Climático 1995*, Análisis científicos y técnicos de impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático
iv) *Cambio Climático 1995*, Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS:

LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

GRUPO DE TRABAJO I DEL IPCC

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde 1990, se han hecho grandes adelantos en la comprensión de la ciencia del cambio climático¹ y se están obteniendo nuevos datos y análisis.

1. SIGUEN AUMENTANDO LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las concentraciones de gases de efecto invernadero desde la época preindustrial (es decir, desde 1750 aproximadamente) han producido un *forzamiento radiativo*² positivo del clima que tiende a calentar la superficie y a producir otros cambios climáticos.

- Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, entre otros el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) han aumentado mucho, es decir unos 30%, 145% y 15%, respectivamente (valores para 1992). Estas tendencias se pueden atribuir en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio en el ordenamiento de las tierras y a la agricultura.
- Las tasas de crecimiento de las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O se mantuvieron bajas a principios del decenio de 1990. Si bien, no se puede explicar totalmente esta variación aparentemente natural, los datos recientes indican que las tasas de crecimiento se pueden comparar en la actualidad con las tasas medias del decenio de 1980.
- El forzamiento radiativo directo de los gases de efecto invernadero duraderos (2.45 Wm⁻²) se debe sobre todo a los aumentos de las concentraciones de CO₂ (1.56 Wm⁻²), CH₄ (0.47 Wm⁻²) y N₂O (0.14 Wm⁻²) (valores para 1992).
- Numerosos gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo (desde varios decenios hasta siglos para el CO₂ y el N₂O), por lo tanto afectan el forzamiento radiativo en escalas de tiempo de larga duración.
- El forzamiento radiativo directo debido a los CFC y los HCFC combinados es de 0,25 Wm⁻². Sin embargo, su forzamiento radiativo neto se reduce a 0,1 Wm⁻² porque han ocasionado el agotamiento del ozono estratosférico que produce un forzamiento radiativo negativo.
- La velocidad de aumento de la concentración de CFC, pero no de HCFC, se ha reducido tanto que es casi nula. Se prevé que las concentraciones de CFC y HCFC, y el resultante agotamiento del ozono, disminuirán considerablemente para 2050 gracias a la puesta en práctica del Protocolo de Montreal y sus enmiendas y ajustes.
- En la actualidad, varios gases de efecto invernadero duraderos (en especial el HFC (un sustituto del CFC), el PFC y el SF₆) contribuyen poco al forzamiento radiativo, pero su crecimiento previsto podría contribuir en varios puntos porcentuales al forzamiento radiativo en el siglo XXI.
- Si las emisiones de dióxido de carbono se mantienen a niveles parecidos a los actuales (1994), se producirá una tasa de crecimiento casi constante de las concentraciones atmosféricas durante, al menos, dos siglos, y se alcanzarían unos 500 ppmv para fines del siglo XXI (aproximadamente el doble de la concentración de la época preindustrial que era de 280 ppmv).
- Una serie de modelos del ciclo del carbono indica que se podría alcanzar la estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO₂ en 450, 650 ó 1000 ppmv sólo si las emisiones mundiales antropogénicas de CO₂ descienden a los niveles de 1990, en unos 40, 110 ó 240 años a partir del presente, respectivamente, y si a la postre disminuyen hasta alcanzar niveles inferiores a los del decenio de 1990.
- Cualquier posible estabilización de la concentración depende más de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ desde el presente hasta que se alcance la estabilización que de la manera en que esas emisiones cambien en el período. Esto significa que, para un valor dado de concentración estabilizada, mayores emisiones en los primeros decenios precisan menores emisiones posteriormente. En la serie de casos de estabilización estudiados, la estabilización a 450, 650 ó 1000 ppmv de emisiones antropogénicas acumuladas en el período de 1991 a 2100 se situaba en 630 GtC³, 1080 GtC, y 1410 GtC, respectivamente (± el 15% en cada caso). A efectos de comparación, las emisiones correspondientes acumuladas de los escenarios IS92 del IPCC varían entre 770 y 2190 GtC.
- La estabilización de las concentraciones de CH₄ y N₂O a los niveles actuales supone reducciones de emisiones antropogénicas del 8% y más del 50%, respectivamente.
- Hay indicios de que las concentraciones del ozono troposférico en el hemisferio norte han aumentado desde la época preindustrial debido a las actividades humanas, y de que han producido un forzamiento radiativo positivo. Este forzamiento todavía no está bien definido, pero se estima que es de unos 0,4 Wm⁻² (15% del cual se debe a los gases de efecto invernadero duraderos). Sin embargo, las observaciones de los últimos decenios muestran que la tendencia ascendente ha disminuido o se ha detenido.

¹ El Grupo de Trabajo I del IPCC se refiere al cambio climático como a cualquier cambio climático en el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de las actividades humanas. Éste difiere del uso que se da en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) que se refiere al cambio climático atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global, además de la variabilidad natural del clima en períodos de tiempo comparables.

² Indica la importancia de un mecanismo potencial del cambio climático. El forzamiento radiativo es la perturbación del balance energético del sistema atmósfera-Tierra (en vatios por metro cuadrado [Wm⁻²]).

³ 1 GtC = Gigatonelada de dióxido de carbono, es decir mil millones de toneladas de carbono.

2. LOS AEROSOLES ANTROPÓGENOS TIENDEN A PRODUCIR FORZAMIENTOS RADIATIVOS NEGATIVOS

- Los aerosoles troposféricos (partículas microscópicas transportadas por el aire) que resultan de la combustión de combustibles fósiles, de la combustión de la biomasa y de otras fuentes, han dado lugar a un forzamiento negativo directo de unos $0,5 \text{ Wm}^{-2}$, como media mundial, y es posible que también sean la causa de un forzamiento negativo indirecto de la misma magnitud. Si bien el forzamiento negativo se centra en determinadas regiones y zonas subcontinentales, puede afectar los esquemas climáticos a escala continental o hemisférica.
- A nivel local, el forzamiento debido a los aerosoles puede ser lo suficientemente grande como para considerarlo más que una simple compensación del forzamiento positivo producido por los gases de efecto invernadero.
- Los aerosoles antropógenos, a diferencia de los gases de efecto invernadero duraderos, tienen poca duración en la atmósfera, por lo tanto su forzamiento radiativo se ajusta muy rápido a los aumentos y reducciones de las emisiones.

3. EL CLIMA HA CAMBIADO EN EL ÚLTIMO SIGLO

El tiempo puede variar mucho, año tras año, en cualquier lugar, pero los análisis de los datos meteorológicos y de otros tipos correspondientes a zonas extensas y durante períodos de varios decenios o más han dado pruebas de la existencia de cambios sistemáticos importantes.

- La temperatura media mundial de la superficie ha aumentado entre unos $0,3$ y $0,6^\circ\text{C}$ desde fines del siglo XIX. Los datos adicionales obtenidos desde 1990 y los análisis que se han vuelto a realizar desde entonces no alteran de forma significativa el rango del aumento estimado.
- Los últimos años han sido de los más cálidos desde 1860, es decir en el período de registro instrumental, a pesar del efecto de enfriamiento de 1991 producido por la erupción volcánica del Monte Pinatubo.
- Las temperaturas nocturnas sobre tierra en general han aumentado más que las temperaturas diurnas.
- Los cambios regionales son también evidentes. Por ejemplo, el reciente calentamiento ha sido mayor sobre los continentes de latitud media en invierno y en primavera, con algunas zonas de enfriamiento, como el Atlántico Norte. Las precipitaciones han aumentado sobre tierra en latitudes altas del hemisferio norte, sobre todo durante la estación fría.
- El nivel mundial del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y gran parte de ese aumento está relacionado con el incremento de la temperatura media mundial.
- No se dispone de los datos adecuados para determinar si, a nivel mundial, se han producido cambios duraderos, a lo largo del siglo XX, en la variabilidad climática o en los valores extremos de las variables meteorológicas. A nivel regional hay indicios claros de cambios en algunos valores extremos así como en indicadores de la

variabilidad climática (por ejemplo, menos heladas en varias zonas extensas, aumento en la proporción de lluvias debidas a fenómenos extremos en Estados contiguos de Estados Unidos). Varios de esos cambios se han producido en el sentido del aumento de la variabilidad. En otros casos lo que ha habido es un descenso de ella.

- Entre 1990 y mediados de 1995, la fase de calentamiento constante del fenómeno *El Niño-Oscilación Austral* (que causa sequías e inundaciones en numerosas zonas) fue excepcional respecto a la acostumbrada en los últimos 120 años.

4. EL BALANCE DE LAS PRUEBAS SUGIERE UNA INFLUENCIA HUMANA PERCEPTIBLE EN EL CLIMA MUNDIAL

Cualquier efecto humano sobre el clima se añadirá al “ruido” de fondo de la variabilidad climática natural, que resulta de las fluctuaciones internas y de las causas externas como la variabilidad solar o las erupciones volcánicas. El objetivo de los estudios de detección y atribución es distinguir entre las influencias antropogénicas y naturales. La “detección del cambio” es el proceso de mostrar que un cambio climático observado es muy raro desde el punto de vista estadístico, pero no da las razones del cambio. La “atribución” es el proceso de establecer las relaciones de causa y efecto, incluso la comprobación de las diversas hipótesis que se propongan.

Desde el Informe del IPCC (1990), se han hecho grandes adelantos para tratar de distinguir entre las influencias naturales y las antropogénicas en el clima. Este progreso se ha logrado al incluir los efectos de los aerosoles sulfatados, además de los gases de efecto invernadero, obteniéndose así estimaciones más reales del forzamiento radiativo debido a las actividades humanas. Estas estimaciones se han utilizado en modelos climáticos para lograr simulaciones más completas de la ‘señal’ del cambio climático debido a actividades humanas. Asimismo, nuevas simulaciones con modelos acoplados atmósfera-oceano han proporcionado información importante sobre la variabilidad climática interna natural en una escala temporal desde decenios hasta siglos. Otra área importante de progreso a partir de ahora es el cambio de enfoque que pasa del estudio de los cambios medios a nivel mundial a las comparaciones entre las estructuras espaciales y temporales del cambio que se observan y aquellas que resultan de los modelos climáticos.

Los resultados más importantes relativos a las esferas de detección y atribución son:

- Las limitadas pruebas disponibles de indicadores climáticos sugieren que la temperatura media mundial del siglo XX es, al menos, tan cálida como la de cualquier otro siglo a partir de 1400 A.C. Los datos anteriores a este siglo son muy escasos para poder obtener una estimación fiable de la temperatura media mundial.
- En las evaluaciones del significado estadístico de la tendencia observada de la temperatura media mundial durante el último siglo se han utilizado una variedad de nuevas estimaciones de la variabilidad natural interna así como la forzada por factores externos. Esas estimaciones se derivan de datos instrumentales, paleodatos, modelos climáticos sencillos y complejos, y modelos estadísticos adaptados a las observaciones. La mayoría de esos estudios ha detectado un cambio importante y muestra que es probable

- que la tendencia del calentamiento observado no sea totalmente de origen natural.
- Pruebas recientes más convincentes que atribuyen a las actividades humanas un efecto sobre el clima surgen de estudios basados en esquemas, en los cuales la respuesta climática que dan los modelos cuando en ellos se tiene en cuenta tanto el forzamiento de los gases de efecto invernadero como el de los aerosoles sulfatados antropógenos se compara con esquemas geográficos, estacionales y verticales observados de la variación de la temperatura atmosférica. Esos estudios muestran que las correspondencias de dichos esquemas aumentan con el tiempo, como podría esperarse dado que la señal antropogénica aumenta en fuerza. Además, es muy poco probable que esas correspondencias puedan ocurrir por casualidad como resultado sólo de una variabilidad interna natural. Los esquemas verticales del cambio también son incompatibles con los previstos para un forzamiento solar o volcánico.
 - Nuestra capacidad para cuantificar la influencia humana en el clima mundial está limitada actualmente porque la señal prevista apenas está surgiendo del ruido de la variabilidad natural, y porque existen incertidumbres en factores clave. Entre estos se incluyen la magnitud y los patrones de la variabilidad natural a largo plazo, así como el forzamiento que evoluciona con el tiempo, y la respuesta, a causa de los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y los aerosoles, y los cambios en la superficie terrestre. Sin embargo, el balance de las pruebas sugiere que existe una influencia humana perceptible en el cambio mundial.

5. SE PREVÉ QUE EL CLIMA SEGUIRÁ CAMBIANDO EN EL FUTURO

El IPCC ha elaborado una serie de escenarios (IS92a-f) de las futuras emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles precursores basándose en hipótesis relativas al crecimiento de la población y la economía, el ordenamiento de las tierras, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía y la mezcla de combustibles en el período entre 1990 y 2100. Al comprender el ciclo mundial del carbono y la química atmosférica, se pueden utilizar estas emisiones para proyectar concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles y la perturbación del forzamiento radiativo natural. Los modelos climáticos pueden utilizarse para desarrollar proyecciones del clima futuro.

- El creciente realismo de las simulaciones del clima actual y pasado de modelos climáticos acoplados atmósfera-océano ha aumentado la confianza en su uso para la proyección del futuro cambio climático. Persisten algunas incertidumbres importantes, pero se han tomado en cuenta en toda la gama de proyecciones del cambio de la temperatura media mundial y del nivel del mar.
- Para el escenario intermedio de emisiones del IPCC (IS92a), tomando el valor “óptimo” de la sensibilidad climática⁴ e incluyendo los efectos de futuros aumentos de aerosoles, los modelos prevén un aumento de la temperatura media de la superficie mundial, con relación a 1990, de 2°C para el año 2100. Esta estimación es casi un tercio inferior a la “estimación óptima” de 1990. Ello se debe, sobre todo, a escenarios en los que las emisiones son más bajas (en particular del CO₂ y los CFC), la inclusión del efecto de enfriamiento de los aerosoles de sulfato, y a las mejoras en el tratamiento del ciclo del carbono. Combinando el escenario del IPCC con menores emisiones (IS92c) con un valor “bajo” de la sensibilidad climática e incluyendo los efectos de cambios futuros en las concentraciones de aerosoles se obtiene un aumento proyectado de aproximadamente 1°C para el año 2100. La proyección correspondiente para el escenario óptimo del IPCC (IS92e) combinado con un valor “alto” de la sensibilidad climática da un calentamiento de unos 3,5°C. En todos los casos, la tasa media de calentamiento probablemente será mayor que cualquiera que se haya registrado en los últimos 10 000 años, pero los cambios reales anuales y decenales incluirían una importante variabilidad natural. Los cambios regionales de la temperatura podrían diferir mucho del valor medio mundial. Debido a la inercia térmica de los océanos, sólo el 50-90% del posible cambio en el equilibrio de la temperatura se producirá en 2100 y esta seguirá aumentando más allá de 2100, incluso si las concentraciones de gases de efecto invernadero se estabilizan para ese año.
- Se prevé que el nivel medio del mar aumente como resultado de la expansión térmica de los océanos y la fusión de los hielos y glaciares. Para el escenario IS92a, tomando los valores de la “estimación óptima” de las sensibilidades climática y de fusión del hielo al calentamiento, e incluyendo los efectos de cambios futuros en los aerosoles, los modelos prevén un aumento del nivel del mar de unos 50 cm desde el presente hasta el año 2100. Esta estimación es aproximadamente 25% inferior a la “estimación óptima” de 1990 debido a la proyección de temperatura inferior, pero también refleja mejoras en los modelos climáticos y de fusión del hielo. Combinando el escenario de la emisión inferior (IS92c) con las sensibilidades climáticas y de fusión del hielo “bajas” e incluyendo los efectos de los aerosoles, se prevé un aumento del nivel del mar de unos 15 cm desde el presente hasta el 2100. La proyección correspondiente para el escenario de emisión óptima (IS92e) combinado con las sensibilidades climáticas y de fusión del hielo “altas” da un aumento del nivel del mar de 95 cm desde el presente hasta el 2100. El nivel del mar continuará aumentando a un ritmo similar en los siglos posteriores al año 2100, incluso si las concentraciones de gases de efecto invernadero se estabilizan para ese entonces, y continuará aumentando incluso después de que se establezca la temperatura media mundial. Los cambios regionales del nivel del mar pueden diferir del valor medio mundial debido a un movimiento de las tierras y a los actuales cambios oceánicos.
- Se tiene más confianza en las proyecciones a escala hemisférica y continental de modelos climáticos acoplados atmósfera-océano que en las proyecciones regionales, para los que la confianza sigue siendo baja. Asimismo, se tiene más confianza en las proyecciones de temperatura que en los cambios hidrológicos.

⁴ En los informes del IPCC, la sensibilidad climática se refiere generalmente al cambio a largo plazo (equilibrio) en la temperatura media mundial de la superficie tras la duplicación de la concentración del equivalente atmosférico de CO₂. De manera más general, se refiere al cambio del equilibrio en la temperatura del aire de la superficie tras un cambio de una unidad en el forzamiento radiativo (°C/Wm⁻²).

- Todos los modelos de simulación, que se fuercen con aumentos de concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles o sólo con aumentos de concentraciones de gases de efecto invernadero, muestran un mayor calentamiento en la superficie de la tierra que en el mar en invierno, un calentamiento máximo en la superficie en las altas latitudes del norte en invierno, un pequeño calentamiento de la superficie en el Ártico en verano, un ciclo hídrico medio mundial más intenso, y una mayor precipitación y humedad del suelo en altas latitudes en invierno. Todos esos cambios están asociados con mecanismos físicos identificables.
- Por otra parte, la mayoría de las simulaciones muestran una reducción en la fuerza de la circulación termohalina del Atlántico Norte y una reducción generalizada en el rango de variación diurna de las temperaturas. Estas características también pueden explicarse en términos de mecanismos físicos identificables.
- Los efectos directos e indirectos de los aerosoles antropógenos tienen un importante efecto en las proyecciones. En general, las magnitudes de los cambios de temperatura y precipitación son más pequeñas cuando se representan los efectos de los aerosoles, sobre todo en las latitudes medias septentrionales. Cabe señalar que el efecto de enfriamiento de los aerosoles no es simplemente contrarrestar el calentamiento producido por los gases de efecto invernadero, sino que tienen también un efecto importante en algunos esquemas de cambio climático continentales, sobre todo en el hemisferio de verano. Por ejemplo, los modelos que sólo tienen en cuenta el impacto de los gases de efecto invernadero en general proyectan un aumento en la precipitación y en la humedad del suelo en las regiones asiáticas afectadas por los monzones de verano, mientras que los modelos que incluyen, además, varios efectos de los aerosoles sugieren que las precipitaciones monzónicas disminuirán. La distribución espacial y temporal de aerosoles influirá mucho en las proyecciones regionales que son, por lo tanto, menos seguras.
- Se prevé un calentamiento general que conducirá a un aumento de la ocurrencia de días extremadamente cálidos y una disminución de días extremadamente fríos.
- Las temperaturas más cálidas producirán un ciclo hidrológico más vigoroso; ello se traducirá en perspectivas de sequías y/o inundaciones más severas en algunos lugares y sequías y/o inundaciones menos severas en otros. Varios modelos indican un aumento en la intensidad de las precipitaciones y prevén más episodios de precipitaciones extremas. El conocimiento actual es insuficiente para decir si habrán cambios que incidirán en la ocurrencia o la distribu-

ción geográfica de fenómenos tormentosos intensos, por ejemplo ciclones tropicales.

- Un cambio climático rápido sostenido podría cambiar el equilibrio competitivo entre las especies e incluso ocasionar la extinción paulatina de los bosques, alterando la absorción terrestre y liberando carbono. Se desconoce la magnitud, pero podría ser entre cero y 200 GtC en uno o dos siglos, dependiendo de la tasa de cambio climático.

6. TODAVÍA EXISTEN MUCHAS INCERTIDUMBRES

Numerosos factores limitan actualmente nuestra capacidad de proyectar y detectar el futuro cambio climático. En particular, para reducir las incertidumbres se requiere trabajar más en las siguientes esferas prioritarias:

- estimación de las emisiones futuras y los ciclos biogeoquímicos (incluidos fuentes y sumideros) de los gases de efecto invernadero, aerosoles, y aerosoles precursores y proyecciones de futuras concentraciones y propiedades radiativas;
- representación de procesos climáticos en modelos, en especial interacciones asociadas con las nubes, los océanos, el hielo marino y la vegetación, para mejorar las proyecciones sobre la velocidad y la forma del cambio climático a escala regional;
- recopilación sistemática de observaciones instrumentales y representativas duraderas de variables de sistemas climáticos (por ejemplo, datos solares, componentes atmosféricos del balance energético, ciclo hídrico, características de los océanos y cambios del ecosistema) para probar el modelo, evaluar la variabilidad temporal y regional e identificar y atribuir estudios.

Los grandes y rápidos cambios futuros no previstos del sistema climático (como ha ocurrido en el pasado) son por naturaleza difíciles de predecir. Esto implica que los futuros cambios climáticos pueden también incluir “sorpresas”. En particular, estas surgen de la naturaleza no lineal del sistema climático. En especial, si los sistemas no lineales son rápidamente forzados pueden tener este comportamiento inesperado. Se pueden hacer progresos investigando los procesos no lineales y los subcomponentes del sistema climático. Ejemplos de dicho comportamiento no lineal son los rápidos cambios de circulación en el Atlántico Norte y las interacciones asociadas con los cambios del ecosistema terrestre.

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS:

ANÁLISIS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS DE IMPACTOS,

ADAPTACIONES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

GRUPO DE TRABAJO II DEL IPCC

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: ANÁLISIS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS DE IMPACTOS, ADAPTACIONES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

1. ÁMBITO DE EVALUACIÓN

El cometido del Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) era examinar el conocimiento actual de los impactos del cambio climático sobre los sistemas físicos y ecológicos, la salud humana y los sectores socioeconómicos. El Grupo de Trabajo II recibió también el encargo de examinar la información disponible sobre la viabilidad técnica y económica de una serie de posibles estrategias de adaptación y mitigación. Tal evaluación ofrece información científica, técnica y económica que puede utilizarse, entre otras cosas, para evaluar si la gama prevista de impactos plausibles constituye “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”, como se dice en Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), y evaluar las opciones de adaptación y mitigación que puedan utilizarse para avanzar hacia el objetivo final de la CMCC (véase el Recuadro 1).

2. NATURALEZA DEL PROBLEMA

Las actividades humanas aumentan las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero — que tienden a calentar la

RECUADRO 1. OBJETIVO ÚLTIMO DE LA CMCC (ARTÍCULO 2)

“...la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

atmósfera — y, en algunas regiones, de aerosoles, que tienden a enfriarla. Está previsto que esos cambios en los gases de efecto invernadero y en los aerosoles, tomados conjuntamente, entrañen cambios regionales y mundiales en el clima y en los parámetros relacionados con el clima, como temperatura, precipitación, humedad del suelo, y nivel del mar. Sobre la base de la serie de sensibilidades del clima a los aumentos de las concentraciones de gases de efecto

CUADRO 1: RESUMEN DE LAS HIPÓTESIS DE LOS SEIS ESCENARIOS ALTERNATIVOS DEL IPCC 1992

Escenario	Población	Crecimiento económico	Abastecimiento energético
IS92a,b	Banco Mundial 1991 11.300 millones para 2100	1990–2025: 2,9% 1990–2100: 2,3%	12.000 EJ combustible convencional 13.000 EJ de gas natural El costo de la energía solar desciende a \$0,075/kWh 191 EJ anual de biocombustibles a \$70 el barril*
IS92c	Caso medio-bajo NU 6.400 millones para 2100	1990–2025: 2,0% 1990–2100: 1,2%	8.000 EJ combustible convencional 7.300 EJ de gas natural. El costo de la energía nuclear desciende en un 0,4% anual
IS92d	Caso medio-bajo NU 6.400 millones para 2100	1990–2025: 2,7% 1990–2100: 2,0%	Petróleo y gas lo mismo que IS92c El costo de la energía solar desciende a \$0,065/kWh 272 EJ de biocombustibles a \$50 el barril
IS92e	Banco Mundial 1991 11.300 millones para 2100	1990–2025: 3,5% 1990–2100: 3,0%	18.400 EJ combustible convencional El gas lo mismo que IS92a,b. Eliminación progresiva de la energía nuclear para 2075
IS92f	Caso medio-alto NU 17.600 millones para 2100	1990–2025: 2,9% 1990–2100: 2,3%	Petróleo y gas lo mismo que IS92e El costo de la energía solar desciende a \$0,083/kWh El costo de la energía nuclear aumenta a \$0,09/kWh

*Factor de conversión aproximado: 1 barril = 6 GJ.

Fuente: IPCC, 1992: *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Section A3, preparado el Grupo de trabajo I del IPCC [J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K. Varney (eds.)] y OMM/PNUMA. Cambridge University Press, Cambridge, R.U., 200 págs.

invernadero comunicadas por el Grupo de Trabajo I del IPCC, y de las gamas plausibles de las emisiones (IPCC IS92; véase el Cuadro 1), modelos climáticos, teniendo en cuenta el efecto de los gases de efecto invernadero y los aerosoles, se prevé un aumento de la temperatura media global en la superficie del orden de 1-3,5°C para 2100, y un incremento asociado del nivel del mar del orden de 15-95 cm. La fiabilidad de las predicciones a escala regional es todavía reducida, y el grado en que puede cambiar la variabilidad del clima, incierto. Sin embargo, se han identificado cambios potencialmente graves, incluido un aumento en algunas regiones de la incidencia de fenómenos extremos de elevadas temperaturas, crecidas y sequías, con las consecuencias resultantes para incendios, brotes de plagas, composición, estructura, y funcionamiento del ecosistema, incluida la productividad primaria.

La salud humana, los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos y los sistemas socioeconómicos (por ejemplo, agricultura, silvicultura, pesquerías y recursos hídricos) son todos vitales para el desarrollo y el bienestar humanos así como sensibles a los cambios del clima. En tanto que muchas regiones probablemente sufran los efectos adversos del cambio climático — algunos de los cuales son potencialmente irreversibles — hay efectos del cambio climático que pueden resultar benéficos. Por lo tanto, quizá algunos sectores de la sociedad tengan que afrontar diversos cambios y hayan de adaptarse a ellos.

Los responsables de políticas habrán de responder a los riesgos que suponen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero, y ello con considerables incertidumbres científicas. Procede considerar esas incertidumbres en el contexto de la información que indique que los cambios ambientales inducidos por el clima no pueden invertirse rápidamente, si es que es posible hacerlo, debido a las dilatadas escalas de tiempo vinculadas al sistema climático (véase el Recuadro 2). Las decisiones adoptadas en los próximos años

pueden limitar la gama de posibles opciones políticas en el futuro, porque si a corto plazo las emisiones continúan siendo altas se requerirán mayores reducciones en el futuro para lograr alcanzar una concentración dada. Si se demora la actuación, podrán reducirse los costos globales de mitigación en razón de los posibles avances tecnológicos, pero pueden aumentar tanto la velocidad como la magnitud final del cambio climático, y por tanto los costos que suponen la adaptación y los daños.

Los responsables de políticas habrán de decidir el grado en que desean tomar medidas preventivas para atenuar las emisiones de gases de efecto invernadero y potenciar la flexibilidad de los sistemas vulnerables mediante la adaptación. La incertidumbre no significa que una nación o la comunidad mundial no puedan afrontar en mejores condiciones la amplia gama de posibles cambios climáticos o protegerse contra resultados futuros potencialmente costosos. Si se aplazan esas medidas, una nación o el mundo mal preparado tendrán que hacer frente a los cambios adversos, y podrán aumentar las posibilidades de consecuencias irreversibles o sumamente costosas. Las opciones para adaptarse al cambio o mitigarlo que pueden justificarse actualmente por otras razones (como disminución de la contaminación del aire y del agua) y para que la sociedad sea más flexible o adaptable a los efectos adversos previstos del cambio climático parecen particularmente deseables.

3. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

En el Artículo 2 de la CMCC se reconoce expresamente la importancia de los ecosistemas naturales, la producción de alimentos y el desarrollo económico sostenible. En este informe se abordan la *sensibilidad*, *adaptabilidad* y *vulnerabilidad* potenciales de los sistemas ecológicos y socioeconómicos — inclusive la hidrología y la gestión de recursos hídricos, la infraestructura y la salud humana — a los cambios del clima (véase el Recuadro 3).

RECUADRO 2. ESCALAS TEMPORALES DE PROCESOS QUE INFLUYEN EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

- Rotación del capital de inversión responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero: años a decenios (sin retirada prematura)
 - Estabilización de concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero de larga vida con un nivel estable de emisiones de gases de efecto invernadero: decenios a milenios
 - Equilibrio del sistema climático con un nivel estable de concentraciones de gases de efecto invernadero: decenios a siglos
 - Equilibrio del nivel del mar con un clima estable: siglos
 - Recuperación/rehabilitación de sistemas ecológicos dañados o perturbados: decenios a siglos
- (algunos cambios, como extinción de especies, son irreversibles, y tal vez sea imposible reconstruir y restablecer algunos ecosistemas)

RECUADRO 3. SENSIBILIDAD, ADAPTABILIDAD Y VULNERABILIDAD

La sensibilidad es el grado en que un sistema reacciona a un cambio en las condiciones climáticas (por ejemplo, la amplitud del cambio en la composición, la estructura y el funcionamiento de ecosistemas, inclusive la productividad primaria, resultante de determinado cambio de temperatura o precipitación)

La adaptabilidad se refiere al grado en que es posible efectuar ajustes en las prácticas, los procesos o las estructuras de sistemas en función de los cambios previstos o reales del clima. La adaptación puede ser espontánea o planificada, y puede realizarse en respuesta a cambios en las condiciones o anticipándose a ellos.

La vulnerabilidad define el grado en que el cambio del clima puede ser perjudicial o nocivo para un sistema. No sólo depende de la sensibilidad del sistema, sino también de su capacidad para adaptarse a nuevas condiciones climáticas.

Tanto la magnitud como la velocidad del cambio climático son importantes para determinar la sensibilidad, la adaptabilidad y la vulnerabilidad de un sistema.

El cambio climático de origen humano agrega una nueva presión importante. Dicho cambio representa una importante presión adicional, sobre todo para los numerosos sistemas ecológicos y socioeconómicos afectados ya por la contaminación, las crecientes demandas de recursos, y las prácticas de gestión no sostenibles. Los sistemas más vulnerables son aquellos cuya sensibilidad a los cambios climáticos es mayor y menor su capacidad de adaptación.

La mayoría de los sistemas son sensibles al cambio climático. Los sistemas ecológicos naturales, los sistemas socioeconómicos, y la salud humana son todos sensibles a la magnitud y a la velocidad del cambio climático.

Es difícil cuantificar los impactos, y el alcance de los estudios actuales es limitado. Si bien en el último decenio ha mejorado nuestro conocimiento, y pueden elaborarse estimaciones cualitativas, es difícil hacer proyecciones cuantitativas de los impactos del cambio climático para determinado sistema en un lugar dado, porque las predicciones del cambio climático a escala regional son inciertas; el conocimiento actual de numerosos procesos críticos es limitado, y los sistemas están sometidos a múltiples presiones climáticas y no climáticas, cuyas interacciones no siempre son lineales o aditivas. En la mayoría de los estudios sobre el impacto se ha evaluado cómo reaccionarían los sistemas al cambio climático resultante de una duplicación arbitraria de concentraciones equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Además, en muy pocos estudios se han considerado las reacciones dinámicas al aumento constante de concentraciones de gases de efecto invernadero; y en menos aún se han examinado las consecuencias de aumentos superiores a la duplicación de las concentraciones equivalentes de CO₂ en la atmósfera o se han evaluado las implicaciones de múltiples factores de presión.

El éxito de la adaptación depende de los avances tecnológicos, los arreglos institucionales, la disponibilidad de recursos y el intercambio de información. Con los avances tecnológicos generalmente han aumentado las opciones de adaptación para sistemas gestionados como la agricultura y el abastecimiento de agua. Ahora bien, muchas regiones del mundo tienen un acceso limitado a esas tecnologías y a información apropiada. La eficacia y el uso rentable de estrategias de adaptación dependerán de la disponibilidad de recursos económicos, la transferencia de tecnología y prácticas culturales, educativas, de gestión, institucionales, jurídicas y reglamentarias, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. La adaptación se facilitará incorporando las preocupaciones por el cambio climático en las decisiones sobre utilización de recursos y desarrollo, así como en los planes para programar regularmente las inversiones en infraestructura.

La vulnerabilidad aumenta al disminuir la capacidad de adaptación. La vulnerabilidad de la salud humana y de los sistemas socioeconómicos — y, en menor grado, de los ecológicos — depende de las circunstancias económicas y de la infraestructura institucional. Esto quiere decir que los sistemas son normalmente más vulnerables en los países en desarrollo, donde las circunstancias económicas e institucionales son menos favorables. La gente que vive en tierras áridas o semiáridas, en zonas costeras bajas, en zonas con escasez de agua o propensas a las inundaciones, o en pequeñas islas son particularmente

vulnerables al cambio del clima. Algunas regiones son ahora más vulnerables a riesgos como tormentas, crecidas y sequías, debido a la mayor densidad demográfica en áreas sensibles como cuencas fluviales y llanuras costeras. Las actividades humanas, que fragmentan numerosos paisajes, han intensificado la vulnerabilidad de ecosistemas poco o nada gestionados. La fragmentación limita las posibilidades de adaptación natural y la posible eficacia de las medidas para facilitar la adaptación en esos sistemas, como la provisión de corredores migratorios. Lo más probable es que los efectos del cambio del clima a corto plazo sobre los sistemas ecológicos y socioeconómicos se deban a cambios en la intensidad y en la distribución estacional y geográfica de riesgos meteorológicos comunes como tormentas, crecidas y sequías. En la mayoría de estos ejemplos, la vulnerabilidad puede reducirse reforzando la capacidad de adaptación.

La detección será difícil, y no se pueden excluir cambios imprevistos. La detección inequívoca de cambios debidos al clima en la mayoría de los sistemas ecológicos y sociales resultará sumamente difícil en los próximos decenios. La razón es la complejidad de tales sistemas, sus múltiples retroacciones no lineales y su sensibilidad a un gran número de factores climáticos y no climáticos, todos los cuales se espera que sigan cambiando simultáneamente. Es indispensable elaborar una proyección de las condiciones futuras sin cambio climático, puesto que servirá para referenciar todos los efectos previstos. Como el clima futuro trasciende los límites del conocimiento empírico (es decir, los impactos documentados de la variación del clima en el pasado), es más probable que en los resultados reales hayan sorpresas y cambios rápidos imprevistos.

Es esencial fomentar la investigación y la vigilancia. El mayor apoyo a la investigación y a la vigilancia, incluidos esfuerzos en cooperación de las instituciones nacionales, internacionales y multilaterales, es fundamental para mejorar notablemente las proyecciones del clima a escala regional; para comprender las reacciones de la salud humana y de los sistemas ecológicos y socioeconómicos a los cambios del clima y a otros factores de presión, y para comprender mejor la eficacia y la rentabilidad de las estrategias de adaptación.

3.1. Ecosistemas terrestres y acuáticos

Los ecosistemas contienen toda la reserva de la Tierra de la diversidad genética y de las especies y proporcionan numerosos bienes y servicios indispensables para el individuo y para la sociedad. Esos bienes y servicios comprenden i) el suministro de alimentos, fibras, medicinas y energía; ii) la elaboración y el almacenamiento de carbono y de otros nutrientes; iii) la asimilación de desechos, la purificación del agua, la regulación de la escorrentía y el control de las crecidas, la degradación del suelo y la erosión de las playas; y iv) oportunidades para el esparcimiento y el turismo. Esos sistemas y las funciones que cumplen son sensibles al ritmo y a la extensión de los cambios del clima. En la Figura 1 se muestra que la temperatura media anual y la precipitación media anual pueden correlacionarse con la distribución de los principales biomas del mundo.

La composición y la distribución geográfica de muchos ecosistemas se desplazará a medida que las distintas especies reaccionen a los cambios

del clima; probablemente haya reducciones en la diversidad biológica y en los bienes y servicios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad. Algunos sistemas ecológicos tal vez no alcancen un nuevo equilibrio durante varios siglos después de que lo logre el clima.

Bosques. En los modelos se prevé que el incremento sostenido de 1°C en la temperatura media global basta para originar cambios en los climas regionales que afectarán al crecimiento y a la capacidad de regeneración de los bosques en muchas regiones. En varios casos, esto alterará la función y la composición de los bosques notablemente. Como consecuencia de posibles cambios de la temperatura y de la disponibilidad de agua en condiciones de equilibrio de CO_2 equivalente duplicado, una fracción sustancial (media global de un tercio, variable según las regiones de un séptimo a dos tercios) de la zona forestal existente en el mundo sufrirá importantes cambios en los tipos generales de vegetación, registrándose los más importantes en latitudes altas y los menos en las regiones tropicales. Se espera que el cambio climático se produzca a un ritmo rápido en relación con la velocidad a que crecen, se reproducen y restablecen las especies forestales. En las regiones de latitudes medias, el calentamiento global de $1\text{-}3,5^{\circ}\text{C}$, como promedio, en los 100 próximos años equivaldría a un desplazamiento hacia el polo de los actuales isotermas de $150\text{-}550\text{ km}$

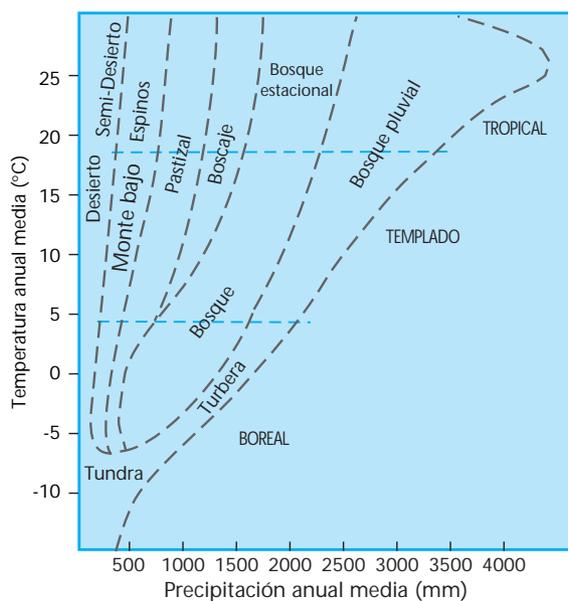


Figura 1. Esta figura ilustra que la temperatura anual media y la precipitación anual media pueden correlacionarse con la distribución de los principales biomas del mundo. Si bien la función de esas medias anuales influye mucho en esta distribución, procede señalar que la distribución de biomas también puede depender en gran medida de factores estacionales como la duración de la estación seca o la temperatura mínima absoluta más baja, de propiedades del suelo como capacidad de retención de agua, del historial del uso de la tierra, como agricultura o pastoreo, y de regímenes de perturbación como la frecuencia de los incendios.

aproximadamente o un desplazamiento en altitud de unos $150\text{-}550\text{ m}$; en latitudes bajas, las temperaturas aumentarían generalmente a niveles superiores a los actuales. Esto ha de compararse con los anteriores ritmos de migración de las especies arbóreas que se piensa son del orden de $4\text{-}200\text{ km}$ por siglo. En consecuencia, la composición de los bosques probablemente cambie; tipos de bosques enteros pueden desaparecer, en tanto que pueden establecerse nuevas combinaciones de especies y, por ende, nuevos ecosistemas. En la Figura 2 se describe la distribución potencial de biomas en el clima actual y en un clima de CO_2 equivalente duplicado. Si bien puede aumentar la productividad primaria neta, quizá no ocurra lo mismo con la biomasa estable de los bosques a causa del aumento de la frecuencia de brotes infecciosos, así como del aumento de los agentes patógenos y del área infectada, y la mayor frecuencia e intensidad de los incendios. Durante la transición de un tipo de bosque a otro pueden liberarse en la atmósfera grandes cantidades de carbono, porque la velocidad a que puede perderse el carbono en momentos de elevada mortalidad forestal es mayor que la velocidad a que puede ganarse desde el crecimiento hasta llegar a la madurez.

Pastizales. En los pastizales tropicales, los aumentos de la temperatura media no deben suponer importantes alteraciones de la productividad y la composición de las especies, aunque sí podría hacerlo la alteración de la cantidad y estacionalidad de las precipitaciones y el aumento de la evapotranspiración. El incremento de la concentración de CO_2 en la atmósfera puede elevar la relación carbono-nitrógeno de forraje para los herbívoros, reduciendo así su valor nutritivo. Los cambios de temperatura y precipitación en los pastizales templados pueden alterar las estaciones de crecimiento y ocasionar desplazamientos de límites entre pastizales, bosques y zonas arbustivas.

Desiertos y desertificación. Los desiertos probablemente resulten más extremos, puesto que, con pocas excepciones, está previsto que sean más calientes pero no mucho más húmedos. Los aumentos de temperatura pueden representar una amenaza para los organismos que viven cerca de sus límites de tolerancia al calor. Los impactos sobre el equilibrio hídrico, la hidrología y la vegetación son inciertos. En la desertificación, según se define en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, es la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como consecuencia de diversos factores, incluidas las variaciones climáticas y las actividades humanas. Es más probable que la desertificación sea irreversible si el medio ambiente se hace más seco y el suelo se degrada aún más a causa de la erosión y de la compactación. La adaptación a la sequía y a la desertificación debe basarse en el desarrollo de sistemas de producción diversificados.

Criosfera. En los modelos se prevé que en los 100 próximos años puede desaparecer entre la tercera parte y la mitad de la masa glaciar montañosa existente. La menor extensión de glaciares y del espesor de la capa de nieve influiría asimismo en la distribución estacional del flujo de los ríos y del abastecimiento de agua para la generación hidroeléctrica y la agricultura. Las previsiones sobre los cambios hidrológicos y las reducciones en la extensión zonal y la profundidad de permafrost pueden entrañar enormes daños para la infraestructura, una entrada adicional de CO_2 en la atmósfera y alteraciones en los procesos que contribuyen al flujo de

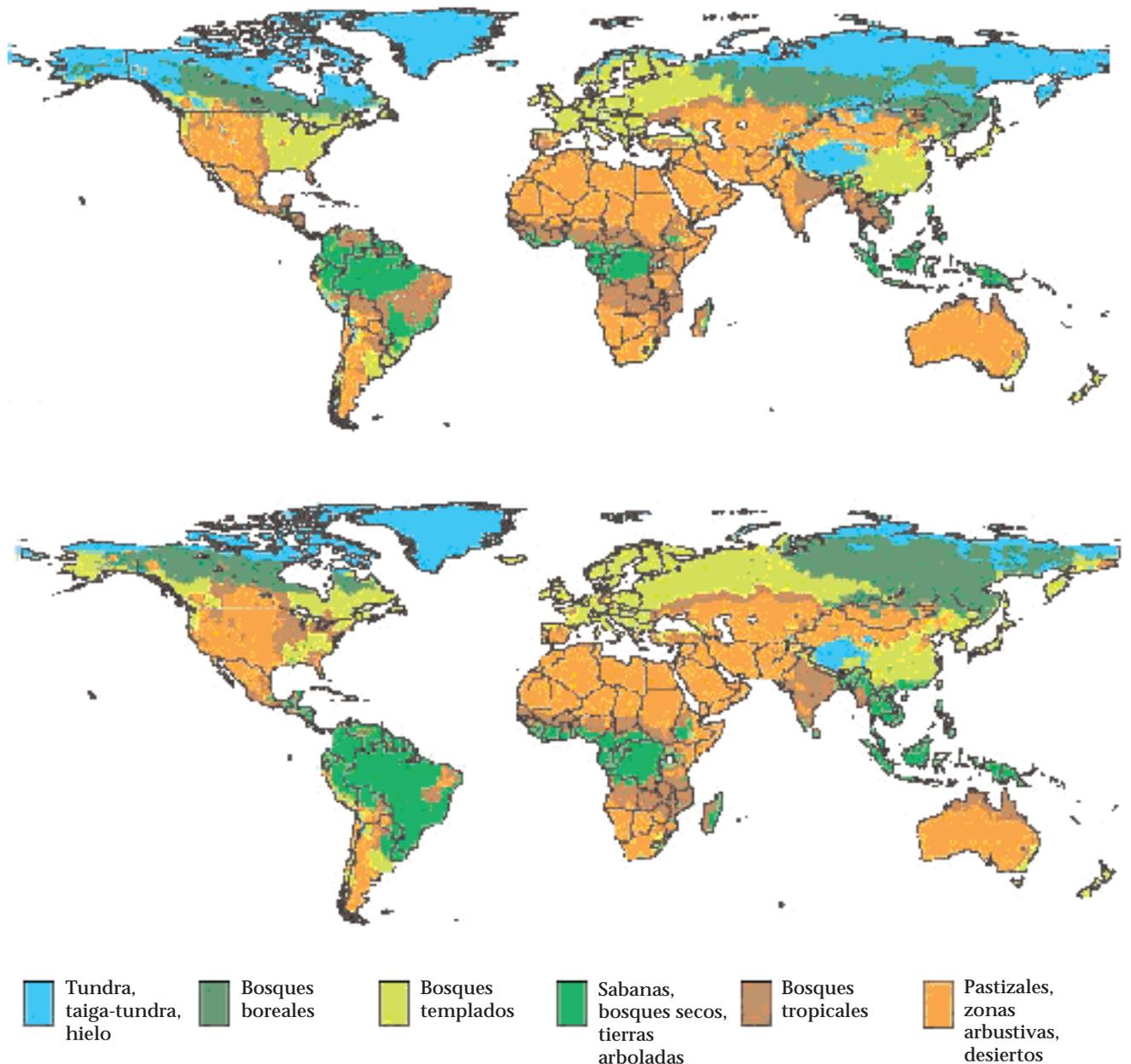


Figura 2. Distribución potencial de los principales biomas mundiales en las actuales condiciones climáticas, simulada por el modelo de Sistema cartográfico atmósfera–plantas–suelo (MAPSS: Mapped Atmosphere–Plant–Soil System) (arriba). La “distribución potencial” indica la vegetación natural que puede mantenerse en cada lugar, en vista de los insumos mensuales de precipitación, temperatura, humedad y velocidad del viento. El producto inferior ilustra la distribución prevista de los principales biomas mundiales simulando los efectos de concentraciones equivalentes de $2 \times \text{CO}_2$ (modelo de circulación general GFDL), incluidos los efectos fisiológicos directos de CO_2 sobre la vegetación. Ambos productos se han adaptado de: Nielson, R.P. y D. Marks, 1994: A global perspective of regional vegetation and hydrologic sensitivities from climatic change. *Journal of Vegetation Science*, 5, 715-730.

metano (CH_4) en la atmósfera. Al reducirse la extensión y el espesor de los hielos marinos aumentaría la duración estacional de la navegación por los ríos y en las zonas costeras afectados actualmente por la capa de hielo estacional, y podría aumentar la navegabilidad en el Océano Ártico. En los próximos 50-100 años se esperan pocos cambios en la extensión de las capas de hielo de Groenlandia y el Antártico.

Regiones montañosas. La disminución prevista de la extensión de los glaciares de montaña, el permafrost y la capa de nieve originada por un clima más cálido afectará a los sistemas hidrológicos, la estabilidad del suelo y los sistemas socioeconómicos vinculados. Se piensa que la distribución altitudinal de la vegetación se desplazará a mayores alturas; algunas especies viables sólo en gamas climáticas

limitadas a cumbres montañosas podrían extinguirse a causa de la desaparición de hábitat o de un menor potencial de migración. Recursos montañosos como alimentos y combustible para las poblaciones indígenas podrán trastornarse en muchos países en desarrollo. También pueden resultar afectadas las industrias recreativas, cuya importancia económica es cada vez mayor para muchas regiones.

Lagos, cursos de agua y zonas húmedas. El cambio del clima influirá en los ecosistemas acuáticos interiores mediante la alteración de las temperaturas del agua, los regímenes de flujo y los niveles de agua. En los lagos y cursos de agua, el calentamiento tendría los mayores efectos biológicos en latitudes altas, donde aumentaría la productividad biológica, y en latitudes bajas en los límites entre especies de aguas frías y de aguas frescas, donde se registrarían las mayores extinciones. El calentamiento de los grandes y profundos lagos de zonas templadas aumentaría su productividad, aunque en algunos lagos poco profundos y cursos de agua con el calentamiento habría más probabilidades de condiciones de anoxia. Con la mayor variabilidad del flujo, sobre todo en cuanto a frecuencia y duración de grandes crecidas y sequías, tenderían a reducirse la calidad y productividad biológica del agua y el hábitat en los cursos de agua. Las mayores disminuciones de los niveles de agua se producirían en lagos y cursos de agua en cuencas hidrográficas con evaporación seca y en cuencas con pequeñas captaciones. La distribución geográfica en zonas húmedas probablemente varíe con cambios de temperatura y precipitación. Habrá un impacto del cambio climático en la liberación de gases de efecto invernadero desde zonas húmedas no afectadas por mareas, pero existe incertidumbre en cuanto a los efectos exactos en uno u otro lugar.

Sistemas costeros. Los sistemas costeros son económicamente importantes y se espera que sus respuestas a los cambios climáticos y del nivel del mar varíen ampliamente. El cambio climático y la elevación del nivel del mar o los cambios en las tormentas o las mareas de tempestad pueden dar lugar a la erosión de costas y hábitat asociados, una mayor salinidad de los estuarios y acuíferos de agua dulce, a la alteración de las mareas en ríos y bahías, a cambios en el transporte de sedimentos y nutrientes, a variaciones en las pautas de contaminación química y microbiológica en las zonas costeras y a mayores inundaciones costeras. Algunos ecosistemas costeros son particularmente vulnerables, como humedales de agua salada, ecosistemas de manglares, zonas húmedas costeras, arrecifes de coral, atolones de coral y deltas de ríos. Los cambios en esos ecosistemas tendrían importantes efectos negativos para el turismo, el abastecimiento de agua dulce, las pesquerías y la biodiversidad. Tales impactos modificarían aún más el funcionamiento de las aguas oceánicas costeras e interiores resultantes de la contaminación, la modificación física, y los insumos materiales debidos a actividades humanas.

Océanos. El cambio del clima afectará al nivel del mar, elevándolo por término medio, y producirá asimismo variaciones en la circulación oceánica, la mezcla vertical, el clima de las olas y reducciones en la capa de hielos marinos. Como resultado, la disponibilidad de nutrientes, la productividad biológica, la estructura y las funciones de los ecosistemas

marinos y la capacidad de almacenamiento de calor y carbono pueden resultar afectados, con importantes retroacciones con el sistema climático. Tales cambios tendrán consecuencias para las regiones costeras, las pesquerías, el turismo y el recreo, el transporte, las estructuras marítimas y las comunicaciones. Los datos paleoclimáticos y los experimentos de modelos indican que si el influjo de agua dulce procedente del movimiento y la fusión de los hielos marinos o de las capas de hielo debilita considerablemente la circulación termohalina global pueden registrarse cambios climáticos repentinos.

3.2 Hidrología y gestión de recursos hídricos

El cambio del clima supondrá una intensificación del ciclo hídrico global y puede influir notablemente en los recursos hídricos regionales. La modificación del volumen y la distribución del agua afectará al suministro de aguas subterráneas y de superficie para usos domésticos e industriales, irrigación, generación de energía hidroeléctrica, navegación, ecosistemas de corrientes fluviales interiores y actividades acuáticas recreativas.

Los cambios en la cantidad total de precipitación y en su frecuencia e intensidad influyen directamente en la magnitud y el momento de la escorrentía, así como en la intensidad de crecidas y sequías; pero los efectos regionales concretos son de momento inciertos. Cambios relativamente pequeños en la temperatura y la precipitación, junto a los efectos no lineales sobre la evapotranspiración y la humedad del suelo, pueden originar cambios relativamente grandes en la escorrentía, sobre todo en regiones áridas y semiáridas. Las regiones de latitudes altas pueden experimentar una mayor escorrentía debido al aumento de la precipitación, en tanto que la escorrentía puede disminuir en latitudes bajas a causa de los efectos combinados del aumento de la evapotranspiración y la disminución de la precipitación. Con lluvias más intensas podrían aumentar la escorrentía y el riesgo de inundaciones, si bien esto no sólo depende del cambio en la cantidad de lluvia sino también de las características físicas y biológicas de la cuenca vertiente. Con un clima más cálido podría disminuir la proporción de la precipitación en forma de nieve, lo que supondría reducciones en la escorrentía de primavera y aumentos en la de invierno.

La cantidad y la calidad de los abastecimientos de agua plantea ya graves problemas en numerosas regiones, incluidas algunas zonas costeras bajas, deltas y pequeñas islas, resultando los países de esas regiones particularmente vulnerables a toda reducción adicional de los abastecimientos de agua propios. La disponibilidad de agua es actualmente inferior a 1 000 m³ por persona y año — referencia común de la escasez de agua — en varios países (por ejemplo, Kuwait, Jordania, Israel, Rwanda, Somalia, Argelia, Kenya) o se espera que sea inferior a esa referencia en los dos a tres próximos decenios (por ejemplo, Libia, Egipto, Sudáfrica, Irán, Etiopía). Además, varios países en zonas expuestas a conflictos dependen mucho del agua procedente del exterior de sus fronteras (por ejemplo, Camboya, Siria, Sudán, Egipto, Iraq).

Los impactos del cambio climático dependerán de las condiciones de referencia del sistema de abastecimiento de agua y de la capacidad de quienes gestionan los recursos hídricos para responder no sólo al cambio del clima sino también al aumento de la población y a las variaciones de

la demanda, la tecnología y las condiciones económicas, sociales y legislativas. En algunos casos — particularmente en los países más ricos con sistemas integrados de gestión de agua — una mejor gestión puede proteger a los usuarios contra el cambio del clima a un costo mínimo; pero en muchos otros pueden producirse sustanciales costos económicos, sociales y medioambientales, sobre todo en regiones que tienen ya limitaciones de agua y donde existe una considerable competencia entre usuarios. Los expertos discrepan en cuanto a si los sistemas de abastecimiento de agua evolucionarán en el futuro lo suficiente para compensar los impactos negativos previstos del cambio climático sobre los recursos hídricos y los potenciales aumentos de la demanda.

Entre las opciones para tratar los posibles impactos del cambio climático y la mayor incertidumbre sobre el futuro abastecimiento y la demanda de agua dulce figuran una gestión más eficiente de los suministros y la infraestructura existentes; arreglos institucionales para limitar la futura demanda y fomentar la conservación; mejores sistemas de control y predicción de crecidas y sequías; rehabilitación de cuencas hidrológicas, especialmente en las regiones tropicales, y construcción de nuevos embalses para captar y almacenar los flujos excesivos debidos a la alteración de los procesos habituales del deshielo y las tormentas.

3.3 Alimentos y fibras

Agricultura. Los rendimientos de las cosechas y las variaciones de la productividad debidas al cambio climático diferirán considerablemente entre regiones y localidades, modificándose así los patrones de producción. Se prevé que la productividad aumente en algunas zonas y disminuya en otras, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales (Cuadro 2). No obstante, los estudios muestran que, en general, la producción agrícola global resultante de las condiciones de equilibrio simuladas por los modelos de circulación general (MCG) tras la duplicación del CO₂ equivalente no variará sustancialmente con respecto a la de referencia, pero que los efectos regionales variarán mucho. En esta conclusión se tienen en cuenta los efectos benéficos de la fertilización de CO₂, pero no así las variaciones en las plagas agrícolas y los posibles efectos del cambio en la variabilidad del clima.

Al centrarse en la producción agrícola global no se abordan las posibles y graves consecuencias de las grandes diferencias a escala local y regional, incluso en latitudes medias. Puede aumentar el riesgo de hambre y de inanición en algunos lugares; gran parte de la población más pobre del mundo — particularmente la que vive en zonas subtropicales y tropicales, y la que depende de sistemas agrícolas aislados en regiones semiáridas y áridas — tiene un mayor riesgo de aumento del hambre. Muchas de esas poblaciones expuestas se encuentran en el África subsahariana, sur, este y sudeste de Asia, y zonas tropicales de América Latina, así como algunas naciones insulares del Pacífico.

La adaptación — como por ejemplo cambios en los cultivos y en sus variedades, mejores sistemas de gestión del agua y de riego, y modificación de fechas de plantación y técnicas de cultivo — serán importantes para limitar los efectos negativos y sacar provecho de los cambios benéficos del clima. El grado de adaptación depende de que

puedan adoptarse esas medidas, particularmente en los países en desarrollo; del acceso a conocimientos técnicos y tecnología; del ritmo del cambio climático, y de condicionantes biofísicos como disponibilidad de agua, características del suelo y genética de los cultivos. Los costos marginales de las estrategias de adaptación pueden crear una gran carga para los países en desarrollo; como resultado de algunas estrategias de adaptación, algunos países podrán economizar gastos. Son muchas las incertidumbres sobre la capacidad de las distintas regiones para adaptarse con éxito al cambio climático previsto.

La producción ganadera puede resultar afectada por cambios en los precios de los cereales y la productividad de los pastizales y el pastoreo. El general, los análisis indican que los sistemas de ganadería intensiva tienen más posibilidades de adaptación que los sistemas de cultivo, lo cual puede no ser así en los sistemas de pastoreo, donde el ritmo de adopción de tecnología es lento y los cambios tecnológicos se consideran arriesgados.

Productos forestales. Los suministros globales de madera en el próximo siglo pueden ser cada vez menos adecuados para atender el consumo previsto, debido a factores climáticos y no climáticos. Los bosques boreales probablemente sufran pérdidas irregulares y a gran escala de árboles vivos, en razón de los efectos del cambio climático previsto. Esas pérdidas pueden generar inicialmente un suministro adicional de madera de bosques no gestionados, pero pueden originar a la larga una fuerte reducción de las existencias permanentes y de la disponibilidad de productos de madera. No se conocen el momento exacto en que esto puede producirse, ni su extensión. Se espera que los efectos del clima y de la utilización de la tierra sobre la producción de productos forestales en zonas templadas sean relativamente reducidos. En regiones tropicales, se prevé que la disponibilidad de productos forestales disminuirá aproximadamente a la mitad por razones no climáticas relacionadas con actividades humanas.

Pesquerías. Los efectos del cambio climático se dejarán sentir junto con los de la pesca excesiva generalizada, la disminución de criaderos y la amplia contaminación interior y costera. En general, se espera que la producción de las pesquerías marinas siga siendo más o menos la misma, y que la producción en aguas frescas de latitudes altas y la acuicultura probablemente aumenten, suponiendo que la variabilidad del clima natural y la estructura y la fuerza de las corrientes oceánicas sean las mismas. Los principales impactos se dejarán sentir a nivel nacional y local, a medida que se mezclen especies y se desplacen centros de producción. Los efectos positivos del cambio climático — como periodos de crecimiento mayores, una reducción de la mortalidad natural en invierno, ritmos de crecimiento más rápidos en latitudes altas — pueden resultar compensados por factores negativos como los cambios en los esquemas de reproducción establecidos, las rutas migratorias y las relaciones entre ecosistemas.

3.4 Infraestructura humana

El cambio climático y la elevación del nivel del mar resultante pueden tener diversos efectos negativos sobre la energía, la industria y la infraestructura del transporte; los asentamientos humanos; el sector de seguros; el turismo, y sistemas y valores culturales.

Cuadro 2. Resultados seleccionados de un estudio de cultivos para escenarios de equilibrio de MCG para una duplicación del equivalente en CO₂

<i>Región</i>	<i>Cultivo</i>	<i>Impacto en el rendimiento (%)</i>	<i>Comentarios</i>
América	Maíz	-61 a aumento	Los datos proceden de Argentina, Brasil, Chile y México; la gama Latina abarca los escenarios de MCG, con efecto de CO ₂ y sin él.
	Trigo	-50 a -5	Los datos proceden de Argentina, Uruguay y Brasil; la gama abarca los escenarios de MCG, con efecto de CO ₂ y sin él.
	Soja	-10 a +40	Los datos proceden de Brasil; la gama abarca los escenarios de MCG, con efecto de CO ₂ .
Ex Unión Soviética	Trigo	-19 a +41	La gama abarca los escenarios de MCG y la región, con efecto de CO ₂ .
	Grano	-14 a +13	
Europa	Maíz	-30 a aumento	Los datos proceden de Francia, España y Europa septentrional, con adaptación y efecto de CO ₂ ; se supone una estación más larga, pérdida de la eficiencia de los regadíos y un desplazamiento hacia el norte.
	Trigo	Aumento o disminución	Los datos proceden de Francia, Reino Unido y Europa septentrional, con adaptación y efecto de CO ₂ ; se supone una estación más larga, un desplazamiento hacia el norte, mayores daños causados por plagas, y un menor riesgo de malas cosechas
	Legumbres	Aumento	Los datos proceden del Reino Unido y de Europa septentrional; se suponen mayores daños debidos a plagas y un menor riesgo de malas cosechas.
América del Norte	Maíz	-55 a +62	Los datos proceden de Estados Unidos y Canadá; la gama abarca los escenarios de MCG y diversos emplazamientos, con adaptación y sin ella y con efecto de CO ₂ y sin él.
	Trigo	-100 a +234	
	Soja	-96 a +58	Los datos proceden de Estados Unidos; menor gravedad o incrementos con los efectos de CO ₂ y adaptación.
África	Maíz	-65 a +6	Los datos proceden de Egipto, Kenya, Sudáfrica y Zimbabwe; la gama abarca estudios y escenarios climáticos, con efecto de CO ₂ .
	Mijo	-79 a -63	Los datos proceden de Senegal; capacidad de transporte disminuida a 11-38%
	Biomasa	Disminución	Los datos proceden de Sudáfrica; cambios de zonas agrícolas.
Asia del sur	Arroz	-22 a +28	Los datos proceden de Bangladesh, India, Filipinas, Tailandia, Indonesia, Malasia y Myanmar; la gama abarca los escenarios de MCG, con efecto de CO ₂ ; en algunos estudios se considera también la adaptación.
	Maíz	-65 a -10	
	Trigo	-61 a +67	
China	Arroz	-78 a +28	Los datos comprenden el arroz de secano y el de regadío; la gama abarca distintos lugares y escenarios de MCG; la variación genética permite la adaptación.
Otros países de Asia y del Arco del Pacífico	Arroz	-45 a +30	Los datos proceden de Japón y de Corea del Sur; la gama abarca los escenarios de MCG; generalmente positivos en el norte de Japón, y negativos en el sur.
	Pastos	-1 a +35	Los datos proceden de Australia y de Nueva Zelanda; variación regional.
	Trigo	-41 a +65	Los datos proceden de Australia y de Japón; amplias variaciones según los cultivos.

Nota: Para la mayoría de las regiones, los estudios se han centrado en uno o dos cereales principales. Estos estudios demuestran firmemente la variabilidad de los impactos sobre el rendimiento estimados entre países, escenarios, métodos de análisis y cultivos, por lo que es difícil generalizar los resultados sobre las zonas o los diferentes escenarios del clima.

En general, la sensibilidad de los sectores de la energía, la industria y el transporte es relativamente reducida en comparación con la de los ecosistemas agrícolas o naturales, y se espera que la capacidad de adaptación mediante la gestión y el reemplazo normal de capital sea grande. Ahora bien, la infraestructura y las actividades en estos sectores pueden sufrir cambios repentinos, y dar lugar a sorpresas y a una creciente frecuencia o intensidad de fenómenos extremos. Los subsectores y las actividades más sensibles al cambio climático son la agroindustria, la demanda de energía, la producción de energía renovable, como la energía hidroeléctrica y la biomasa, la construcción, algunas actividades de transporte, las estructuras existentes para la mitigación de crecidas, y la infraestructura del transporte en numerosos lugares, incluidas las zonas costeras vulnerables y las regiones de permafrost.

Con el cambio climático aumentarán sin duda la vulnerabilidad de algunas poblaciones costeras a las inundaciones y las pérdidas de tierras debido a la erosión. Se estima que unos 46 millones de personas están expuestas cada año a inundaciones a causa de mareas de tempestad. Estos resultados se obtienen multiplicando el número total de personas que viven en zonas potencialmente afectadas por inundaciones oceánicas por la probabilidad de inundación en esos lugares en un año dado, habida cuenta de los actuales niveles de protección y de la densidad demográfica. Si no se adoptan medidas de adaptación, con una elevación del nivel del mar de 50 cm esta cifra crecería a unos 92 millones, y con una elevación del nivel del mar de 1 m pasaría a 118 millones. Si se agrega el crecimiento de población previsto, las estimaciones se incrementarían sustancialmente. Algunas naciones insulares pequeñas y otros países serán más vulnerables, porque sus sistemas de defensa marítima y costera son más débiles. Los países con mayores densidades demográficas serían más vulnerables. Para ellos, la elevación del nivel del mar podría provocar migraciones de población internas o internacionales.

En varios estudios se ha evaluado la sensibilidad a la elevación del nivel del mar de 1 m. Este aumento es el máximo de la gama de las estimaciones del Grupo de Trabajo I del IPCC para 2100; debe señalarse, empero, que en realidad se prevé que el nivel del mar siga aumentando después de 2100. Los estudios en que se utiliza esta proyección de 1 m indican un riesgo particular para islas pequeñas y deltas. Las pérdidas de tierras estimadas varían desde 0,05% en Uruguay, 1% en Egipto, 6% en Países Bajos, y 17,5% en Bangladesh hasta 80% aproximadamente para en el atolón de Majuro, en las Islas Marshall, en vista del estado actual de los sistemas de protección. Grandes cantidades de personas resultan también afectadas; por ejemplo, unos 70 millones en China y otros tantos en Bangladesh. Numerosas naciones pueden perder un valor de capital superior a 10% de su producto interior bruto (PIB). Aunque los costos anuales de protección de muchas naciones son relativamente modestos (alrededor de 0,1% del PIB), los costos medios anuales para muchos Estados insulares pequeños totalizan varios puntos porcentuales del PIB. En algunas naciones insulares no sería factible la protección contra las mareas de tempestad, en razón del elevado costo, habida cuenta especialmente de la limitada disponibilidad de capital para inversión.

Los asentamientos humanos más vulnerables se encuentran en zonas expuestas a daños, de países en desarrollo que no disponen de recur-

sos para afrontar los efectos. La gestión eficaz de zonas costeras y la regulación de la utilización de las tierras puede ayudar directamente a la población a desplazarse de lugares vulnerables como llanuras inundables, laderas escarpadas y litorales bajos. Uno de los efectos potencialmente únicos y destructores de los asentamientos humanos son los movimientos migratorios forzados de carácter interno o internacional. Los programas de ayuda en caso de desastre pueden compensar algunas de las consecuencias más negativas del cambio climático y reducir el número de refugiados ecológicos.

El sector de seguros es vulnerable a fenómenos climáticos extremos. Un riesgo más alto de los fenómenos extremos debidos al cambio climático puede entrañar un aumento de las primas de seguros o la retirada de la cobertura en algunas zonas vulnerables. Tal vez sea difícil detectar o predecir los cambios en la variabilidad del clima y el riesgo de que ocurran fenómenos extremos, por lo que a las compañías de seguros no les resulta fácil ajustar debidamente las primas. Si esta dificultad conduce a la insolvencia, las compañías tal vez no puedan cumplir los contratos de seguros, por lo que podrían resultar económicamente debilitados otros sectores, como la banca. La industria de seguros está sometida desde 1987 a una serie de fenómenos extremos que han causado destrozos por valor de miles de millones de dólares, por lo que han aumentado espectacularmente las pérdidas, se ha reducido la posibilidad de asegurarse y han crecido los costos. En la industria de seguros hay quienes perciben actualmente una tendencia a la mayor frecuencia y severidad de los fenómenos climáticos extremos. El examen de los datos meteorológicos no confirma esa percepción, en el contexto del cambio a largo plazo, si bien puede producirse una alteración en los límites de la variabilidad natural. Las mayores pérdidas reflejan firmemente aumentos en infraestructuras y su valor económico en zonas vulnerables, así como una posible modificación de la intensidad y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos.

3.5 Salud humana

El cambio climático probablemente tenga una gran variedad de efectos, particularmente adversos, sobre la salud humana, con importantes pérdidas de vidas. Esos efectos se producirían directa e indirectamente (Figura 3), y es probable que predominen a la larga los efectos indirectos.

Los efectos directos para la salud comprenden aumentos de la mortalidad y las enfermedades (predominantemente cardiorrespiratorias) debido a la mayor intensidad prevista y a la duración de las olas de calor. Como consecuencia de los aumentos de temperatura en las regiones más frías debe haber menos muertes a causa del frío. Un incremento de las condiciones meteorológicas extremas tendría mayor incidencia en las muertes, las lesiones, los trastornos psicológicos y la exposición a abastecimientos de agua contaminados.

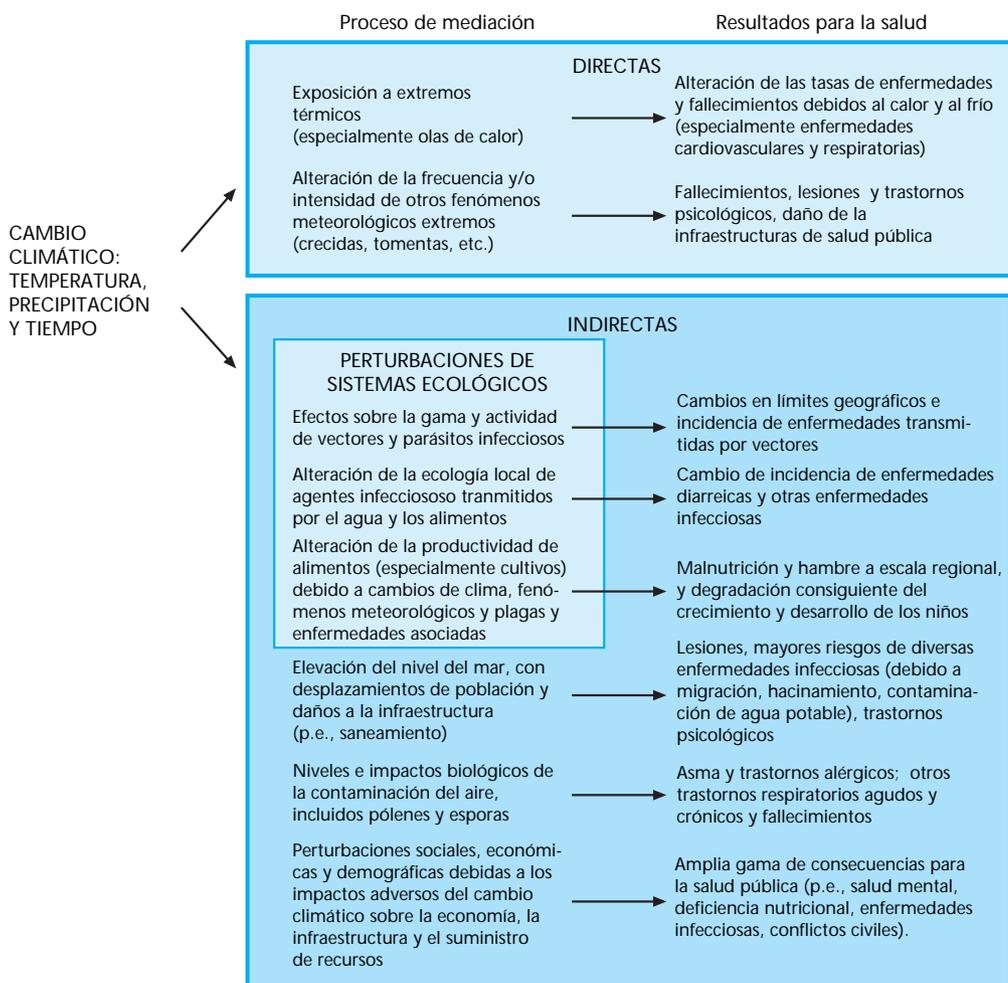
Los efectos indirectos del cambio climático comprenden aumentos de la posible transmisión de enfermedades infecciosas por vectores (por ejemplo, paludismo, dengue, fiebre amarilla y alguna encefalitis viral), como resultado de la mayor extensión geográfica y

estacional de los organismos vectores. Las proyecciones por modelos (que entrañan necesariamente hipótesis simplificadoras) indican que la zona geográfica de la posible transmisión del paludismo como reacción a los aumentos mundiales de temperatura en la parte superior de la gama prevista del IPCC (3-5°C para 2100) pasaría del 45% aproximadamente de la población mundial al 60% aproximadamente para la segunda parte del siglo próximo. Esto supondría aumentos potenciales de la incidencia del paludismo (del orden de 50 a 80 millones más de casos anuales, en relación con un total mundial supuesto de 500 millones de casos), sobre todo entre las poblaciones de las regiones tropicales, subtropicales y de zonas templadas menos protegidas. También pueden producirse algunos aumentos de las enfermedades infecciosas no transmitidas por vectores —como salmonelosis, cólera y giardiasis— como resultado de altas temperaturas y más inundaciones.

Entre los efectos indirectos adicionales figuran los trastornos respiratorios y alérgicos debido a incrementos inducidos por el clima en algunos contaminantes del aire, pólenes y esporas de mohos. La

exposición a la contaminación del aire, combinada con fenómenos meteorológicos extremos, aumenta la probabilidad de la morbilidad y la mortalidad. Algunas regiones pueden experimentar una disminución de la situación nutritiva como resultado de efectos adversos para la productividad de alimentos y pesquerías. Las limitaciones en el abastecimiento de agua dulce también tendrán consecuencias para la salud humana.

Es difícil cuantificar los impactos previstos, porque el grado de los trastornos para la salud originados por el clima depende de la interacción y coexistencia de numerosos factores que caracterizan la vulnerabilidad de la población de que se trate, como las circunstancias medioambientales y socioeconómicas, el régimen nutritivo e inmunitario, la densidad demográfica, y el acceso a buenos servicios de atención sanitaria. Entre las opciones adaptables para reducir los efectos sobre la salud figuran tecnologías protectoras (por ejemplo, vivienda, acondicionamiento de aire, purificación de agua y vacunación), preparación para desastres y atención sanitaria apropiada.



Nota: la vulnerabilidad a los efectos sobre la salud debidos al clima difiere según las poblaciones con distintos niveles de recursos naturales, técnicos y sociales.

Figura 3. Formas en que el cambio climático puede afectar a la salud humana.

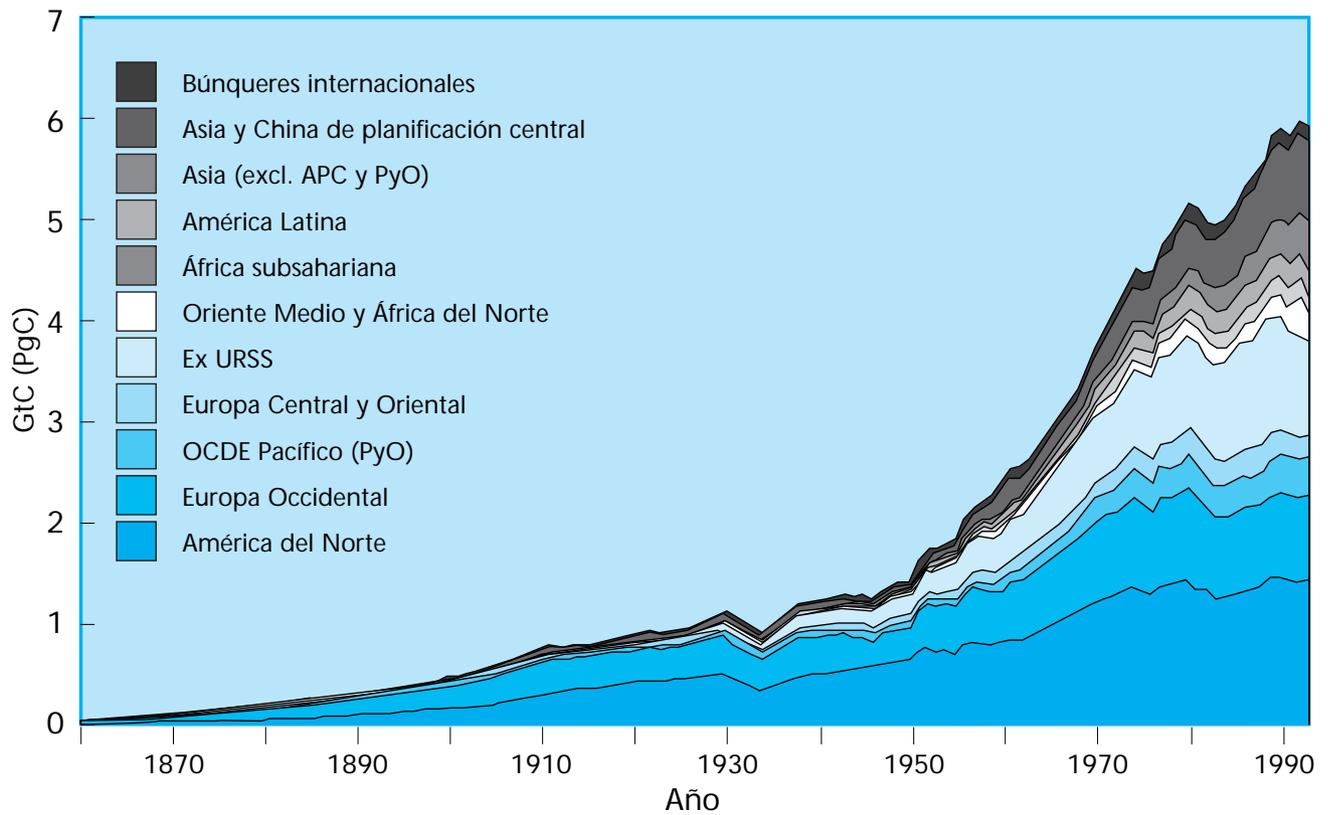


Figura 4. Emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía por principales regiones del mundo en GtC/año. Fuentes: Recling, 1994; Marland y otros, 1994; Gröbler y Nakicenovic, 1992; Etemand y Luciani, 1991; Fujii, 1990; NU, 1952 (para más información véase Energy Primer).

4. OPCIONES PARA REDUCIR LAS EMISIONES Y AUMENTAR LOS SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Con las actividades humanas crecen directamente las concentraciones en la atmósfera de diversos gases de efecto invernadero, especialmente CO₂, CH₄, halocarbonos, hexafluoruro de azufre (SF₆) y óxido nitroso (N₂O). El CO₂ es el más importante de esos gases, seguido del CH₄. Las actividades humanas influyen también indirectamente en las concentraciones de vapor de agua y ozono. Es técnicamente posible y económicamente factible reducir en una proporción considerable las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Esto puede lograrse utilizando una amplia serie de tecnologías y medidas políticas que aceleren el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología en todos los sectores: energía, industria, transporte, residencial/comercial, agrícola/forestal, etc. Para el año 2100, el sistema de energía comercial del mundo habrá sido sustituido, al menos dos veces, lo que permitirá cambiar el sistema de energía sin una retirada prematura de capital; también se sustituirán importantes cantidades de capital en los sectores industrial, comercial, residencial, y agrícola/forestal. Estos ciclos de reemplazo de capital ofrecen la oportunidad de utilizar tecnologías nuevas y más eficaces. Debe señalarse que en los análisis del Grupo de Trabajo II no

se trata de cuantificar las consecuencias macroeconómicas potenciales que puedan estar asociadas con medidas de mitigación. La discusión de los análisis macroeconómicos se recoge en la contribución del Grupo de Trabajo III del IPCC al Segundo Informe de Evaluación. El grado de realización de las posibilidades técnicas y su rentabilidad depende de iniciativas para contrarrestar la falta de información y superar los obstáculos culturales, institucionales, jurídicos, financieros y económicos que pueden impedir la difusión de tecnología o los cambios de comportamiento. Las opciones de mitigación pueden seguirse realizando dentro de los límites de los criterios sobre el desarrollo sostenible. Los criterios sociales y medioambientales no relacionados con la atenuación de las emisiones de gases de efecto invernadero pueden limitar, sin embargo, las posibilidades finales de cada una de las opciones.

4.1 Emisiones de la energía, de los procesos industriales y de los asentamientos humanos

La demanda global de energía ha crecido a una tasa anual media de 2% aproximadamente durante casi 2 siglos, si bien el aumento de la demanda de energía varía considerablemente según las épocas y las diversas regiones. En las publicaciones se utilizan diferentes métodos y convenciones para caracterizar el consumo de energía. Esas

convenciones difieren, por ejemplo, según su definición de los sectores y su tratamiento de las formas de energía. Sobre la base de la agregación de los balances energéticos nacionales, en 1990 se consumieron en el mundo 385 EJ de energía primaria, lo que provocó la liberación de 6 GtC como CO₂. De ellas, 279 EJ se proporcionaron a los usuarios finales, lo que representó emisiones de 3,7 GtC como CO₂ en el punto de consumo. Los 106 EJ restantes se utilizaron en la conversión y distribución de energía, lo que representa emisiones de 2,3 GtC como CO₂. En 1990, los tres sectores más importantes de consumo de energía fueron la industria (45% de las liberaciones totales de CO₂), el sector residencial/comercial (29%) y el transporte (21%). De ellos, el uso de energía en el sector de transporte y las emisiones de CO₂ conexas es lo que ha crecido con mayor rapidez en los dos últimos decenios. Para la evaluación detallada de la opción de mitigación sectorial en este informe, las estimaciones de consumo de energía en 1990 se basan en diversas publicaciones; se utilizan una diversidad de convenciones para definir esos sectores y su utilización de energía, que se estima asciende a un total de 259-282 EJ.

En la Figura 4 se describen las emisiones totales relacionadas con la energía por principales regiones mundiales. Las naciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) han sido y siguen siendo los usuarios más importantes de energía y emisores de CO₂ de combustibles fósiles, aunque su parte en las emisiones mundiales de carbono de combustibles fósiles disminuye. Las naciones en desarrollo, consideradas conjuntamente, siguen representando una menor parte de las emisiones mundiales totales de CO₂ que las naciones industrializadas — OCDE y ex Unión Soviética/Europa Oriental (EUS/EOR) —, pero la mayoría de las proyecciones indican que con las tasas previstas de crecimiento económico y demográfico el peso relativo de los países en desarrollo aumentará en el futuro. Se prevé que siga creciendo la demanda de energía, al menos en la primera mitad del siglo próximo. El IPCC (1992, 1994) prevé que sin intervención política puede haber una importante expansión de las emisiones de los sectores industrial, del transporte y de los edificios comerciales/residenciales.

4.1.1 Demanda de energía

Numerosos estudios indican que es posible economizar entre un 10% y un 30% de energía con respecto a los niveles actuales, con un costo neto reducido o nulo en muchas partes del mundo, en los dos a tres próximos decenios, aplicando medidas técnicas de conservación y mejores prácticas de gestión. Mediante tecnologías que producen actualmente el más alto rendimiento de los servicios de energía con determinado insumo de ella, sería técnicamente posible aumentar la eficiencia entre el 50% y el 60% en numerosos países, durante el mismo periodo. El que se consiga o no dependerá de las futuras reducciones de costos, la financiación y la transferencia de tecnología, así como de medidas para superar diversos obstáculos no técnicos. El potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero excede al correspondiente a la eficiencia energética, puesto que pueden cambiarse los combustibles y las fuentes de energía. Como el uso de la energía crece en todo el mundo, incluso sustituyendo tecnología actual por tecnología más eficiente puede haber un aumento absoluto en las emisiones de CO₂ en el futuro.

En 1992, el IPCC preparó seis escenarios (IS92a-f) del futuro uso de la energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas (IPCC, 1992, 1995). Esos escenarios ofrecen una amplia gama de posibles niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en el futuro, sin medidas de mitigación.

En el Segundo Informe de Evaluación, el uso de la energía en el futuro se ha reexaminado sobre una base sectorial más detallada, tanto con nuevas medidas de atenuación como sin ellas, partiendo de los estudios existentes. A pesar de diferentes planteamientos de evaluación, las gamas de consumo de energía resultantes aumentan hasta 2025 sin nuevas medidas, y coinciden en general con las de IS92. De mantenerse las tendencias, las emisiones de gases de efecto invernadero aumentarán más lentamente que el uso de la energía, salvo en el sector del transporte.

En los siguientes párrafos se resumen los potenciales de mejora de la eficiencia de energía estimados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Para lograrlo se requerirán fuertes medidas políticas. Las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía dependen de la fuente de energía, pero las reducciones del uso de la energía conducirán en general a menores emisiones de gases de efecto invernadero.

Industria. El uso de la energía en 1990 se estimó en 98-117 EJ, y está previsto que crezca a 140-242 EJ en 2025, sin nuevas medidas. El uso actual de la energía por parte de la industria y las tendencias de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía varían ampliamente entre los países. Se espera que las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía en el sector industrial de la mayoría de los países industrializados permanezca estable o disminuya como resultado de la reestructuración industrial y de la innovación tecnológica, en tanto que se prevé un incremento de las emisiones industriales en los países en desarrollo, debido sobre todo a la expansión industrial. El potencial a corto plazo del mejoramiento en la eficiencia de la energía en el sector de las industrias manufactureras de los principales países industriales se estima en el 25%. El de las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero es mayor. Las tecnologías y medidas para reducir las emisiones relacionadas con la energía de este sector comprenden una mejora de la eficiencia (por ejemplo, ahorro de energía y de materiales, cogeneración, recuperación en cadena de energías marginales, recuperación de vapor y uso de motores y otros dispositivos eléctricos de menor consumo); reciclado de materiales y utilización de otros con menos emisiones de gases de efecto invernadero; desarrollo de procesos que utilicen menos energía y menos materiales.

Transporte. El uso de la energía en 1990 se estimó en 61-65 EJ, y se prevé que crezca a 90-140 EJ en 2025, sin nuevas medidas. El uso proyectado de la energía en 2025 podría reducirse en un tercio, situándose entre 60 y 100 EJ, mediante vehículos que utilicen trenes de arrastre muy eficaces, sean más ligeros y tengan un diseño de poca resistencia al aire, sin comprometer la comodidad ni el rendimiento. También se pueden lograr reducciones del uso de energía utilizando vehículos más pequeños; otros medios para el uso de la tierra, sistemas de transporte, normas de movilidad y modos de vida,

pasando a medios de transporte que consuman menos energía. Las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de energía utilizada pueden reducirse empleando otros combustibles y electricidad procedente de fuentes renovables. Todas estas medidas juntas permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía debidas al transporte mundial hasta un 40% de las emisiones previstas para 2025. Y con las acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía procedentes del transporte se pueden abordar simultáneamente otros problemas, como la contaminación del aire local.

Sector comercial/residencial. El uso de la energía en 1990 se estimó en torno a 100 EJ y se prevé que crezca a 165-205 EJ en 2025, sin nuevas medidas. El uso de la energía previsto podría reducirse más o menos en la cuarta parte, pasando a 126-170 EJ para 2025, sin reducir los servicios, mediante el uso de tecnologías energéticas eficientes. Hay grandes posibilidades de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La evolución técnica puede comprender la disminución de transferencias de calor a través de las estructuras de los edificios y mejores sistemas de acondicionamiento del espacio y abastecimiento de agua, del alumbrado y de los aparatos electrodomésticos. Las temperaturas ambiente en las zonas urbanas pueden reducirse aumentando la vegetación y con una mayor reflectividad de las superficies de los edificios, con lo que disminuye la energía necesaria para el acondicionamiento del espacio. Introduciendo cambios en las fuentes de energía se pueden obtener reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía superiores a las conseguidas utilizando sistemas de menor consumo.

4.1.2 *Mitigación de las emisiones de los procesos industriales y de los asentamientos humanos*

Los gases de efecto invernadero relacionados con los procesos, que comprenden CO₂, CH₄, N₂O, halocarbonos y SF₆ se liberan durante procesos de fabricación e industriales, como la producción de hierro, acero, aluminio, amoníaco, cemento y otros materiales. En algunos casos es posible lograr grandes reducciones. Entre las medidas figuran la modificación de los procesos de producción, la supresión de disolventes, el empleo de otras materias primas, la sustitución de materiales, un mayor reciclaje y la disminución del consumo de materiales con gran intensidad de gases de efecto invernadero. Captando y utilizando CH₄ de los vertederos y de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y reduciendo la proporción de fuga de refrigerantes halocarbonos de fuentes móviles y fijas pueden lograrse asimismo importantes reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero.

4.1.3 *Suministro de energía*

Esta evaluación se centra en nuevas tecnologías para la inversión de capital y no en la posible reconversión de capital existente para utilizar formas de energía primaria con menos intensidad de carbono. Técnicamente es posible hacer fuertes reducciones de las emisiones en el sector de suministro de energía al mismo tiempo que se realizan inversiones normales para sustituir la infraestructura y el equipo a medida que

se gasta o queda anticuado. Muchas de las opciones para obtener esas fuertes reducciones permitirán también disminuir las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. A continuación se describen enfoques prometedores, sin seguir un orden de prioridad.

4.1.3.1 *Reducciones de gases de efecto invernadero en el uso de combustibles fósiles*

Conversión más eficaz de combustibles fósiles. La nueva tecnología ofrece eficiencias de conversión mucho mayores. Por ejemplo, la eficiencia de la producción de energía puede pasar de la media mundial actual del 30% aproximadamente a más del 60% a largo plazo. Asimismo, el uso de una producción combinada de calor y energía en lugar de la producción separada de energía y calor — ya sea para la generación de calor o la calefacción de locales — ofrece un considerable incremento en la eficiencia de conversión de combustible.

Utilización de combustibles fósiles con poco carbono y supresión de emisiones. La utilización de petróleo o gas natural en lugar de carbón, y de gas natural en lugar de petróleo, puede reducir las emisiones. El gas natural es el que produce menos emisiones de CO₂ por unidad de energía de todos los combustibles fósiles, con unos 14 kg C/GJ, frente a unos 20 kg C/GJ en el caso del petróleo, y unos 25 kg C/GJ en el del carbón. Los combustibles que contienen menos carbono pueden convertirse, en general, con un mayor grado de eficiencia que el carbón. En muchas zonas existen grandes recursos de gas natural. Con los nuevos y reducidos costos de capital y una tecnología de ciclo combinado sumamente eficaz, se han reducido considerablemente los costos de la electricidad en algunas zonas. El gas natural puede sustituir al petróleo en el sector del transporte. Existen métodos para reducir las emisiones de CH₄ de los gasoductos, y las emisiones de CH₄ y/o CO₂ de los pozos de petróleo y de gas y las minas de carbón.

Descarbonización de gases de escape y combustibles, y almacenamiento de CO₂. Existe la posibilidad de eliminar y almacenar CO₂ emitido por las centrales térmicas que usan combustibles fósiles, pero con ello se reduce la eficiencia de la conversión y se aumenta notablemente el costo de la producción de electricidad. Otro procedimiento para la descarbonización es utilizar materias primas de combustibles fósiles para obtener combustibles ricos en hidrógeno. En ambos procedimientos se genera un subproducto de CO₂ que puede almacenarse, por ejemplo, en yacimientos de gas natural agotados. Cuando se disponga en el futuro de tecnologías de conversión como células de combustible que permitan utilizar eficientemente el hidrógeno, este último procedimiento será más atractivo. En algunas opciones de almacenamiento de CO₂ a más largo plazo, los costos, los efectos sobre el medio ambiente y la eficacia de las mismas constituyen grandes incógnitas.

4.1.3.2 *Cambio hacia fuentes de energía de combustibles no fósiles*

Cambio hacia la energía nuclear. La energía nuclear puede sustituir los sistemas de generación de electricidad basados en el uso de

combustibles fósiles en muchas partes del mundo si pueden hallarse respuestas generalmente aceptables a preocupaciones como la seguridad de los reactores, el transporte y la eliminación de desechos radioactivos, y la proliferación nuclear.

Cambio hacia fuentes de energía renovable. Ya se utilizan ampliamente las tecnologías solar, de biomasa, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. En 1990, las fuentes de energía renovables representaron aproximadamente el 20% del consumo de energía primaria mundial, correspondiendo la mayoría a la leña y la energía hidroeléctrica. Los avances tecnológicos ofrecen nuevas posibilidades y permiten reducir los costos de energía procedentes de esas fuentes. A más largo plazo, con las fuentes de energías renovables se podrá satisfacer una parte importante de la demanda mundial de energía. Los sistemas energéticos pueden adaptarse fácilmente a pequeñas variaciones intermitentes en la generación de energía, y con la adición de sistemas de reserva y almacenamiento de respuesta rápida, también a

mayores variaciones. Allí donde la biomasa rebrota constantemente y se utiliza para sustituir los combustibles fósiles en la producción de energía se evitan emisiones netas de carbono, pues el CO₂ liberado al convertir la biomasa en energía se fija de nuevo en biomasa por fotosíntesis. Si la energía de biomasa puede desarrollarse en formas que atiendan efectivamente las preocupaciones por las cuestiones ambientales y la competencia con otros usos de la tierra, la biomasa puede hacer una importante contribución en los mercados de la electricidad y de los combustibles, además de ofrecer perspectivas para aumentar el empleo y los ingresos rurales.

4.1.4 Integración de las opciones de mitigación del sistema de energía

Para evaluar el impacto potencial de las combinaciones de distintas medidas al nivel del sistema energético, por oposición al nivel de tecnologías individuales, se describen variantes de un sistema de

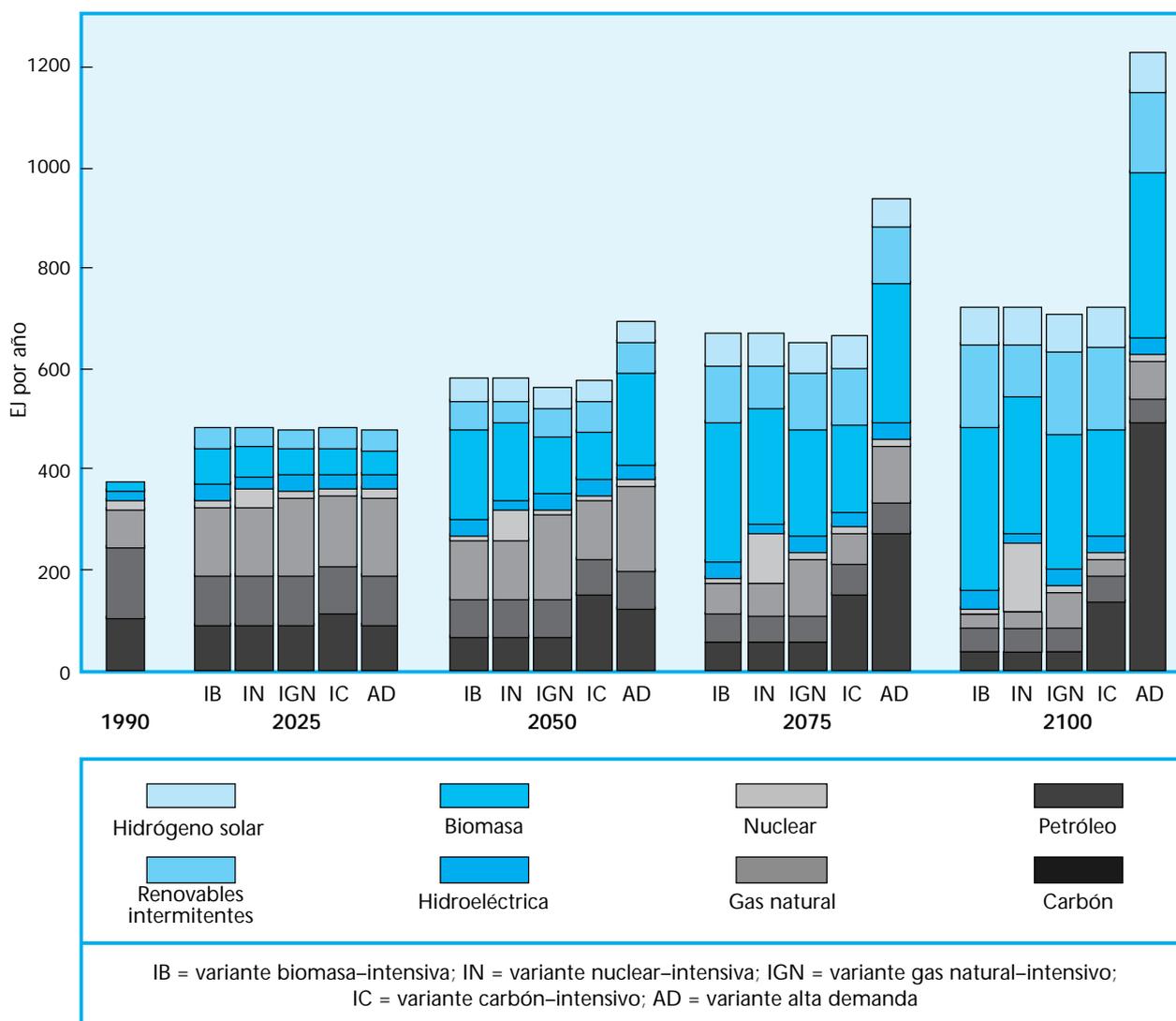


Figura 5. Uso mundial de energía primaria para construcciones alternativas de un sistema de suministro de energía con bajas emisiones de CO₂ (LESS): alternativas para atender diferentes niveles de demanda de energía en el transcurso del tiempo, utilizando diversas mezclas de combustibles.

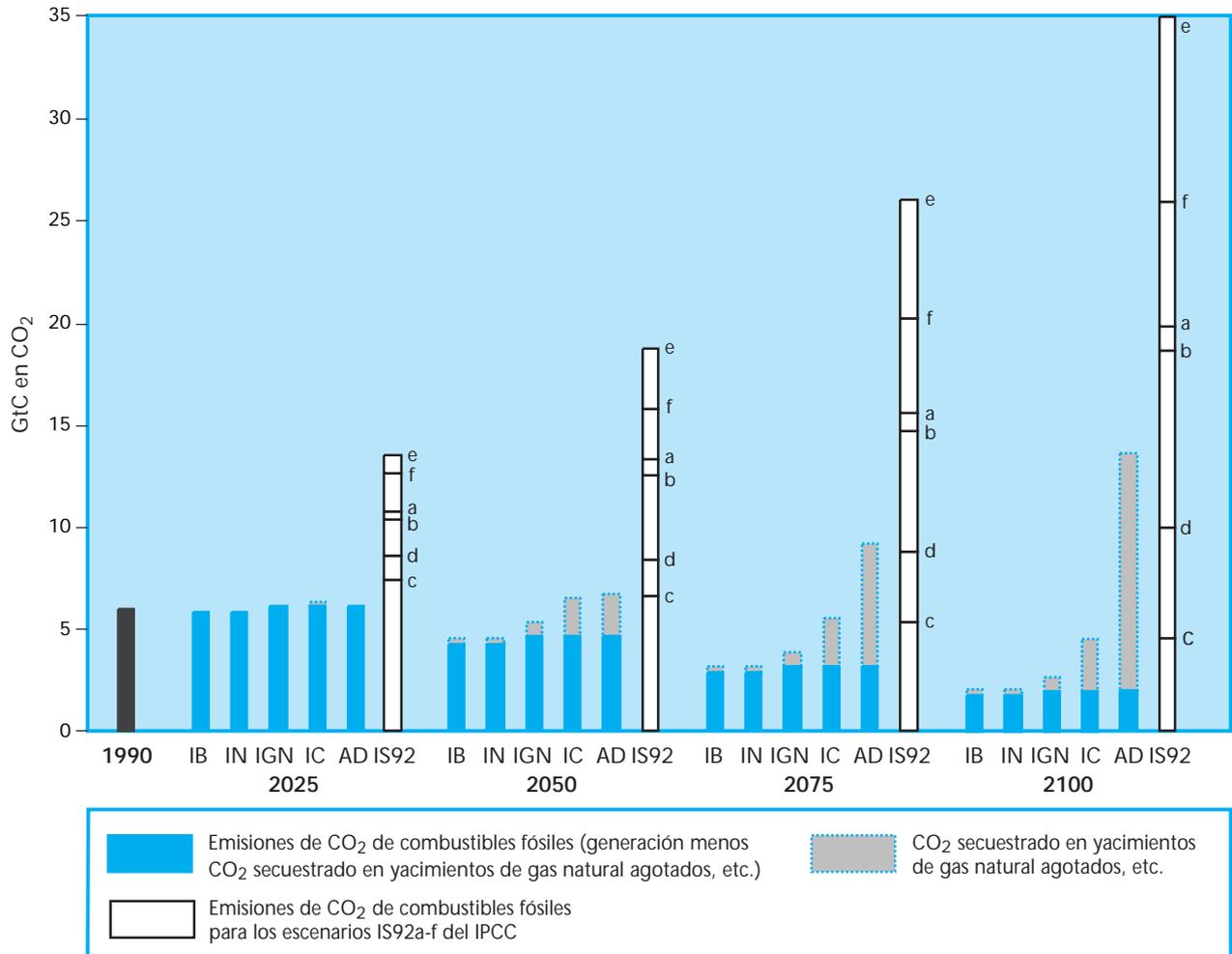


Figura 6: Emisiones anuales de CO₂ de combustibles fósiles para construcciones alternativas de LESS, en comparación con los escenarios IS92a-f del IPCC (para la definición de los acrónimos, véase la Figura 5).

suministro de energía con bajas emisiones de CO₂ (LESS: Low CO₂-Emitting Energy Supply System). Las construcciones del LESS son experimentos meditados de exploración de posibles sistemas de energía mundiales.

Se ha partido de las siguientes hipótesis: la población mundial crece de 5 300 millones en 1990 a 9 500 millones en 2050 y a 10 500 millones en 2100. Con relación a 1990, el PIB es 7 veces mayor en 2050 (5 veces más en los países industrializados y 14 veces más en los países en desarrollo), y 25 veces mayor en 2100 (13 veces más en los países industrializados y 70 veces más en los países en desarrollo). Al insistirse sobre todo en la eficiencia de energía, el consumo de energía primaria aumenta mucho más lentamente que el PIB. Las construcciones del suministro de energía se hicieron para atender la demanda de energía en: i) proyecciones desarrolladas para el Primer Informe de Evaluación (1990) del IPCC, en una variante de poca demanda de energía, en la que el uso mundial de energía comercial primaria se duplica aproximadamente, sin ningún cambio neto en los países industrializados, pero con un aumento de 4,4 veces en los países en desarrollo entre 1990 y 2010; ii) una variante de mayor demanda de energía, desarrollada en el escenario IS92a del IPCC, en que la

demanda de energía se cuadruplica entre 1990 y 2100. Los niveles de demanda de energía de las construcciones LESS son coherentes con los capítulos sobre la atenuación de la demanda de energía de este Segundo Informe de Evaluación.

En la Figura 5 se muestran las combinaciones de diferentes fuentes de energía para atender los variables niveles de la demanda en el próximo siglo. Los análisis de esas variantes conducen a las siguientes conclusiones:

- Utilizando estrategias alternativas, técnicamente es posible realizar profundas reducciones de emisiones de CO₂ procedentes de los sistemas de suministro de energía en un plazo entre 50 y 100 años.
- Mediante múltiples combinaciones de las opciones identificadas en esta evaluación se pueden reducir las emisiones mundiales de CO₂ procedentes de combustibles fósiles de unas 6 GtC en 1990 a unas 4 GtC/año en 2050, y a unas 2 GtC/año en 2100 (véase la Figura 6). Las emisiones acumuladas de CO₂, entre 1990 y 2100, variarían de unas 450 a unas 470 GtC en las construcciones LESS alternativas.

- La mayor eficiencia de la energía se pone de manifiesto mediante fuertes reducciones de las emisiones de CO₂ para aumentar la flexibilidad de las combinaciones del suministro, y para reducir los costos globales del sistema de energía.
- El comercio interregional de la energía crece en las construcciones LESS, en comparación con los niveles actuales, ampliando las opciones de desarrollo sostenible para África, América Latina y el Oriente Medio en el próximo siglo.

Los costos de los servicios de energía en cada variante LESS, con relación a los costos de la energía convencional, dependen de los precios relativos de la energía en el futuro, en gran medida inciertos, y del rendimiento y de las características de los costos supuestos para las tecnologías alternativas. Sin embargo, dentro de la amplia gama de precios futuros de la energía, una o más de las variantes podrían muy bien proporcionar los servicios de energía solicitados a costos estimados aproximadamente iguales a los futuros costos estimados de la energía convencional actual. No es posible determinar un sistema de energía futuro menos costoso a más largo plazo, pues los costos relativos de las opciones dependen de las restricciones sobre los recursos y de las posibilidades tecnológicas que no se conocen bien, así como de las actuaciones de los gobiernos y del sector privado.

En las publicaciones se apoya firmemente la viabilidad de alcanzar las características de rendimiento y de costo supuestas para las tecnologías de energía en las construcciones LESS, en los dos próximos decenios, si bien no puede hablarse con certeza hasta que termine la investigación y el desarrollo y hasta que se experimenten las tecnologías en el mercado. Además, las características de rendimiento y de costo no pueden lograrse sin una fuerte y sostenida inversión en investigación, desarrollo y demostración (IDyD). Muchas de las tecnologías que se están desarrollando necesitarían inicialmente un apoyo para penetrar en el mercado, y alcanzar el suficiente volumen a fin de reducir costos para ser competitivas.

La penetración en el mercado y la continuada aceptabilidad de diferentes tecnologías de energía dependen en última instancia de su costo relativo, del rendimiento (incluido el rendimiento medioambiental), los arreglos institucionales, y la reglamentación y las políticas. Como los costos varían según los lugares y aplicaciones, la amplia variedad de circunstancias crea al principio oportunidades para que las nuevas tecnologías puedan penetrar en el mercado. Para comprender mejor las posibilidades de reducir las emisiones se necesitarán análisis más detallados de las opciones, teniendo en cuenta las condiciones locales.

En razón del gran número de opciones, hay flexibilidad en cuanto a la posible evolución del sistema de suministro de energía, y a la manera en que en el desarrollo del sistema de energía pueden influir consideraciones distintas del cambio climático, inclusive las circunstancias políticas, medioambientales (en particular la contaminación del aire en las ciudades y en locales cerrados, la acidificación y la regeneración de tierras), y socioeconómicas.

4.2 Agricultura, pastizales y silvicultura

Además de utilizar combustibles de biomasa para sustituir a los combustibles fósiles, la gestión de bosques, tierras agrícolas y pastiza-

les puede desempeñar una importante función para reducir las emisiones actuales de CO₂, CH₄ y N₂O, y aumentar los sumideros de carbono. Merced a diversas medidas se pueden conservar y secuestrar sustanciales cantidades de carbono (aproximadamente de 60 a 90 GtC en el sector forestal solamente) en los próximos 50 años. En dicho sector, se estima que los costos de la conservación y el secuestro de carbono en biomasa y suelo varían notablemente, pero pueden competir con otras opciones de mitigación. Entre los factores que influyen en los costos figuran los costos de oportunidad de la tierra; los costos iniciales de plantación y establecimiento; los costos de los criaderos; el costo anual del mantenimiento y del control, y los costos de transacción. Los beneficios directos e indirectos variarán según las circunstancias nacionales, y podrán compensar los costos. Hay más prácticas en el sector agrícola con las que se pueden reducir las emisiones de otros gases de efecto invernadero como CH₄ y N₂O. Las medidas de uso y gestión de la tierra comprenden:

- Sostenimiento de la cubierta forestal existente
- Disminución de la deforestación
- Regeneración de bosques naturales
- Establecimiento de plantaciones de árboles
- Fomento de la agrosilvicultura
- Alteración de la gestión de suelos agrícolas y pastizales
- Mayor eficiencia en el uso de fertilizantes
- Regeneración de tierras agrícolas y pastizales degradados
- Recuperación de CH₄ del estiércol almacenado
- Mejoramiento de la calidad de la dieta de los rumiantes.

La cantidad neta por zona unitaria de carbono conservado o secuestrado en la biomasa viva con una práctica particular de gestión de los bosques y el clima actual es relativamente bien conocida. Las principales incertidumbres en la estimación de un valor global son: i) la cantidad de tierra adecuada y disponible para programas de forestación, regeneración y/o restablecimiento; ii) el ritmo a que puede reducirse realmente la deforestación en las regiones tropicales; iii) el uso a largo plazo (seguridad) de esas tierras, y iv) que continúe siendo conveniente llevar a cabo ciertas prácticas en determinados lugares, debido a la posibilidad de cambios de temperatura, disponibilidad de agua, etc., en razón del cambio climático.

4.3 Cuestiones intersectoriales

La evaluación intersectorial de diferentes combinaciones de opciones de mitigación se centra en las interacciones de toda la gama de tecnologías y prácticas que pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o secuestrar carbono. Los análisis actuales sugieren lo siguiente:

- **Diversos usos que compiten por la tierra, el agua y otros recursos naturales.** Con el crecimiento demográfico y la expansión de la economía aumentará la demanda de tierra y de otros recursos naturales necesarios para proporcionar, entre otras cosas, alimentos, fibras, productos forestales y servicios recreativos. El cambio climático interactuará con los consecuentes patrones intensificados de utilización de los recursos. Quizá haya también necesidad de tierra y de otros recursos para mitigar las emisiones de gases de

efecto invernadero. Con la mejor productividad agrícola en el mundo entero, y especialmente en los países en desarrollo, aumentaría la disponibilidad de tierra para producir energía de biomasa.

- **Opciones de geoingeniería.** Se han sugerido algunos planteamientos de geoingeniería para contrarrestar el cambio climático debido a gases de efecto invernadero (por ejemplo, colocar reflectores de radiación solar en el espacio o inyectar sulfatos en aerosol en la atmósfera para imitar la influencia del enfriamiento de erupciones volcánicas). Es probable que esos métodos resulten ineficaces, sea costoso mantenerlos y/o tengan graves efectos para el medio ambiente y de otro tipo en muchos casos mal conocidos.

4.4 Instrumentos de política

La mitigación depende de la reducción de los obstáculos a la difusión y la transferencia de tecnología, la movilización de recursos financieros, el apoyo a la creación de capacidad en los países en desarrollo, y otros métodos para ayudar a realizar los cambios de comportamiento y aprovechar las oportunidades tecnológicas en todas las regiones del mundo. La combinación óptima de políticas variará de un país a otro, según la estructura política y la receptividad de la sociedad. Los dirigentes de los gobiernos nacionales, aplicando esas políticas, contribuirán a responder a las consecuencias adversas del cambio climático. Los gobiernos pueden optar por políticas que faciliten la penetración de tecnologías con menos intensidad de gases de efecto invernadero y modifiquen las normas de consumo. En efecto, son muchos los países que tienen gran experiencia en una variedad de políticas que pueden acelerar la adopción de tales tecnologías. Esta experiencia se debe a los esfuerzos realizados entre los últimos 20 y 30 años para lograr una mejor eficiencia de la energía, reducir los impactos ambientales de las políticas agrícolas, y alcanzar objetivos de conservación y medioambientales no relacionados con el cambio climático. Las políticas para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero podrán aplicarse más fácilmente cuando se conciben para abordar otros problemas que impiden el desarrollo sostenible (por

ejemplo, la contaminación del aire y la erosión del suelo). Cierta número de políticas, algunas de las cuales tal vez requieran acuerdos regionales o internacionales, pueden facilitar la implantación de tecnologías con menos intensidad de gases de efecto invernadero y de nuevos hábitos de consumo, como los siguientes:

- Establecimiento de marcos institucionales y estructurales apropiados
- Estrategias para determinar los precios de la energía (por ejemplo, impuestos sobre el carbono y la energía, y reducción de las subvenciones en la producción de energía)
- Reducción o supresión de otros subsidios (por ejemplo, subsidios a la agricultura y al transporte) que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero
- Permisos negociables de emisiones
- Programas voluntarios y acuerdos negociados con la industria
- Programas de gestión de la demanda en servicios públicos
- Programas de reglamentación, con inclusión de normas mínimas sobre la eficiencia de energía (por ejemplo, para electrodomésticos y para reducir el consumo de combustible)
- Estimulo de IDyD para disponer de nuevas tecnologías
- Programas de demostración e impulso del mercado que estimulen el desarrollo y la aplicación de tecnologías avanzadas
- Incentivos a la energía renovable durante su establecimiento en el mercado
- Incentivos tales como disposiciones para acelerar la amortización y reducir los costos para los consumidores.
- Educación y formación; medidas de información y asesoramiento
- Opciones que puedan servir asimismo de respaldo a otros objetivos económicos y medioambientales.

Para el desarrollo acelerado de tecnologías que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenten los sumideros de los mismos — y para comprender los obstáculos que impiden su difusión en el mercado — los gobiernos y el sector privado tienen que intensificar la investigación y el desarrollo.

**RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS:
LAS DIMENSIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES
DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

GRUPO DE TRABAJO III DEL IPCC

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS: LAS DIMENSIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

El Grupo de Trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue reestructurado en noviembre de 1992 y encargado de realizar “evaluaciones técnicas de los aspectos socioeconómicos de los impactos, la adaptación y la mitigación del cambio climático tanto a corto como a largo plazo y a niveles regional y mundial”. El Grupo de Trabajo III respondió a ese mandato y estipuló en su plan de trabajo que situaría las perspectivas socioeconómicas en el contexto del desarrollo sostenible y, de conformidad con la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), trataría exhaustivamente las opciones de mitigación y adaptación, al mismo tiempo que abarcaría todos los sectores económicos y todas las fuentes relevantes y sumideros de gases de efecto invernadero.

En este informe se evalúan muchas de las publicaciones sobre los aspectos socioeconómicos del cambio climático y se identifican ámbitos en que existe consenso sobre cuestiones esenciales y los aspectos en que subsisten diferencias¹. Los capítulos se han dispuesto de manera que abarquen varias cuestiones esenciales. Primero, se describen los marcos de la evaluación socioeconómica de costos y beneficios de la acción y de la inacción. Se presta especial atención a las posibilidades de aplicar análisis de costo-beneficio, a la incorporación de consideraciones de equidad y sociales, y a las cuestiones de equidad entre generaciones. Segundo, se analizan los beneficios económicos y sociales de la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la potenciación de los sumideros. Tercero, se evalúan los costos económicos, sociales y medioambientales de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Luego, se examinan las opciones de respuesta genéricas a la mitigación y a la adaptación, se resumen métodos para estimar los costos y la eficacia de diferentes opciones de respuesta, y se tratan técnicas de evaluación integrada. Por último, el informe ofrece una evaluación económica de los instrumentos de políticas para combatir el cambio climático.

De conformidad con el plan de trabajo aprobado, esta evaluación de los textos socioeconómicos relacionados con el cambio climático se centra en estudios económicos; el material procedente de otras ciencias sociales se encuentra sobre todo en el capítulo en que se tratan las consideraciones de equidad y sociales. El informe es una evaluación de la situación actual del conocimiento — lo que sabemos y lo que no sabemos — y no una prescripción para la aplicación de políticas. Los países pueden utilizar la información contenida en el presente informe para ayudar a tomar las decisiones que crean más apropiadas para sus circunstancias específicas.

2. ÁMBITO DE EVALUACIÓN

El cambio climático plantea al decisor una formidable serie de complicaciones: un considerable número de incertidumbres que

persisten (propias de la complejidad del problema), las posibilidades de daños y costos irreversibles, un horizonte de planificación a muy largo plazo, periodos muy amplios entre las emisiones y los efectos, una extensa variación regional de causas y efectos, el irreducible alcance mundial del problema, y la necesidad de considerar numerosos gases de efecto invernadero y aerosoles. Pero, además, surge otra complicación, porque para proteger eficazmente el sistema climático se requiere la cooperación mundial.

Por otra parte, en las publicaciones figuran varias ideas que pueden ser útiles a los responsables de políticas:

- Los análisis indican que el cambio climático puede abordarse con prudencia merced a una serie de acciones destinadas a la mitigación, la adaptación y la mejora de conocimientos. Esas medidas diferirán según los países. El desafío no estriba en hallar la mejor política hoy para los 100 años próximos, sino en elegir una estrategia prudente y ajustarla periódicamente, habida cuenta de la nueva información.
- Con prontas acciones de mitigación se puede disponer de más flexibilidad para avanzar hacia la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Artículo 2). Al elegir los métodos de reducción hay que equilibrar los riesgos económicos de una rápida reducción ahora (con lo que la retirada prematura de capital será posteriormente innecesaria) y el riesgo correspondiente de la demora (con lo que habrá que proceder luego a una reducción más rápida, para lo que será necesaria la retirada prematura de capital en el futuro).
- En las publicaciones se indica que se dispone de oportunidades “sin pesar”² significativas en la mayoría de los países y que el riesgo del daño neto agregado debido al cambio climático, la consideración de la aversión al riesgo y la aplicación del principio de precaución ofrecen razones para acciones que trascienden las medidas “sin pesar”.

¹ En la Convención Marco sobre el Cambio Climático se define el “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 cuestión en cuanto a si esos cambios son potenciales o pueden identificarse ya se analiza en el volumen sobre la ciencia y el cambio climático del segundo informe de evaluación del IPCC.

² Las medidas “sin pesar” son aquellas cuyos beneficios, como menores costos de la energía y menos emisiones locales/regionales de contaminantes, igualan o superan su costo para la sociedad, *excluidos* los beneficios de la mitigación del cambio climático. A veces se denominan “medidas que merece la pena aplicar, de todos modos”.

- El valor de la mejor información sobre los procesos y los impactos del cambio climático y las respuestas de la sociedad a ellos probablemente sea considerable. En particular, en las publicaciones se concede gran valor a la información sobre la sensibilidad del clima a los gases de efecto invernadero y a los aerosoles, la forma en que se producen los daños del cambio climático, y variables como crecimiento económico y tasas de mejora de la eficiencia de energía. También es muy valiosa una mejor información sobre los costos y los beneficios de las medidas de mitigación y adaptación, y la manera en que pueden variar en los decenios venideros.
- Los análisis de las cuestiones económicas y sociales relacionadas con el cambio climático, especialmente en países en desarrollo donde se han efectuado pocos trabajos de esta naturaleza, constituyen una gran prioridad de la investigación. Más generalmente, es preciso realizar investigaciones sobre la evaluación integrada y los análisis de la adopción de decisiones relacionadas con el cambio climático. Además, también es imperativa la investigación para conocer mejor los aspectos económicos de las no linealidades y las nuevas teorías de crecimiento económico. La investigación y el desarrollo relacionados con las tecnologías de eficiencia de energía y las opciones de energía no fósil ofrecen asimismo grandes posibilidades. Por otra parte, se requieren igualmente investigaciones sobre el desarrollo de esquemas de consumo sostenible.

Entre las posibles acciones que los responsables de políticas pueden considerar, con arreglo a los acuerdos internacionales aplicables, para implantar medidas de bajo costo y/o rentables con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para la adaptación al cambio climático figuran las siguientes:

- aplicar medidas de uso eficiente de la energía, como la supresión de obstáculos institucionales a las mejoras de rendimiento energético;
- reducir gradualmente las políticas y prácticas distorsionadoras existentes que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero, como algunas subvenciones y reglamentaciones, la no internalización de los costos ambientales, y distorsiones en los precios del transporte;
- aplicar medidas para pasar de combustibles con emisiones intensas de carbono a combustibles con emisiones de carbono menos intensas o a combustibles sin emisiones de carbono, como las energías renovables;
- aplicar medidas para potenciar los sumideros o reservorios de gases de efecto invernadero, por ejemplo mejorando la gestión forestal y las prácticas de aprovechamiento de la tierra;
- aplicar medidas y elaborar nuevas técnicas para reducir las emisiones de metano, óxido nitroso y otras emisiones de gases de efecto invernadero;
- estimular formas de cooperación internacional para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, como aplicación de impuestos coordinados sobre las emisiones de carbono/consumo de energía, actividades conjuntas, y cuotas negociables;
- fomentar el desarrollo y la aplicación de normas nacionales e internacionales sobre la eficiencia de energía;
- promover acciones voluntarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero;

- fomentar la educación y la formación, aplicar medidas de información y asesoramiento para el desarrollo sostenible y normas de consumo que faciliten la mitigación del cambio climático y la adaptación;
- planificar y aplicar medidas para adaptarse a las consecuencias del cambio climático;
- emprender investigaciones para comprender mejor las causas y los impactos del cambio climático y facilitar una adaptación más eficaz al mismo;
- realizar investigaciones tecnológicas destinadas a minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, debidas a la continua utilización de combustibles fósiles y desarrollar fuentes comerciales de energía no fósil;
- establecer mecanismos institucionales más satisfactorios, como mejores disposiciones sobre seguros, para compartir los riesgos de los daños causados por el cambio climático.

Contribución de la economía

- Las estimaciones de los costos y de los beneficios derivados de la estabilización de *concentraciones* de gases de efecto invernadero son sensibles, entre otras cosas, a la concentración fijada como objetivo, la evolución de las emisiones hasta ese nivel, el tipo de descuento, e hipótesis relacionadas con los costos y la disponibilidad de tecnologías y prácticas.
- A pesar de su uso generalizado en la evaluación de políticas económicas, se reconoce ampliamente que el Producto Interior Bruto es una medida imperfecta del bienestar de la sociedad, en gran parte porque no tiene en cuenta la degradación del medio ambiente y los sistemas naturales. Existen otras metodologías para tratar de tomar en consideración esos valores no relacionados con el mercado y la sostenibilidad social y ecológica. Tales metodologías proporcionarían una indicación más completa de cómo el cambio climático puede influir en la sociedad.
- En vista del carácter correlacionado del sistema económico mundial, las tentativas para mitigar el cambio climático mediante acciones en una región o un sector pueden tener efectos económicos compensadores que podrían aumentar las emisiones de otras regiones y sectores (los denominados escapes). Esos escapes de las emisiones pueden reducirse merced a medidas coordinadas de grupos de países.
- En la literatura se sugiere que las políticas flexibles y rentables basadas en incentivos e instrumentos económicos, así como en instrumentos coordinados, pueden disminuir considerablemente los costos de mitigación o adaptación o bien aumentar la rentabilidad de las medidas para reducir las emisiones.

Consideraciones de equidad

Al considerar los principios y cuestiones de equidad relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero es importante tener en cuenta consideraciones de políticas, en particular los Artículos 3, 4.2 a) y 11.2 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, el Principio 2 de la Declaración de Río, y los principios generales del derecho internacional.

En los análisis científicos no puede prescribirse el uso que debe hacerse de la equidad al aplicar la Convención Marco sobre el Cambio Climático, pero los análisis pueden aclarar las implicaciones de opciones alternativas y su base ética.

- Los países en desarrollo necesitan apoyo para la creación de capacidad institucional y endógena, de manera que puedan participar más efectivamente en la adopción de decisiones sobre el cambio climático.
- En el análisis de las medidas de mitigación y adaptación es importante considerar los aspectos de eficiencia y equidad. Para los fines del análisis es posible separar la eficiencia de la equidad. Esta separación analítica presupone que existen, o pueden crearse, instituciones eficaces para la redistribución apropiada de los costos del cambio climático, y sólo es válida para fines de políticas en tal caso. Tal vez fuera útil analizar las implicaciones de la equidad de determinadas medidas para lograr la eficacia, incluidas sus consideraciones y efectos sociales.

3. MARCOS DE ADOPCIÓN DE DECISIONES PARA ABORDAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Como el cambio climático es un problema mundial, se necesitan análisis completos sobre la mitigación, la adaptación y las medidas de investigación a fin de determinar la estrategia más eficaz y apropiada para abordar el cambio climático. La adopción internacional de decisiones relacionadas con el cambio climático, según se estipula en la CMCC, es un proceso colectivo en el que la diversidad de intereses, como equidad, protección ecológica, economía, ética, y cuestiones relacionadas con la pobreza, revisten especial significado para las generaciones actuales y futuras. En la economía internacional sobre el medio ambiente, y especialmente en los textos sobre el cambio climático, hasta ahora no se han desarrollado suficientemente las formas de tratar la adopción de decisiones en condiciones de incertidumbre, aversión al riesgo, procesos de desarrollo y difusión de tecnologías, y consideraciones de distribución.

En la adopción de decisiones relacionadas con el cambio climático han de tenerse en cuenta las características *excepcionales* del “problema”: grandes incertidumbres (científicas y económicas), posibles no linealidades e irreversibilidades, distribución asimétrica de impactos geográfica y temporalmente, el larguísimo horizonte de tiempo y la naturaleza global del cambio climático con el potencial asociado de evolución sin control. Además de las incertidumbres científicas (analizadas en el volumen sobre la ciencia y el cambio climático del segundo informe de evaluación del IPCC) y las incertidumbres de impacto (volumen sobre análisis científicos y técnicos de impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático del segundo informe de evaluación del IPCC), las *incertidumbres socioeconómicas* están relacionadas con las estimaciones de cómo esos cambios afectarán a la sociedad humana (incluidos los impactos económicos directos y los más amplios sobre el bienestar) y con las consecuencias socioeconómicas de la reducción de las emisiones.

La otra dimensión que acrecienta las incertidumbres y complica la adopción de decisiones es *geográfica*: el cambio climático es un problema

mundial que abarca una mezcla increíblemente diversa de sociedades humanas, con distintas historias, circunstancias y capacidades. Muchos países en desarrollo se encuentran en climas relativamente cálidos, dependen más de la agricultura, y tienen una infraestructura y estructuras sociales menos desarrolladas, por lo que pueden padecer más que la media, quizá mucho más. En los países desarrollados también puede haber grandes impactos del cambio climático.

En las publicaciones se resalta asimismo que la demora de respuestas es en sí una decisión que entraña costos. En algunos estudios se sugiere que el costo de la demora es reducido, en tanto que en otros se insiste en que los costos pueden incluir la imposición de riesgos a todas las partes (particularmente las más vulnerables), una mayor utilización de la limitada capacidad atmosférica, y posibles aplazamientos de la evolución técnica deseable. En los textos no se refleja ningún consenso.

En razón de la naturaleza mundial del problema — que requiere la acción colectiva de los Estados soberanos — y de las grandes diferencias en las circunstancias de distintas partes se plantean cuestiones de consecuencia y de procedimiento. Las primeras se refieren a los resultados, en tanto que las segundas se refieren a la manera de tomar las decisiones. En relación con el cambio climático, la existencia de un marco jurídico convenido supone un proceso colectivo dentro de un marco negociado (la CMCC). Por lo tanto, la adopción de decisiones puede considerarse en tres categorías diferentes de marcos, cada una de ellas con distintas implicaciones y claros focos: optimización mundial (tratando de hallar el resultado globalmente óptimo), adopción de decisiones de procedimiento (estableciendo y perfeccionando las normas de procedimiento), y adopción colectiva de decisiones (tratando las cuestiones de distribución y los procesos que intervienen en la interacción de numerosos decisores independientes).

La aplicación de los textos sobre adopción de decisiones al cambio climático ofrece elementos que pueden utilizarse en la creación de estrategias colectivas y/o orientadas al mercado para compartir riesgos y obtener beneficios mutuos. En ellas se sugiere que las acciones sean secuenciales (distribuidas temporalmente), que los países apliquen una serie de medidas de mitigación, adaptación e investigación, y que ajusten continuamente esa serie de medidas teniendo presentes los nuevos conocimientos. Puede considerarse que las posibilidades de transferencia de recursos financieros y de tecnología a países en desarrollo forman parte de todo marco analítico completo.

Los elementos de una estrategia relacionada con el mercado conciernen a los *seguros y mercados de riesgo*. El riesgo mancomunado no cambia el riesgo, pero puede mejorar la eficiencia económica y el bienestar. Aunque no existe un seguro capaz de compartir los riesgos del cambio climático a nivel mundial, una de las importantes ventajas potenciales de la cooperación en un marco colectivo, como la Convención Marco sobre el Cambio Climático, es la distribución del riesgo. Es difícil crear un sistema de seguros para cubrir los riesgos del cambio climático,³ y la comunidad internacional todavía no ha establecido esos instrumentos sofisticados. Sin embargo, esto no

³ Sin conocer el grado de los posibles impactos, no se conoce la capacidad de los mercados privados para asegurar contra pérdidas asociadas al cambio climático.

impide que en la futura acción internacional se establezcan mercados de seguros suficientes para algunas necesidades internacionales.

4. CONSIDERACIONES DE EQUIDAD Y SOCIALES

Las consideraciones de equidad son un aspecto importante de la política del cambio climático y de la Convención. En el lenguaje común, por equidad se entiende “la calidad de ser imparcial” o “algo cabal y justo”. La CMCC, además de las referencias a equidad y equitativo en los Artículos 3.1, 4.2 a) y 11.2, ofrece el contexto para esfuerzos con el fin de aplicar la equidad en aras de los propósitos y el objetivo de la Convención. También puede servir de orientación el derecho internacional, incluidas las decisiones pertinentes de la Corte Internacional de Justicia.

Varios principios éticos, como la importancia de atender las necesidades fundamentales de la población, pueden ser pertinentes para abordar el cambio climático, pero la aplicación a las relaciones entre Estados de principios desarrollados originalmente para orientar el comportamiento individual es compleja y nada sencilla. Las políticas sobre el cambio climático no deben agravar las disparidades existentes entre una región y otra, ni tratar de resolver todos los problemas de equidad.

La equidad entraña cuestiones de procedimiento y de consecuencia. Las de procedimiento se refieren a cómo se toman las decisiones, en tanto que las de consecuencia se refieren a los resultados. Para ser eficaces y promover la cooperación, los acuerdos han de considerarse legítimos, y la equidad es un elemento importante para conseguir la legitimidad.

La equidad de procedimiento abarca cuestiones de proceso y participación. Requiere que todas las partes puedan participar efectivamente en negociaciones internacionales relacionadas con el cambio climático. Las medidas apropiadas para que los países en desarrollo puedan participar efectivamente en negociaciones aumentan las perspectivas de alcanzar acuerdos eficaces, duraderos y equitativos acerca de la mejor manera de abordar la amenaza del cambio climático. Las preocupaciones por la equidad y los impactos sociales señalan la necesidad de establecer capacidades endógenas y de reforzar capacidades institucionales, particularmente en países en desarrollo, para tomar y aplicar decisiones colectivas en forma legítima y equitativa.

La equidad de consecuencia tiene dos componentes: la distribución de los costos de daños o adaptación y de medidas para mitigar el cambio climático. Como hay sustanciales diferencias entre los países en cuanto a vulnerabilidad, riqueza, capacidad, dotación de recursos, y otros factores que se enumeran a continuación, los costos de los daños, la adaptación y la mitigación pueden soportarse en forma poco equitativa, a menos que se aborde explícitamente la distribución de esos costos.

El cambio climático probablemente imponga costos a las generaciones futuras y a regiones donde se producen daños, incluidas regiones con

bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Los impactos del cambio climático se distribuirán de manera desigual.

La Convención reconoce en el Artículo 3.1 el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. Las acciones que trascienden las medidas “sin pesar” imponen costos a la generación actual. Las políticas de mitigación plantean inevitablemente cuestiones sobre cómo compartir los costos. Las intenciones iniciales para la limitación de las emisiones de las Partes del Anexo I representan un primer paso colectivo y convenido de esas partes para abordar el cambio climático.

Los argumentos sobre la equidad pueden apoyar una diversidad de propuestas para distribuir los costos de mitigación. La mayoría de ellas se agrupan en dos enfoques principales: iguales asignaciones a las emisiones per cápita y asignaciones basadas en desviaciones incrementales de las emisiones nacionales de referencia (actuales o previstas). En algunas propuestas se combinan ambos enfoques, en un esfuerzo por incorporar las preocupaciones de equidad no abordadas, por basarse exclusivamente en uno u otro enfoque. El IPCC puede aclarar científicamente las implicaciones de diferentes enfoques y propuestas, pero la elección de determinadas propuestas es un juicio político.

Entre países desarrollados y en desarrollo hay sustanciales variaciones en cuanto a la aplicación de principios de equidad a la mitigación. Entre ellas figuran variaciones de emisiones históricas y acumulativas, emisiones actuales totales y per cápita, intensidades de las emisiones y resultado económico, y factores como riqueza, estructuras energéticas y dotación de recursos. Escasea la literatura sobre las implicaciones de equidad de esas variaciones entre países desarrollados y en desarrollo.

Además, las consecuencias del cambio climático para los países en desarrollo difieren con respecto a los países desarrollados. Los primeros tienen a menudo prioridades urgentes diferentes, instituciones más débiles, y son en general más vulnerables al cambio climático. Sin embargo, es probable que el porcentaje de las emisiones globales por parte de los países en desarrollo crezca todavía más para atender sus necesidades sociales y de desarrollo. Y es probable que las emisiones de gases de efecto invernadero sean cada vez más globales, aunque subsistan al mismo tiempo grandes disparidades per cápita.

En el análisis de las medidas de mitigación y adaptación es importante considerar las preocupaciones por la eficiencia y la equidad. Quizá convenga efectuar análisis de las implicaciones de equidad de determinadas medidas para lograr eficiencia, incluidas sus consideraciones y consecuencias sociales.

5. EQUIDAD INTERTEMPORAL Y DESCUENTO

La política sobre el clima, como muchos otros asuntos de política, plantea particulares cuestiones de equidad entre generaciones, porque las generaciones futuras no pueden influir directamente en las políticas elegidas hoy que posiblemente afecten a su bienestar, y

porque tal vez no sea posible compensar a esas generaciones por la disminución consiguiente de su bienestar.

El desarrollo sostenible es un planteamiento de equidad intergeneracional. Atiende las “necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para responder a las suyas propias”.⁴ Existe consenso entre economistas en que esto no supone que las futuras generaciones deban heredar un mundo con la misma cantidad al menos de cada recurso. Pero el desarrollo sostenible exigiría la compensación adecuada por el uso de recursos naturales agotables y la degradación del medio ambiente, por ejemplo, aumentando los bienes productivos suficientemente para que las futuras generaciones tengan en todo caso el mismo nivel de vida que en la actualidad. En la literatura difieren las opiniones sobre el grado en que la infraestructura y los conocimientos, por una parte, y los recursos naturales, como un medio ambiente sano, por otra, pueden intercambiarse. Esto es esencial para aplicar tales conceptos. Algunos analistas destacan que determinados recursos abordables son únicos y no pueden sustituirse. Otros creen que las generaciones actuales pueden compensar a las futuras por la disminución de la calidad o la cantidad de recursos ambientales mediante incrementos en otros recursos.

El descuento es el principal instrumento analítico que utilizan los economistas para comparar efectos económicos que se producen en distintos momentos. La elección del tipo de descuento tiene fundamental importancia técnica en los análisis de política sobre el cambio climático, porque el horizonte de tiempo es sumamente largo, y los costos de mitigación suelen llegar mucho antes que los beneficios de los daños evitados. Cuanto más alto es el tipo de descuento, menores serán los beneficios futuros y más importancia tendrán los costos corrientes en el análisis.

La elección de un tipo de descuento social es también una cuestión de valores, puesto que relaciona inherentemente los costos de medidas actuales con posibles daños sufridos por generaciones futuras, si no se toman medidas.⁵ Una cuestión pendiente en economía, y que probablemente subsista, es la mejor manera de elegir un tipo de descuento. En parte como consecuencia, en los diversos países se utilizan tipos de descuento distintos. Los analistas proceden normalmente a estudios de sensibilidad utilizando diversos tipos de descuento. Por lo demás, debe reconocerse que el tipo de descuento social presupone que todos los efectos se transforman en su equivalente en consumo. Esto dificulta la aplicación de aquellos impactos del cambio climático no relacionados con el mercado que —por razones éticas— pueden o —por razones prácticas— no pueden convertirse en unidades de consumo.

La literatura sobre el tipo de descuento social apropiado para los análisis del cambio climático puede agruparse en dos grandes categorías: en un planteamiento se descuenta el consumo de diferentes generaciones utilizando la “tasa social de preferencia temporal”, que es la suma de la tasa de “preferencia temporal pura” (impaciencia) y de la tasa de aumento de bienestar derivada de mayores ingresos per cápita en el futuro. Según los valores tomados para los diferentes parámetros, el tipo de descuento tiende a caer entre el 0,5% y el 3,0% anual sobre una base global, utilizando este planteamiento. Sin

embargo, existen amplias variaciones en los tipos de descuento regionales, pero pueden seguir siendo coherentes con determinado promedio mundial.

En el segundo planteamiento del tipo de descuento se consideran la rentabilidad de las inversiones en el mercado, que varían entre 3% y 6% en términos reales para las inversiones públicas a largo plazo, sin riesgo. Conceptualmente, pueden invertirse fondos en proyectos que generan tales rendimientos, empleándose el beneficio para aumentar el consumo de las generaciones futuras.

La elección del tipo de descuento social para proyectos de inversión pública es cuestión de preferencia de política, pero influye también notablemente en la evaluación económica de las acciones del cambio climático.⁶ Por ejemplo, en dólares actuales, 1 000 \$ de daños dentro de 100 años equivaldrían a 370 \$ utilizando un tipo de descuento de 1% (cerca del extremo inferior de la gama del primer planteamiento), pero se valorarían en 7,60 \$ utilizando un tipo de descuento de 5% (cerca del extremo superior de la gama del segundo planteamiento). Ahora bien, en los análisis de rentabilidad de políticas en horizontes a corto plazo, el efecto de utilizar tipos de descuento diferentes es mucho menor. En todos los sectores, los analistas deben especificar el tipo o tipos de descuento que emplean para facilitar la comparación y la agregación de resultados.

6. APLICABILIDAD DE LAS EVALUACIONES DE COSTO Y DE BENEFICIO

Al evaluar proyectos y cuestiones de política pública relacionados con el cambio climático, incluido el análisis de posibles costos y beneficios, deben tomarse en consideración numerosos factores. Si bien no todos los costos y beneficios pueden medirse en términos monetarios, existen diversas técnicas que ofrecen un marco útil para organizar información sobre las consecuencias de acciones alternativas para abordar el cambio climático.

Entre las técnicas analíticas para examinar las políticas y decisiones económicas sobre el medio ambiente figuran análisis tradicionales de costo-beneficio a nivel de proyectos, análisis de rentabilidad, análisis de criterios múltiples y análisis de decisión. En los análisis tradicionales de costo-beneficio se trata de comparar todos los costos y beneficios expresados en términos de una unidad monetaria común. En los análisis de rentabilidad se trata de hallar la opción menos costosa para lograr un objetivo especificado, utilizando otros criterios. Los análisis de criterios múltiples están concebidos para abordar problemas en que algunos beneficios y/o costos se miden en

⁴ Una noción conexa (algo más fuerte) es que cada generación tiene derecho a heredar un planeta y una base de recursos culturales al menos tan buenos como los de las generaciones anteriores.

⁵ Un tipo de descuento social es un tipo de descuento apropiado para uso de los gobiernos al evaluar la política pública.

⁶ A pesar de las diferencias en el valor y el tipo de descuento, las políticas desarrolladas sobre la base de los dos planteamientos pueden conducir a resultados similares.

unidades no monetarias. Los análisis de decisión se centran concretamente en la adopción de decisiones con incertidumbre.

En principio, este grupo de técnicas puede contribuir a mejorar las decisiones sobre política pública en relación con el grado deseable de las acciones para mitigar el cambio climático global, el momento de esas acciones, y los métodos que han de aplicarse.

El análisis de costo–beneficio tradicional se basa en el concepto de que el nivel de control de las emisiones en cada momento está determinado de manera que los costos marginales sean iguales a los beneficios marginales. Sin embargo, podría ser difícil, y a veces imposible, evaluar tanto los costos como los beneficios. Esto se puede deber a grandes incertidumbres, a posibles catástrofes con probabilidades muy pequeñas, o simplemente a que no se dispone de métodos coherentes para monetizar los efectos. En algunos de esos casos, tal vez puedan aplicarse análisis de criterios múltiples. Esto ofrece a los responsables de políticas una serie más amplia de información, incluida la evaluación de los costos y beneficios pertinentes, estimados en un marco común.

La aplicación práctica de análisis de costo–beneficio tradicionales al problema del cambio climático es, pues, difícil, debido a la naturaleza mundial, regional e intergeneracional del problema. Las estimaciones de los costos de las opciones de mitigación pueden variar también ampliamente. Además, las estimaciones de los posibles daños físicos debidos al cambio climático varían igualmente mucho. Por otro lado, la confianza en las estimaciones monetarias de importantes consecuencias (especialmente no relacionadas con el mercado) es reducida. Estas incertidumbres, y la resolución de la incertidumbre en el tiempo, pueden ser decisivas al elegir estrategias para combatir el cambio climático. El objetivo del análisis de decisiones es tratar tales problemas. Sin olvidar que, para algunas categorías de impactos ecológicos, culturales y de salud humana, no se dispone de conceptos económicos de valor ampliamente aceptados. En el grado en que no pueden valorarse en términos monetarios algunos impactos y medidas, los economistas mejoran el planteamiento del análisis tradicional de costo–beneficio con técnicas como análisis de criterios múltiples, que permiten alguna expresión cuantitativa de las compensaciones que habrán de hacerse. Estas técnicas no resuelven cuestiones en que interviene la equidad; por ejemplo, determinando quién debe soportar los costos. Pero proporcionan importante información acerca de la incidencia del daño, la mitigación y los costos de adaptación, y dónde pueden aplicarse acciones rentables.

A pesar de numerosas imperfecciones, estas técnicas proporcionan un marco valioso para identificar cuestiones esenciales, que han de afrontar los responsables de políticas al tratar del cambio climático, a saber:

- ¿Cuánto deben reducirse las emisiones de gases de efecto invernadero?
- ¿Cuándo deben reducirse las emisiones?
- ¿Cómo deben reducirse las emisiones?

Estas técnicas analíticas ayudan a los decisores a comparar las consecuencias de acciones alternativas, incluidas las de la inacción, sobre

una base cuantitativa, y pueden contribuir sin duda a la resolución de estas cuestiones.

7. LOS COSTOS SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPÓGENO: DAÑOS DEBIDOS AL AUMENTO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La literatura sobre el asunto tratado en esta sección es controvertida y se basa principalmente en investigaciones realizadas en países desarrollados, extrapoladas con frecuencia a países en desarrollo. No existe consenso sobre cómo asignar un valor económico estadístico a la vida, ni cómo agregar estos valores entre países.⁷ La valoración monetaria no debe eclipsar las consecuencias humanas de los daños antropógenos del cambio climático, porque la vida tiene más importancia que la valoración monetaria. Procede señalar que en la Declaración de Río y en el Programa 21 se pide que los seres humanos sigan constituyendo el centro del desarrollo sostenible. El método adoptado para esta valoración puede influir en las estrategias de reducción de la escala de daños. Debe señalarse que prácticamente en todos los textos considerados en esta sección las vidas estadísticas en los países en desarrollo no se han valorado igual que en los países desarrollados, ni se ha dado a otros daños en los países en desarrollo el mismo valor que en los desarrollados. Como las circunstancias nacionales, incluidos los costos de oportunidad, difieren, los economistas evalúan a veces ciertas clases de impacto de diferente forma entre los países.

Los beneficios de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y de mejorar los sumideros son: *a)* la evitación de daños debidos al cambio climático, y *b)* los beneficios secundarios asociados con las políticas pertinentes. Los beneficios secundarios comprenden reducciones en otros contaminantes producidos junto con gases de efecto invernadero y la conservación de la diversidad biológica. Los daños netos del cambio climático comprenden impactos relacionados y no relacionados con el mercado, en la medida en que pueden cuantificarse actualmente y, en ocasiones, los costos de adaptación. Los daños se expresan en términos netos para tener en cuenta que también hay algunos impactos benéficos del calentamiento global, dominados empero por los costos de los daños. Los impactos no relacionados con el mercado, como salud humana, riesgo de mortalidad humana, y daño a los ecosistemas, constituyen un componente importante de las estimaciones disponibles de los costos sociales del cambio climático. En la literatura sobre la valoración monetaria de esos efectos no relacionados con el mercado se reflejan puntos de vista y planteamientos divergentes. Sin embargo, las estimaciones de los daños no relacionados con el mercado son sumamente especulativas e incompletas.

Las estimaciones de daños no relacionados con el mercado son fuente de importantes incertidumbres al evaluar las consecuencias del cambio climático global para el bienestar humano. En tanto que unos consideran la valoración monetaria de esos impactos esencial

⁷ El valor de la vida estadística se define como el valor que se asigna a un cambio en el peligro de muerte entre la población.

para una buena adopción de decisiones, otros rechazan la valoración monetaria de algunos impactos, como el riesgo de mortalidad humana, por razones éticas. Además, existe el peligro de que puedan quedar totalmente destruidas culturas únicas. Esto no es algo que pueda considerarse en términos monetarios, pero se convierte en una cuestión de pérdida de diversidad humana, para la que no disponemos de indicadores que permitan medir el valor económico.

En los textos analizados figuran sólo algunas estimaciones de daños monetizados relacionados con escenarios de concentración equivalente de CO₂ duplicada. Estas estimaciones se agregan a escala global e ilustran los posibles impactos del cambio climático en escenarios seleccionados. La agregación de distintos daños monetizados para obtener impactos de bienestar social totales conlleva difíciles decisiones sobre la equidad entre países. Las estimaciones mundiales se basan en la agregación de daños monetarios entre países (daños que son en sí agregaciones implícitas entre individuos) que refleja diferencias de riqueza e ingresos entre países, lo cual influye fundamentalmente en la valoración monetaria de los daños. Dar por sentado diferencias de ingresos supone que un impacto equivalente en dos países (como el mismo incremento de la mortalidad humana) recibiría ponderaciones muy diferentes en los cálculos de los daños globales.

Para poder elegir entre distintas formas de fomentar el bienestar humano sobre una base coherente, los economistas tratan de expresar, desde hace muchos años, una amplia gama de impactos humanos y ambientales en términos de equivalentes monetarios, utilizando diversas técnicas. La más común de ellas es un planteamiento basado en la disposición observada a pagar por diversos beneficios no relacionados con el mercado.⁸ Este es el enfoque adoptado en la mayoría de los textos evaluados.

La vida humana es un elemento ajeno al mercado, y las sociedades pueden desear preservarla en un modo igualitario. Un método que comprenda la valoración igualitaria de los impactos sobre la vida humana dondequiera que ocurran puede producir diferentes estimaciones de agregación global de las señaladas a continuación. Por ejemplo, la igualación del valor de una vida estadística a una media global puede dejar sin variación el daño global total, pero aumentaría notablemente la parte de esos daños soportados por el mundo en desarrollo. La igualación del valor al nivel típico en países desarrollados aumentaría los daños monetizados varias veces, e incrementaría aún más la parte de los países en desarrollo en la estimación del daño total.

Pueden utilizarse otros métodos de agregación para ajustar las diferencias en la riqueza o los ingresos de los países en los cálculos de daños monetarios. Como las estimaciones del daño monetario tienden a ser un porcentaje más alto del PIB nacional para los países de baja renta que para los de alta renta, se espera que los sistemas de agregación que se ajustan a efectos de riqueza o de ingresos produzcan estimaciones más altas de los daños globales que las presentadas en este informe.

Los textos analizados en que se cuantifican los daños totales del calentamiento de 2-3°C proporcionan una amplia gama de estimaciones puntuales de los daños, en vista del presunto cambio en las

concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Las estimaciones acumuladas tienden a ser varios puntos porcentuales del PIB mundial, que son, en general, estimaciones considerablemente más altas de daños a países en desarrollo como parte de su PIB. Las estimaciones acumuladas están sometidas a considerable incertidumbre, pero la gama de incertidumbre no puede deducirse de la literatura sobre el tema. No es posible interpretar la gama de estimaciones como intervalo de confianza, en vista de que las hipótesis y las metodologías difieren ampliamente en los estudios. Como ya se ha señalado, la agregación probablemente encubra incluso mayores incertidumbres sobre los componentes del daño.

Entre los planteamientos regionales o sectoriales para estimar las consecuencias del cambio climático figura una gama mucho más amplia de estimaciones de los efectos económicos netos. Para algunas áreas, los daños estimados son considerablemente mayores, y podrían afectar negativamente al desarrollo económico. Para otros, se estima que el cambio climático aumentará la producción económica y ofrecerá oportunidades de desarrollo económico. Para los países que tienen en general una economía industrial y diversificada y una mano de obra instruida y flexible, la limitada serie de estimaciones publicadas de daños son del orden de uno a pocos puntos del PIB. Para los países que cuentan en general con una economía especializada y basada en recursos naturales (por ejemplo, los que insisten mucho en la agricultura o la silvicultura) y una fuerza de trabajo deficientemente desarrollada y vinculada a la tierra, las estimaciones de los daños en los pocos estudios de que se dispone son varias veces mayores. Las islas pequeñas y las zonas costeras bajas son particularmente vulnerables. En estas estimaciones no se reflejan los daños debidos a posibles catástrofes en gran escala, como importantes cambios en la circulación oceánica. Hay poco acuerdo entre estudios sobre la magnitud exacta de cada categoría de daños o la clasificación relativa de las categorías de daños.⁹ Se espera que los cambios climáticos de esta magnitud no se hagan realidad en varios decenios, y entre tanto los daños podrían ser menores. En un periodo de tiempo más largo, los daños podrían ser mayores.¹⁰

El IPCC no refrenda ninguna gama particular de valores del daño marginal de las emisiones de CO₂, pero las estimaciones publicadas varían entre 5 \$ y 125 \$ (EE.UU., 1990) por tonelada de carbono emitida en la actualidad. Esta gama de estimaciones no representa la gama completa de incertidumbre. Las estimaciones se basan igualmente en modelos que siguen siendo simplistas, son representaciones

⁸ El concepto de disposición a pagar indica, sobre la base de deseos expresados, de los recursos disponibles y de la información, las preferencias de un ser humano en un momento dado. Los valores pueden cambiar con el tiempo. También se han avanzado otros conceptos (como la disposición a aceptar indemnización por daños), pero no aplicados todavía ampliamente, en la literatura, y la interpretación y aplicación de la disposición a pagar y otros conceptos sobre el problema del clima pueden evolucionar.

⁹ En razón del tiempo transcurrido entre conclusiones en las ciencias naturales, su uso en la determinación de los posibles impactos físicos y biológicos, y la subsiguiente incorporación en análisis económicos del cambio climático, las estimaciones de los daños originados por el cambio climático se basan principalmente en los resultados científicos de los informes del IPCC de 1990 y 1992.

¹⁰ Véase el volumen sobre análisis científicos y técnicos de impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático del segundo informe de evaluación del IPCC.

limitadas de los procesos del clima real actuales, y se basan en informes científicos del IPCC anteriores. La amplia gama de estimaciones de los daños refleja las variaciones en los escenarios de los modelos, los tipos de descuento y otras hipótesis. Debe destacarse que las estimaciones de los costos sociales tienen una amplia gama de incertidumbre, debido al limitado conocimiento de los impactos, a la incierta evolución tecnológica y socioeconómica en el futuro, y a la posibilidad de fenómenos catastróficos o sorpresas.

8. EVALUACIÓN GENÉRICA DE LAS ESTRATEGIAS DE RESPUESTA

Se dispone de una amplia serie de tecnologías y prácticas para mitigar las emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero. También existen muchas medidas de adaptación para responder a los impactos del cambio climático. Todas estas tecnologías, prácticas y medidas tienen costos financieros y ambientales, así como beneficios. En esta sección se analiza la gama de opciones de que se dispone actualmente o tratada en la literatura. La combinación óptima de opciones de respuesta variará según los países y con el tiempo, pues las condiciones locales y los costos cambian.

El examen de las opciones de mitigación de CO₂ sugiere que:

- En numerosos sectores existen grandes posibilidades de **conservación de energía y mejoras de eficiencia** rentables en el suministro y utilización de la energía. Tales opciones ofrecen beneficios económicos y ambientales, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Varias de ellas pueden aplicarse rápidamente, en razón de su pequeño tamaño unitario, de las características de diseño modular y de los bajos costos durante su vida útil. Las opciones de la **mitigación de CO₂ en el uso de la energía** comprenden métodos alternativos y mejoras de eficiencia, entre otros en los sectores de construcción, vivienda, comercio, agricultura e industria. No todas las estrategias rentables se basan en nuevas tecnologías; algunas pueden basarse en la mejor difusión de la información y la educación del público, estrategias de gestión, políticas de determinación de precios y reformas institucionales.
- Las estimaciones de las posibilidades técnicas de pasar a **combustibles con menos intensidad de carbono** varían regionalmente y con el tipo de medida y la disponibilidad económica de reservas de combustibles fósiles y alternativos. En estas estimaciones se tienen también en cuenta las emisiones de potenciales de metano procedentes de los escapes de gas natural durante la producción y la distribución.
- **En las tecnologías de las energías renovables** (por ejemplo, solar, hidroeléctrica, eólica, biomasa tradicional y moderna, y conversión de energía térmica oceánica) se han logrado diferentes niveles de desarrollo técnico, madurez económica y disponibilidad comercial. Las posibilidades de estas fuentes de energía no se comprenden plenamente. Las estimaciones de los costos de estas tecnologías son sensibles a las características propias del lugar, la variabilidad de recursos y la forma de energía final suministrada. Estas estimaciones de los costos varían considerablemente.

- **La energía nuclear**¹¹ es una tecnología implantada desde hace varios decenios en muchos países. Sin embargo, diversos factores han frenado la expansión de la energía nuclear, como: a) la percepción aprensiva por el público como consecuencia de accidentes nucleares, y b) no haberse resuelto aún plenamente cuestiones relacionadas con la seguridad de los reactores, la proliferación de material fisible, la desmantelación de centrales de energía, y la eliminación a largo plazo de desechos nucleares, así como, en algunos casos, una demanda de electricidad menor de la prevista. A causa de dificultades de reglamentación y emplazamiento han aumentado los tiempos de construcción, lo cual ha supuesto costos de capital más elevados de esta opción en algunos países. Si pueden resolverse estos problemas, incluidos, entre otros, los aspectos sociales, políticos y ambientales mencionados, la parte de la energía nuclear en la producción mundial de energía puede aumentar.
- **La captura y eliminación de CO₂** podría estar limitada, en última instancia, por razones técnicas y ambientales, porque no todas las formas de eliminación garantizan que el carbono no vuelva a entrar en la atmósfera.
- Las opciones de la **silvicultura** ofrecen, en algunos casos, grandes posibilidades, costos modestos, poco riesgo y otras ventajas. Además, las posibilidades del uso moderno de la biomasa como fuente de combustible y electricidad podrían resultar atractivas. Entre las opciones rentables para reducir la acumulación de CO₂ en la atmósfera figuran la detención o disminución de la deforestación y el aumento de la reforestación mediante más programas de productividad silvícola y gestión sostenible que incrementen la productividad agrícola, la expansión de las reservas forestales y el fomento del turismo ecológico. Los programas de silvicultura plantean importantes consideraciones de equidad.¹²

También se dispone de una amplia gama de tecnologías y prácticas para reducir las emisiones de **metano** de fuentes como sistemas de gas natural, minas de carbón, vertederos de residuos y granjas. Sin embargo, la cuestión de la reducción de las emisiones relacionadas con el suministro de alimentos puede suponer compensaciones con tasas de producción alimentaria. Estas compensaciones deben evaluarse minuciosamente, ya que pueden influir en la satisfacción de las necesidades básicas en algunas naciones, en particular países en desarrollo.

La mayoría de las emisiones de **óxido nitroso** proceden de fuentes difusas relacionadas con la agricultura y la silvicultura. Es difícil reducir rápidamente esas emisiones. Las emisiones industriales de **óxido nitroso y compuestos halogenados** tienden a concentrarse en unos cuantos sectores claves y a que su control sea más fácil. Las medidas para limitar tales emisiones pueden resultar atractivas en muchos países.

La lenta aplicación de numerosas opciones tecnológicamente atractivas y rentables enumeradas anteriormente tiene muchas expli-

¹¹ *Ibidem*.

¹² Estos se tratan en la Sección 4 anterior y en el volumen sobre las dimensiones económicas y sociales del cambio climático, del segundo informe de evaluación del IPCC.

caciones posibles, siendo uno de los principales factores el costo real y percibido. Entre otros factores, la disponibilidad de capital, las deficiencias de información, los obstáculos institucionales y las imperfecciones del mercado influyen en el ritmo de difusión de esas tecnologías. Una condición previa para concebir políticas adecuadas y eficientes que estimulen su más amplia adopción es conocer las razones específicas de un país.

La educación y la formación, así como la información y las medidas de asesoramiento, son importantes aspectos de las diversas opciones de respuesta.

Muchas de las tecnologías y prácticas para la reducción de las emisiones descritas proporcionan además otros beneficios a la sociedad. Entre ellos figuran una mejor calidad del aire, la mejor protección de las aguas superficiales y subterráneas, más productividad animal, menos riesgos de explosiones e incendios, y mejor utilización de los recursos de energía.

También se dispone de numerosas opciones para **adaptarse** a los impactos del cambio climático y reducir así los daños a las economías nacionales y a los ecosistemas naturales. Hay opciones adaptables en muchos sectores, que van desde la agricultura y la energía hasta la salud, la gestión de zonas costeras, la pesca en alta mar y las actividades recreativas. Algunas de ellas ofrecen mejores posibilidades para hacer frente a los impactos actuales de la variabilidad del clima. Sin embargo, es importante considerar en las investigaciones futuras las posibles compensaciones entre la aplicación de medidas de mitigación y adaptación. En el Segundo informe del IPCC se presenta un resumen de opciones sectoriales para la adaptación.

La estrategia de respuesta óptima de cada país dependerá de las circunstancias y de las condiciones especiales que deba afrontar. No obstante, en numerosos estudios y observaciones empíricas recientes se sugiere que algunas de las opciones más rentables pueden aplicarse con gran éxito si las naciones actúan conjuntamente o en cooperación.

9. COSTOS DE LAS OPCIONES DE RESPUESTA

Debe resaltarse que el texto de esta sección es una evaluación de las publicaciones técnicas; no se formulan recomendaciones sobre cuestiones políticas. La literatura de que se dispone procede principalmente de países desarrollados.

Conceptos de costo

Desde la perspectiva de esta sección sobre la evaluación de los costos de mitigación o de adaptación, lo que importa es el costo neto (costo total menos beneficios y costos secundarios). Los costos netos excluyen los costos sociales del cambio climático, que se tratan en la Sección 7. En los textos analizados se produce una gama muy amplia de estimaciones de los costos de las opciones de respuesta. Esa gama refleja en gran medida notables diferencias en las hipótesis sobre la eficiencia de energía y otros mercados, y sobre la capacidad de las

instituciones estatales para hacer frente a los fallos o las imperfecciones percibidos del mercado.

Las medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero pueden generar impactos económicos adicionales (por ejemplo, por factores tecnológicos externos asociados con el fomento de programas de investigación y desarrollo) y/o impactos ambientales (como las menores emisiones precursoras de lluvia ácida y de smog urbano). Los estudios indican que los beneficios ambientales secundarios pueden ser sustanciales, pero que probablemente difieran de un país a otro.

Resultados específicos

Las estimaciones del costo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero dependen muchísimo de los supuestos sobre los niveles de mejoras de la eficiencia de energía en el escenario de referencia (es decir, a falta de política sobre el clima) y de una amplia variedad de factores como los patrones del consumo, la disponibilidad de recursos y de tecnología, el nivel y el momento deseado de la reducción, y la elección de instrumentos de política. Los responsables de políticas no deben confiar excesivamente en los resultados numéricos específicos de cualquier análisis. Por ejemplo, los análisis sobre costos de mitigación revelan los costos de la mitigación con relación a determinada referencia, pero no debe interpretarse que la referencia o los escenarios de intervención son representativos de probables condiciones futuras. En lo que procede centrarse es en las ideas generales sobre los principales determinantes de los costos.

Los costos de estabilizar las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero a niveles y en un período que impidan la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático (objetivo último de la CMCC) dependerán fundamentalmente de la elección de la evolución temporal de las emisiones. En el costo del programa de reducción influirán el ritmo de sustitución de capital, el tipo de descuento y el efecto de la investigación y el desarrollo.

Si no se adoptan políticas cuanto antes para estimular las inversiones de sustitución eficientes al final de la vida económica de un sistema o equipo productivo (es decir, en el momento de rotación del capital) se impondrá un costo económico a la sociedad. La aplicación de reducciones de las emisiones en proporciones que puedan absorberse durante la rotación normal del capital probablemente sea una medida más económica que aplicar ahora una retirada prematura.

La elección de procedimientos de reducción entraña, pues, un equilibrio entre los riesgos económicos de una rápida reducción ahora (con lo que la retirada prematura de capital será posteriormente innecesaria) y el riesgo correspondiente de la demora (con lo que habrá que proceder luego a una reducción más rápida, para lo que será necesaria una retirada prematura de capital en el futuro).

Para que los productores y los consumidores puedan adaptar la rentabilidad a condicionamientos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y para estimular la investigación y el desarrollo se requieren señales apropiadas de larga duración. Los beneficios asociados con la

aplicación de cualquier política “sin pesar” compensarán, al menos en parte, los costos de una serie completa de medidas de mitigación. De esta manera se dispondrá también de más tiempo para conocer los riesgos climáticos e introducir en el mercado nuevas tecnologías.

A pesar de considerables diferencias de opiniones, se coincide en que en los dos o tres próximos decenios podrán realizarse ganancias de rendimiento energético tal vez del 10% al 30% por encima de la referencia con un costo neto nulo o negativo. (Por costo neto se entiende un beneficio económico.) Con horizontes temporales más largos, que permitan una rotación más completa de capital y ofrezcan la posibilidad de que las políticas de investigación y desarrollo y transformación del mercado influyan en ciclos de sustitución múltiples, tales posibilidades son mucho mayores. La magnitud de estas posibilidades “sin pesar” depende de la existencia de sustanciales imperfecciones del mercado o institucionales que impiden la aplicación de medidas rentables para reducir las emisiones. La principal cuestión es, pues, el grado en que esas imperfecciones y obstáculos pueden superarse de manera rentable mediante iniciativas políticas como normas de eficiencia, incentivos, supresión de subvenciones, programas de información, y financiación de la transferencia de tecnología.

En varios países se han realizado progresos en la reducción rentable de imperfecciones y obstáculos institucionales en los mercados merced a instrumentos de políticas basados en acuerdos voluntarios, incentivos de eficiencia de energía, normas sobre la eficiencia de productos y programas de adquisiciones que, involucrando a los fabricantes, consigan la eficiencia energética, además de reformas en la reglamentación de los servicios públicos. En las evaluaciones empíricas, muchos han observado que la relación costo-beneficio de aumentar la eficiencia de la energía es favorable, lo que sugiere la viabilidad práctica de realizar potenciales “sin pesar” a un costo neto negativo. Pero se necesita más información sobre programas similares y mejores en un mayor número de países.

Las decisiones sobre infraestructura tienen gran importancia al determinar las emisiones a largo plazo y los costos de reducción, porque pueden mejorar o limitar el número y el tipo de opciones futuras. Las decisiones sobre infraestructura determinan las pautas de desarrollo en el transporte, los asentamientos urbanos, el uso de la tierra e influyen en el desarrollo del sistema energético y en el régimen de la deforestación. Esta cuestión reviste particular importancia para los países en desarrollo y muchas economías en transición, donde habrán de tomarse en un futuro próximo importantes decisiones sobre infraestructura.

Si el impuesto sobre el carbono o el carbono-consumo de energía se utiliza como instrumento de política para reducir las emisiones, los impuestos podrán proporcionar sustanciales ingresos, y la manera de distribuirlos puede influir enormemente en el costo de la mitigación. Si los ingresos se distribuyen reduciendo impuestos perturbadores en el sistema existente, ayudarán a reducir la excesiva carga del sistema fiscal vigente, con la posibilidad de producir un beneficio económico adicional (doble dividendo). Por ejemplo, los estudios europeos más optimistas con respecto a la posibilidad de reconversión de impuestos muestran costos negativos inferiores y, en algunos casos, ligeramente

negativos. A la inversa, con la reconversión ineficiente de los ingresos procedentes de los impuestos podrán aumentar los costos. Por ejemplo, si los ingresos de los impuestos se utilizan para financiar programas estatales que producen un rendimiento menor que las inversiones en el sector privado inevitables a causa del impuesto aumentarán los costos globales.

Existen grandes diferencias en los costos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre los países, en razón de su estado de desarrollo económico, las opciones de infraestructura y la base de recursos naturales. Esto indica que mediante la cooperación internacional puede disminuirse considerablemente el costo global de reducir las emisiones. La investigación muestra que, en principio, se podrían realizar notables ahorros si las emisiones se redujeran donde es más barato hacerlo. En la práctica, para ello se requieren mecanismos internacionales que garanticen flujos de capital y transferencias de tecnologías apropiadas entre países. En cambio, si no hay cooperación internacional pueden comprometerse las tentativas unilaterales de un país o de un grupo de países para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, las estimaciones de los denominados efectos de escape varían tanto que ofrecen pocas orientaciones a los responsables de políticas.

Hasta ahora se han efectuado más análisis sobre las posibilidades de reducir las emisiones y sobre los costos para los países desarrollados que para otras partes del mundo. Además, muchos de los modelos existentes no son apropiados para estudiar las economías en transición o las economías de países en desarrollo. Es preciso llevar a cabo una gran labor para desarrollar y aplicar modelos que puedan utilizarse fuera de los países desarrollados (por ejemplo, para representar más claramente las imperfecciones del mercado, los obstáculos institucionales, y los sectores económicos tradicionales y no estructurados). Por otro lado, en las consideraciones que siguen y en la mayor parte del informe básico se trata de los costos de las opciones de respuesta a nivel nacional o regional en términos de efecto sobre el PIB. Se necesitan más análisis acerca de los efectos de las opciones de respuesta sobre el empleo, la inflación, la competitividad comercial y otras cuestiones públicas.

Se han examinado numerosos estudios en que se utilizan planteamientos de cima hacia abajo y base hacia arriba (véanse las definiciones en el recuadro). Las estimaciones de los costos que supone la limitación de las emisiones de dióxido de carbono de combustibles fósiles (expresadas como carbono) varían considerablemente y dependen de la elección de metodologías, los supuestos básicos, los escenarios de emisiones, los instrumentos de política, el año al que se refieren los datos y otros criterios. Para los resultados concretos de los distintos estudios, véase el volumen sobre las dimensiones económicas y sociales del cambio climático, del segundo informe de evaluación del IPCC.

Países de la OCDE. Si bien es difícil generalizar, los análisis de arriba-abajo indican que los costos de las reducciones sustanciales por debajo de los niveles de 1990 pueden llegar a varios puntos del PIB. En el caso concreto de la estabilización de las emisiones a niveles de 1990, en la mayoría de los estudios se estima que en los próximos decenios puede llegarse a unos costos anuales que varían entre -0,5% del PIB (equiva-

lente a un beneficio de unos 60 000 millones \$ en total para los países de la OCDE a los niveles de PIB actuales) y el 2% del PIB (equivalente a una pérdida de unos 240 000 millones \$). No obstante, los estudios muestran igualmente que aplicando medidas de reducción sobre el momento adecuado, y disponiendo de alternativas de bajo costo, puede reducirse sustancialmente el importe de la factura global.

Los estudios de base hacia arriba son más optimistas sobre las posibilidades de reducción de las emisiones a un costo bajo o negativo, y la capacidad para aplicar esas posibilidades. Dichos estudios indican que los costos de reducir las emisiones en un 20% en los países desarrollados en dos o tres decenios son insignificantes o negativos. Otros estudios de base hacia arriba sugieren que es posible lograr reducciones absolutas superiores al 50% a más largo plazo, sin aumentar, y quizá incluso reduciendo, los costos totales del sistema energético.

Los resultados de los análisis de cima hacia abajo y base hacia arriba difieren debido a factores como estimaciones más altas de posibilidades sin pesar y progreso tecnológico, y una saturación más temprana en los servicios de energía por unidad de PIB. Según las evaluaciones más favorables, se pueden lograr economías de 10–20% en el costo total de los servicios de energía.

Economías en transición. El potencial de reducciones rentables en el uso de la energía puede ser considerable, pero el potencial realizable dependerá del modelo económico y del desarrollo tecnológico que se elija, así como de la disponibilidad de capital para seguir diferentes modalidades. Una cuestión esencial es el futuro de los cambios estructurales en esos países, que pueden variar espectacularmente el nivel de las emisiones de referencia y los costos de reducción de las emisiones.

Países en desarrollo. Los análisis indican que puede haber grandes posibilidades de reducir las emisiones de dióxido de carbono de combustibles fósiles a bajo costo en los países en desarrollo. Las modalidades de desarrollo que aumenten la eficiencia de la energía, fomenten tecnologías de energías alternativas, reduzcan la deforestación y mejoren la productividad agrícola y la producción de biomasa para uso energético pueden ser beneficiosas desde el punto de vista económico. Mas para ello se requiere una importante cooperación internacional y transferencias de recursos económicos y de tecnologías. Pero es probable que no sea suficiente para compensar el rápido crecimiento de las emisiones de referencia, asociado al mayor crecimiento económico y al bienestar general. Tal vez sea costoso estabilizar las emisiones de dióxido de carbono.

Debe señalarse que en los análisis de costos para las economías en transición y en los países en desarrollo no se tienen en cuenta normalmente los efectos generales de equilibrio de las medidas aplicadas unilateralmente por países desarrollados. Esos efectos pueden ser positivos o negativos, y es difícil cuantificar su magnitud.

Procede señalar asimismo que las estimaciones de costos o beneficios del orden de unos cuantos puntos porcentuales de PIB pueden representar pequeñas diferencias en las tasas de crecimiento del PIB, pero no dejan de ser sustanciales en términos absolutos.

RECUADRO 1: MODELOS CIMA HACIA ABAJO Y BASE HACIA ARRIBA

Los modelos de cima hacia abajo son modelos de agregación de toda la macroeconomía en que se recurre a análisis de tendencias y relaciones históricas para predecir las interacciones en gran escala entre los sectores de la economía, y en particular las interacciones entre el sector energético y el resto de la economía. Los modelos de cima hacia abajo comprenden en general relativamente pocos detalles sobre el consumo de energía y el cambio tecnológico, en comparación con los modelos de base hacia arriba.

En cambio, los modelos de base hacia arriba comprenden estudios detallados de los costos técnicos de una amplia gama de tecnologías disponibles y previstas, y describen con gran detalle el consumo de energía. Sin embargo, en comparación con los modelos de cima hacia abajo, en general comprenden relativamente pocos detalles sobre el comportamiento de quienes no consumen energía y las interacciones con otros sectores de la economía.

Esta simple caracterización de los modelos de cima hacia abajo y base hacia arriba es cada vez más engañosa, puesto que las versiones más recientes de cada método tienden a proporcionar mayores detalles de los aspectos menos desarrollados en el pasado. Como resultado de esta convergencia en la estructura de los modelos, los resultados suelen converger, y las diferencias subsistentes reflejan diferencias de hipótesis sobre la rapidez y la eficacia con que las instituciones del mercado adoptan nuevas tecnologías rentables o pueden ser inducidas a adoptarlas por intervenciones políticas.

Muchos de los modelos existentes no son realmente apropiados para el estudio de economías en transición o de países en desarrollo. Hay que seguir trabajando con el fin de elaborar las metodologías, los datos y los modelos apropiados, y de crear la capacidad institucional local para realizar análisis.

La preservación y el aumento de sumideros de carbono ofrece un componente notable, y con frecuencia rentable, de una estrategia de mitigación de los gases de efecto invernadero. Según los estudios, mediante la secuestro de carbono en bosques durante un período de 50 a 100 años podrían compensarse entre el 15 y 30% de las emisiones mundiales relacionadas con la energía en 1990. Los costos del secuestro de carbono, que son competitivos con las opciones de control de las fuentes, pueden diferir entre las diversas regiones del mundo.

El control de las emisiones de otros gases de efecto invernadero, especialmente metano y óxido nitroso, pueden ofrecer valiosas oportunidades de rentabilidad en algunos países. Aproximadamente el 10% de las emisiones de metano antropógenas pueden reducirse a un costo negativo o bajo mediante opciones de mitigación disponibles para fuentes de metano como sistemas de gas natural, gestión de desechos y agricultura.

10. EVALUACIÓN INTEGRADA

Los modelos de evaluación integrada combinan el conocimiento a partir de una amplia gama de disciplinas para ofrecer ideas que no se percibirían con la investigación disciplinal tradicional. Se utilizan para

explorar posibles estados de sistemas humanos y naturales, analizar cuestiones esenciales relacionadas con la formulación de políticas, y ayudar a determinar prioridades en la investigación. La integración facilita la coordinación de hipótesis de diferentes disciplinas y permite retroacciones e interacciones de que se carece en las disciplinas individuales que han de analizarse. Sin embargo, los resultados de esos análisis no son mejores que la información derivada de las ciencias económicas, atmosféricas y biológicas subyacentes. Los modelos integrados de evaluación son limitados, tanto por la base del conocimiento fundamental de que se pueden derivar como por la base empírica relativamente restringida.

La mayoría de los modelos actuales de evaluación integrada no reflejan debidamente la dinámica social y económica específica de las economías en desarrollo y en transición; por ejemplo, en ninguno de los modelos actuales se abordan la mayoría de las imperfecciones del mercado, los obstáculos institucionales o el funcionamiento del sector no estructurado en esos países. Esto puede dar lugar a errores en las evaluaciones globales, cuando las opciones de mitigación y los impactos sobre las economías en desarrollo o en transición se valoran como si su economía funcionara igual que en los países desarrollados.

A pesar de que los modelos de evaluación integrada son relativamente recientes, han evolucionado rápidamente. Los modelos de evaluación integrada pueden dividirse en dos categorías: *modelos de evaluación de políticas* y *optimización de políticas*. Los modelos de evaluación de políticas son ricos en detalles físicos y se utilizan para analizar las posibilidades de deforestación como consecuencia de interacciones entre demografía, productividad agrícola y crecimiento económico, y la relación entre el cambio climático y la extensión de regiones que padecen potencialmente malaria. En los modelos de optimización políticos se optimizan variables esenciales (por ejemplo, tasas de emisión, impuestos sobre las emisiones de carbono), para lograr objetivos políticos formulados (por ejemplo, minimización de costos u optimización de bienestar).

Las principales incertidumbres en las evaluaciones integradas actuales comprenden la sensibilidad del sistema climático a cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, la especificación y la valoración de impactos donde no hay mercados, cambios en la demografía nacional y regional, la elección de tipos de descuento e hipótesis relativas al costo, la disponibilidad y la difusión de tecnologías.

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los gobiernos disponen de diferentes series de criterios para evaluar los instrumentos de políticas internacionales o nacionales sobre los gases de efecto invernadero. Entre esos criterios figuran la eficiencia y la rentabilidad, la eficacia para alcanzar objetivos ambientales determinados, la equidad de la distribución (incluso intergeneracional), la flexibilidad ante nuevos conocimientos, la comprensión por el público en general y la coherencia con prioridades, políticas, instituciones y tradiciones nacionales. La elección de instrumentos puede

reflejar también en parte un deseo de los gobiernos de lograr otros objetivos, como desarrollo económico sostenible, alcanzar metas de desarrollo social y objetivos fiscales, o influir en niveles de contaminación indirectamente relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero. Otra preocupación de los gobiernos puede estar relacionada con los efectos de políticas sobre la competitividad.

La economía mundial, y sobre todo la economía de algunos países, padece diversas distorsiones de precios que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero, como algunas subvenciones a la agricultura y a combustibles y distorsiones en los precios del transporte. Varios estudios sobre este asunto indican que, disminuyendo gradualmente las subvenciones a los combustibles, es posible obtener reducciones globales de las emisiones de 4 a 18% y aumentos en los ingresos reales. En la mayoría de los casos, disminuyendo esas distorsiones se pueden reducir las emisiones y aumentar al propio tiempo la eficiencia económica. Sin embargo, con frecuencia se introducen subvenciones y se mantienen las distorsiones de los precios por razones sociales y de distribución, y puede ser difícil eliminarlas.

Los instrumentos de políticas pueden identificarse a dos niveles distintos: los que puede emplear un grupo de países y los que pueden emplear las diversas naciones unilateralmente o para cumplir un acuerdo multilateral.

Un grupo¹³ de países puede optar entre medidas e instrumentos de políticas, que comprendan el estímulo de acciones voluntarias y fomenten la investigación, cuotas negociables, aplicación conjunta (concretamente actividades realizadas conjuntamente en la fase experimental¹⁴), impuestos domésticos armonizados sobre las emisiones de carbono, impuestos internacionales sobre las emisiones de carbono, cuotas no negociables y varias normas internacionales. Si el grupo de países no incluyera todos los emisores importantes de gases de efecto invernadero podría haber una tendencia a una mayor utilización de combustibles fósiles en los países que no participaran en él. Este resultado podría llevar a una disminución de la competitividad internacional de algunas industrias en países participantes y de la eficacia de los esfuerzos de los países en favor del medio ambiente.

Tanto a nivel internacional como nacional, las publicaciones económicas indican que instrumentos que ofrecen incentivos económicos, como impuestos y cuotas/permisos negociables, tal vez sean más rentables que otros métodos. Probablemente sea difícil lograr normas uniformes entre grupos de países participantes en un acuerdo internacional. Sin embargo, en un grupo de países ha habido acuerdo sobre la aplicación de algunas normas uniformes.

¹³ El Grupo puede estar integrado por unos cuantos, bastantes o incluso todos los países.

¹⁴ Véase la Decisión 5/CP.1 de la Primera Conferencia de las Partes (COP1) de la CMCC.

A nivel internacional, todos los instrumentos potencialmente eficaces basados en el mercado pueden examinarse durante las negociaciones. Un sistema de cuotas negociables tiene el inconveniente de la incertidumbre del costo marginal de las emisiones, en tanto que un impuesto sobre el carbono (e instrumentos conexos) tiene el inconveniente de la incertidumbre acerca del efecto sobre el nivel a que se controlan las emisiones. El peso dado a la importancia de reducir esos diferentes tipos de incertidumbre sería un factor primordial en la nueva evaluación de esos instrumentos alternativos. Como se carece de conocimientos científicos apropiados, subsistiría un elevado grado de incertidumbre en cuanto a los resultados de limitar las emisiones a niveles concretos. La adopción de un sistema de cuotas negociables o de impuestos internacionales influiría en la distribución internacional de la riqueza. Las consecuencias de la distribución serían objeto de negociación. Para asegurar la aplicación de esos instrumentos en la práctica se necesitan estudios adicionales sobre la posible concepción de cuotas negociables e impuestos armonizados y sobre el marco institucional en que pueden funcionar.

Los distintos países que tratan de aplicar políticas de mitigación pueden optar entre un amplio conjunto de políticas e instrumentos potenciales, incluidos impuestos sobre las emisiones de carbono, permisos negociables, sistemas de reembolso de depósitos (e instrumentos conexos), y subvenciones, así como normas tecnológicas, normas de rendimiento, prohibiciones de productos, inversión estatal directa y acuerdos voluntarios. La educación del público sobre el uso sostenible de recursos puede desempeñar una importante función en la modificación de los hábitos de consumo y otros comportamientos humanos. La elección de medidas a nivel nacional puede reflejar objetivos distintos de la rentabilidad, como alcanzar metas fiscales. Los ingresos de los impuestos sobre las emisiones de carbono o los permisos negociables subastados pueden utilizarse para sustituir a los impuestos distorsionadores actuales. La elección de instrumentos puede reflejar asimismo otros objetivos ambientales, como la reducción de emisiones contaminantes sin efecto invernadero, o el aumento de la cubierta forestal, u otras preocupaciones como impactos específicos sobre determinadas regiones o comunidades.

APÉNDICE: AUTORES PRINCIPALES, AUTORES Y COLABORADORES

EQUIPO DE REDACCIÓN DEL SEGUNDO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC SOBRE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA PERTINENTE PARA INTERPRETAR EL ARTÍCULO 2 DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Bert Bolin (Presidente del IPCC y Presidente del Equipo de Redacción); John T. Houghton, Reino Unido; Gylvan Meira Filho, Brasil; Robert T. Watson, EE.UU.; Marufu C. Zinyowera, Zimbabwe; James Bruce, Canadá; Hoesung Lee, República de Corea; Bruce Callander, Reino Unido; Richard Moss, EE.UU.; Erik Haites, Canadá; Roberto Acosta Moreno, Cuba; Tariq Banuri, Pakistán; Zhou Dadi,

China; Bronson Gardner, EE.UU.; José Goldemberg, Brasil; Jean-Charles Hourcade, Francia; Michael Jefferson, Reino Unido; Jerry Melillo, EE.UU.; Irving Mintzer, EE.UU.; Richard Odingo, Kenya; Martin Parry, Reino Unido; Martha Perdomo, Venezuela; Cornelia Quennet-Thielen, Alemania; Pier Vellinga, Países Bajos; Narasimhan Sundararaman (Secretario del IPCC).

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO I DEL IPCC, 1995

Resumen técnico

D. Albritton, EE.UU.; B. Bolin, Suecia; B. Callander, Reino Unido; K. Denman, Canadá; R. Dickinson, EE.UU.; L. Gates, EE.UU.; H. Grassl, Suiza; M. Grubb, Reino Unido; N. Harris, Reino Unido; J. Houghton, Reino Unido; P. Jonas, Reino Unido; A. Kattenberg, Países Bajos; K. Maskell, Reino Unido; G. McBean, Canadá; M. McFarland, Kenya; G. Meira, Brasil; J. Melillo, EE.UU.; N. Nicholls, Australia; L. Ogallo, Kenya; M. Oppenheimer, EE.UU.; M. Prather, EE.UU.; B. Santer, EE.UU.; D. Schimel, EE.UU.; K. Shine, Reino Unido; K. Trenberth, EE.UU.; R. Warrick, Nueva Zelanda; R. Watson, EE.UU.; J. Zillman, Australia

Capítulo 1: The climate system: an overview*

Autor principal coordinador

K. Trenberth, EE.UU.

Autores principales

J. Houghton, Reino Unido; G. Meira, Brasil

Capítulo 2: Radiative forcing of climate change

Autor principal coordinador

D. Albritton, EE.UU.; P. Jonas, Reino Unido; M. Prather, EE.UU.; D. Schimel, EE.UU.; K. Shine, Reino Unido

Autores principales

D. Alves, Brasil; R. Charlson, EE.UU.; R. Derwent, Reino Unido; D. Ehrl, Alemania; I. Enting, Australia; Y. Fouquart, Francia; P. Fraser, Australia; M. Heimann, Alemania; I. Isaksen, Noruega; F. Joos, Suiza; M. Lal, India; V. Ramaswamy, EE.UU.; D. Raynaud, Francia; H. Rodhe, Suecia; S. Sadasivan, India; E. Sanhueza, Venezuela; S. Solomon, EE.UU.; J. Srinivasan, EE.UU.; T. Wigley, EE.UU.; D. Wuebbles, EE.UU.; X. Zhou, China

Colaboradores

F. Alyea, EE.UU.; T. Anderson, EE.UU.; M. Andreae, Alemania; D. Blake, EE.UU.; O. Boucher, Francia; C. Brühl, Alemania; J. Butler,

EE.UU.; D. Cunnold, EE.UU.; J. Dignon, EE.UU.; E. Dlugokenchy, EE.UU.; J. Elkins, EE.UU.; I. Fung, Canadá; M. Geller, EE.UU.; D. Hauglustaine, Francia; J. Haywood, EE.UU.; J. Heintzenberg, Alemania; D. Jacob, EE.UU.; A. Jain, EE.UU.; C. Keeling, EE.UU.; S. Khmelevtsov, Federación de Rusia; J. Lelieveld, Países Bajos; H. Le Treut, Francia; I. Levin, Alemania; M. Maiss, Alemania; G. Marland, EE.UU.; S. Marshall, EE.UU.; P. Midgley, Alemania; B. Miller, EE.UU.; J. Mitchell, Reino Unido; S. Montzka, EE.UU.; H. Nakane, Japón; P. Novelli, EE.UU.; B. O'Neill, EE.UU.; D. Oram, Reino Unido; S. Penkett, Reino Unido; J. Penner, EE.UU.; S. Prinn, EE.UU.; P. Quay, EE.UU.; A. Robock, EE.UU.; S. Schwartz, EE.UU.; P. Simmonds, Reino Unido; S. Singh, India; A. Slingo, Reino Unido; F. Stordal, Noruega; E. Sulzman, EE.UU.; P. Tans, EE.UU.; R. Weiss, EE.UU.; A. Wharner, Alemania; T. Whorf, EE.UU.

Capítulo 3: Observed climate variability and change

N. Nicholls, Australia

Autores principales

G. Gruza, Federación de Rusia; J. Jouzel, Francia; T. Karl, EE.UU.; L. Ogallo, Kenya; D. Parker, Reino Unido

Colaboradores

J. Angell, EE.UU.; S. Anjian, China; P. Arkin, EE.UU.; R. Balling Jr, EE.UU.; M. Bardin, Federación de Rusia; R. Barry, EE.UU.; W. Bomin, China; R. Bradley, EE.UU.; K. Briffa, Reino Unido; A. Carleton, EE.UU.; D. Cayan, EE.UU.; F. Chiew, Australia; J. Christy, EE.UU.; J. Church, Australia; E. Cook, EE.UU.; T. Crowley, EE.UU.; N. Datsenko, Federación de Rusia; R. Davis, EE.UU.; B. Dey, EE.UU.; H. Dia, EE.UU.; W. Drosowsky, Australia; M. Duarte, Argentina; J. Duplessy, Francia; D. Easterling, EE.UU.; J. Eischeid, EE.UU.; W. Elliott, EE.UU.; B. Findlay, Canadá; H. Flohn, Alemania; C. Folland, Reino Unido; R. Franke, Alemania; P. Frich, Dinamarca; D. Gaffen, EE.UU.; V. Georgievsky, Federación de Rusia; T. Ginsburg, Federación de Rusia; W. Gould, Reino Unido; P. Groisman, Federación de Rusia; D. Gullet, Canadá; W. Haerberli, Suiza; S. Hastenrath, EE.UU.; A. Henderson-Sellers, Australia; M. Hoelzle, Suiza; W. Hogg, Canadá; G. Holland, Australia; L. Hopkins, Australia; M. Hulme, Reino Unido; N.

* Dejamos los títulos originales en inglés, como fueron presentados en los informes de los distintos grupos de trabajo.

Ivachtchenko, Federación de Rusia; P. Jones, Reino Unido; R. Kat, EE.UU.; B. Kininmonth, Australia; R. Knight, EE.UU.; N. Kononova, Federación de Rusia; L. Korovkina, Federación de Rusia; G. Kukla, EE.UU.; K. Kumar, India; P. Lamb, EE.UU.; C. Landsea, EE.UU.; S. Levitus, EE.UU.; T. Lewis, Canadá; H. Lins, EE.UU.; J. Lough, Australia; L. Malone, Canadá; J. Marengo, Brasil; T. McMahon, Australia; E. Mekis, Canadá; A. Meshchersky, Federación de Rusia; P. Michaels, EE.UU.; S. Nicholson, EE.UU.; J. Oerlemans, Países Bajos; G. Ohring, EE.UU.; G. Pant, India; N. Plummer, Australia; F. Quinn, EE.UU.; E. Ran'kova, Federación de Rusia; E.V. Rocheva, Federación de Rusia; C. Ropelewski, EE.UU.; B. Santer, EE.UU.; H. Schmidt, Alemania; E. Semenyuk, Federación de Rusia; I. Shiklomanov, Federación de Rusia; M. Shinoda, Japón; N. Sidorenkov, Federación de Rusia; I. Soldatova, Federación de Rusia; D. Sonechkin, Federación de Rusia; R. Spencer, EE.UU.; N. Speranskaya, Federación de Rusia; K. Trenberth, EE.UU.; C. Tsay, Taiwan; J. Walsh, EE.UU.; K. Wang, Canadá; N. Ward, Italia; S. Warren, EE.UU.; T. Yasunari, Japón; Q. Zu, China

Capítulo 4: Climate processes

Autor principal coordinador

R. Dickinson, EE.UU.

Autores principales

V. Meleshko, Federación de Rusia; D. Randall, EE.UU.; E. Sarachik, EE.UU.; P. Silva-Dias, Brasil; A. Slingo, Reino Unido

Colaboradores

A. Barros, EE.UU.; O. Boucher, Francia; R. Cess, EE.UU.; A. Del Genio, EE.UU.; L. Dumenil, Alemania; R. Fu, EE.UU.; P. Gleckler, EE.UU.; J. Hansen, EE.UU.; R. Lindzen, EE.UU.; E. Maier-Reimer, Alemania; K. McNaughton, Nueva Zelandia; J. McWilliams, EE.UU.; G. Meehl, EE.UU.; M. Miller, Reino Unido; D. Neelin, EE.UU.; E. Olaguer, EE.UU.; T. Palmer, Reino Unido; C. Penland, EE.UU.; R. Pinker, EE.UU.; V. Ramaswamy, EE.UU.; D. Rind, EE.UU.; A. Robock, EE.UU.; M. Salby, EE.UU.; M. Schlessinger, EE.UU.; H. Schmid, Suiza; C. Senior, Reino Unido; Q. Shao, EE.UU.; K. Shine, Reino Unido; H. Sundquist, Suecia; A. Vogelmann, EE.UU.; A. Weaver, Canadá

Chapter 5: Climate models — evaluation

Autor principal coordinador

W. Gates, EE.UU.

Autores principales

G. Boer, Canadá; A. Henderson-Sellers, Australia; C. Folland, Reino Unido; A. Kitoh, Japón; B. McAvaney, Australia; F. Semazzi, EE.UU.; N. Smith, Australia; A. Weaver, Canadá; Q. Zeng, China

Colaboradores

J. Boyle, EE.UU.; R. Cess, EE.UU.; T. Chen, Australia; J. Christy, EE.UU.; C. Covey, EE.UU.; T. Crowley, EE.UU.; U. Cubasch, Alemania; J. Davies, Reino Unido; M. Fiorino, EE.UU.; G. Flato, Canadá; C. Fredericksen, Australia; F. Giorgi, EE.UU.; P. Gleckler, EE.UU.; J. Hack, EE.UU.; J. Hansen, EE.UU.; G. Hegerl, Alemania; R. Huang, EE.UU.; P. Irannejad, Australia; T. Johns, Reino Unido; J. Kiehl, EE.UU.; H. Koide, Japón; R. Koster, EE.UU.; J. Kutzbach, EE.UU.; S. Lambert, Canadá; R. Latif, Alemania; N. Lau, EE.UU.; P. Lemke, Alemania; R. Livezey, EE.UU.; P. Love, Australia; N. McFarlane, Canadá; K. McGuffie, EE.UU.; G. Meehl, EE.UU.; I. Mokhov, Federación de Rusia; A. Noda, Japón; B. Otto-Bliesner, EE.UU.; T. Palmer, Reino Unido; T. Phillips, EE.UU.; A. Pitman, Australia; J. Polcher, Francia; G. Potter, EE.UU.; S.B. Power, Australia; D. Randall, EE.UU.; P. Rasch, EE.UU.; A. Robock, EE.UU.; B.

Santer, EE.UU.; E. Sarachik, EE.UU.; N. Sato, Japón; A. Semtner Jr, EE.UU.; J. Slingo, Reino Unido; I. Smith, Reino Unido; K. Sperber, EE.UU.; R. Stouffer, EE.UU.; M. Sugi, Japón; J. Syktus, Australia; K. Taylor, EE.UU.; S. Tett, Reino Unido; S. Tibaldi, Italia; W. Wang, EE.UU.; W. Washington, EE.UU.; B. Weare, EE.UU.; D. Williamson, EE.UU.; T. Yamagata, Japón; Z. Yang, EE.UU.; R. Zhang, China; M. Zhang, EE.UU.; F. Zwiers, Canadá

Capítulo 6: Climate models — projections of future climate

Autor principal coordinador

A. Kattenberg, Países Bajos

Autores principales

F. Giorgi, EE.UU.; H. Grassl, Alemania; G. Meehl, EE.UU.; J. Mitchell, Reino Unido; R. Stouffer, EE.UU.; T. Tokioka, Japón; A. Weaver, Canadá; T. Wigley, EE.UU.

Colaboradores

A. Barros, EE.UU.; M. Beniston, Suiza; G. Boer, Canadá; T. Buishand, Países Bajos; J. Christensen, Dinamarca; R. Colman, Australia; J. Copeland, EE.UU.; P. Cox, Reino Unido; A. Cress, Alemania; U. Cubasch, Alemania; M. Deque, Francia; G. Flato, Canadá; C. Fu, China; I. Fung, Canadá; J. Garratt, Australia; S. Ghan, EE.UU.; H. Gordon, Australia; J. Gregory, Reino Unido; P. Guttorp, EE.UU.; A. Henderson-Sellers, Australia; K. Hennessy, Australia; H. Hirakuchi, Japón; G. Holland, Australia; B. Horton, Reino Unido; T. Johns, Reino Unido; R. Jones, Reino Unido; M. Kanamitsu, EE.UU.; T. Karl, EE.UU.; D. Karoly, Australia; A. Keen, Reino Unido; T. Kittel, EE.UU.; T. Knutson, EE.UU.; T. Koide, Japón; G. Können, Países Bajos; M. Lal, India; R. Laprise, Canadá; R. Leung, EE.UU.; A. Lupo, EE.UU.; A. Lynch, Australia; C. Ma, EE.UU.; B. Machenhauer, Alemania; E. Maier-Reimer, Alemania; M. Marinucci, EE.UU.; B. McAvaney, Australia; J. McGregor, Australia; L. Mearns, EE.UU.; N. Miller, EE.UU.; J. Murphy, Reino Unido; A. Noda, Japón; M. Noguer, Reino Unido; J. Oberhuber, Alemania; S. Parey, Francia; H. Pleym, Noruega; J. Raisanen, Finlandia; D. Randall, EE.UU.; S. Raper, Reino Unido; P. Rayner, EE.UU.; J. Roads, EE.UU.; E. Roeckner, Alemania; G. Russell, EE.UU.; H. Sasaki, Japón; F. Semazzi, EE.UU.; C. Senior, Reino Unido; C. Skelly, Australia; K. Sperber, EE.UU.; K. Taylor, EE.UU.; S. Tett, Reino Unido; H. von Storch, Alemania; K. Walsh, Australia; P. Whetton, Australia; D. Wilks, EE.UU.; I. Woodward, Reino Unido; F. Zwiers, Canadá

Capítulo 7: Changes in sea level

Autor principal coordinador

D. Warrick, Nueva Zelandia

Autores principales

C. Le Provost, Francia; M. Meier, EE.UU.; J. Oerlemans, Países Bajos; P. Woodworth, Reino Unido

Colaboradores

R. Alley, EE.UU.; C. Bentley, EE.UU.; R. Bindshadler, EE.UU.; R. Braithwaite, Reino Unido; B. Douglas, EE.UU.; M. Dyurgerov, Federación de Rusia; N. Flemming, Reino Unido; C. Genthon, Francia; V. Gornit, EE.UU.; J. Gregory, Reino Unido; W. Haeberli, Suiza; P. Huybrechts, Alemania; T. Jóhannesson, Islandia; U. Mikolajewicz, Alemania; S. Raper, Reino Unido; D. Sahagian, EE.UU.; T. Wigley, EE.UU.; J. de Wolde, Países Bajos

Capítulo 8: Detection of climate change and attribution of causes

Autor principal coordinador

B. Santer, EE.UU.

Autores principales

E. Anyamba, EE.UU.; T. Barnett, EE.UU.; T. Wigley, EE.UU.

Colaboradores

P. Bloomfield, EE.UU.; E. Cook, EE.UU.; C. Covey, EE.UU.; T. Crowley, EE.UU.; T. Delworth, EE.UU.; L. Gates, EE.UU.; N. Graham, EE.UU.; J. Gregory, Reino Unido; J. Hansen, EE.UU.; K. Hasselmann, Alemania; G. Hegerl, Alemania; T. Johns, Reino Unido; P. Jones, Reino Unido; T. Karl, EE.UU.; D. Karoly, Australia; H. Keshgi, EE.UU.; M. MacCracken, EE.UU.; K. Maskell, Reino Unido; G. Meehl, EE.UU.; J. Mitchell, Reino Unido; J. Murphy, Reino Unido; N. Nicholls, Australia; G. North, EE.UU.; M. Oppenheimer, EE.UU.; J. Penner, EE.UU.; S. Power, Australia; A. Robock, EE.UU.; C. Senior, Reino Unido; K. Taylor, EE.UU.; S. Tett, Reino Unido; F. Zwiers, Canadá

Capítulo 9: Terrestrial biotic responses to environmental change and feedbacks to climate

Autor principal coordinador

J. Melillo, EE.UU.

Autores principales

G. Farquhar, Australia; C. Prentice, Suecia; O. Sala, Argentina; E. Schulze, Alemania

Colaboradores

P. Bartlein, EE.UU.; F. Bazzaz, EE.UU.; R. Bradshaw, Suecia; J. Clark, EE.UU.; M. Claussen, Alemania; G. Collat, EE.UU.; M. Coughenour, EE.UU.; C. Field, EE.UU.; J. Foley, Australia; A. Friend, Reino Unido;

B. Huntley, Reino Unido; C. Körner, Suiza; W. Kur, Canadá; R. Leemans, Países Bajos; J. Lloyd, Australia; P. Martin, Italia; K. McNaughton, Nueva Zelandia; A. McGuire, EE.UU.; R. Neilson, EE.UU.; W. Oechel, EE.UU.; J. Overpeck, EE.UU.; W. Parton, EE.UU.; L. Pitelka, EE.UU.; D. Rind, EE.UU.; S. Running, EE.UU.; D. Schimel, EE.UU.; T. Smith, EE.UU.; T. Webb, EE.UU.; C. Whitlock, EE.UU.

Capítulo 10: Marine biotic responses to environmental change and feedbacks to climate

Autor principal coordinador

K. Denman, Canadá

Autores principales

E. Hofmann, EE.UU.; H. Marchant, Australia

Colaboradores

M. Abbott, EE.UU.; T. Bates, EE.UU.; S. Calvert, Canadá; M. Fasham, Reino Unido; R. Jahnke, EE.UU.; S. Kempe, Alemania; R. Lara, Alemania; C. Law, Reino Unido; P. Liss, Reino Unido; A. Michaels, Bermuda; T. Pederson, Canadá; M. Peña, Canadá; T. Platt, Canadá; K. Van Scoy, Reino Unido; J. Sharp, EE.UU.; D. Thomas, Israel; J. Walsh, EE.UU.; A. Watson, Reino Unido

Capítulo 11: Advancing our understanding

Autor principal coordinador

G. McBean, Canadá

Autores principales

P. Liss, Reino Unido; S. Schneider, EE.UU.

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO II DEL IPCC, 1995

Autores/colaboradores del resumen para responsables de políticas y del resumen técnico

R.T. Watson, EE.UU.; M.C. Zinyowera, Zimbabwe; R.H. Moss, EE.UU.; R. Acosta Moreno, Cuba; S. Adhikary, Nepal; M. Adler, EE.UU.; S. Agrawala, India; A. Guillermo Aguilar, México; S. Al-Khouli, Arabia Saudita; B. Allen-Diaz, EE.UU.; M. Ando, Japón; R. Andressen, Venezuela; B.W. Ang, Singapur; N. Arnell, Reino Unido; A. Arqui-Niederberger, Suiza; W. Baethgen, Uruguay; B. Bates, Australia; M. Beniston, Suiza; R. Bierbaum, EE.UU.; L. Bijlsma, Países Bajos; M. Boko, Benín; B. Bolin, Suecia; S. Bolton, EE.UU.; E. Bravo, Venezuela; S. Brown, EE.UU.; P. Bullock, Reino Unido; M. Cannell, Reino Unido; O. Canziani, Argentina; R. Carcavallo, Argentina; C. Clemente Cerri, Brasil; W. Chandler, EE.UU.; F. Cheghe, Kenya; Chunzhen Liu, China; V. Cole, EE.UU.; W. Cramer, Alemania; R.V. Cruz, Filipinas; O. Davidson, Sierra Leone; E. Desa, India; Deying Xu, China; S. Diaz, Argentina; A. Dlugolecki, Reino Unido; J. Edmonds, EE.UU.; J. Everett, EE.UU.; A. Fischlin, Suiza; B. Fitzharris, Nueva Zelandia; D. Fox, EE.UU.; J. Friaa, Túnez; A. Rauja Gacuhi, Kenya; W. Galinski, Polonia; H. Gitay, Australia; P. Groffman, EE.UU.; A. Grubler, Austria; H. Gruenspecht, EE.UU.; S. Hamburg, EE.UU.; T. Hoffman, Sudáfrica; J.I. Holten, Noruega; H. Ishitani, Japón; V. Ittekkot, Alemania; T. Johansson, Suecia; Z. Kaczmarek, Polonia; T. Kashiwagi, Japón; M. Kirschbaum, Australia; P. Komor, EE.UU.; A. Krovnin, Federación de Rusia; R. Klein, Países Bajos; S. Kulshrestha, India; H. Lang, Suiza; H. Le Houerou, Francia; R. Leemans, Países Bajos; M. Levine, EE.UU.; Lin

Erda, China; D. Lluç-Belda, México; M. MacCracken, EE.UU.; J. Magnuson, EE.UU.; G. Mailu, Kenya; J. Mworio Maitima, Kenya; G. Marland, EE.UU.; K. Maskell, Reino Unido; R. McLean, Australia; A. McMichael, Australia/Reino Unido; L. Michaelis, Francia; E. Miles, EE.UU.; W. Moomaw, EE.UU.; R. Moreira, Brasil; P. Mulholland, EE.UU.; N. Nakicenovic, Austria; R. Nicholls, Reino Unido; S. Nishioka, Japón; I. Noble, Australia; L. Nurse, Barbados; R. Odongo, Kenya; R. Ohashi, Japón; E. Okemwa, Kenya; M. Oquist, Suecia; M. Parry, Reino Unido; M. Perdomo, Venezuela; M. Petit, Francia; W. Piver, EE.UU.; P.S. Ramakrishnan, India; N.H. Ravindranath, India; J. Reilly, EE.UU.; A. Riedacker, Francia; H.-H. Rogner, Canadá; J. Sathaye, EE.UU.; D. Sauerbeck, Alemania; M. Scott, EE.UU.; S. Sharma, India; D. Shriner, EE.UU.; S.K. Sinha, India; J. Skea, Reino Unido; A. Solomon, EE.UU.; E. Stakhiv, EE.UU.; O. Starosolszky, Hungría; Su Jilan, China; A. Suarez, Cuba; B. Svensson, Suecia; H. Takakura, Japón; M. Taylor, EE.UU.; L. Tessier, Francia; D. Tirpak, EE.UU.; Tran Viet Lien, Vietnam; J.-P. Troade, Francia; H. Tsukamoto, Japón; I. Tsuzaka, Japón; P. Vellinga, Países Bajos; T. Williams, EE.UU.; P. Young, EE.UU.; Youyu Xie, China; Zhou Fengqi, China

Capítulo A: Ecophysiological, ecological, and soil processes in terrestrial ecosystems: a primer on general concepts and relationships

Autor principal coordinador

M.U.F. Kirschbaum, Australia

Autores principales

P. Bullock, Reino Unido; J.R. Evans, Australia; K. Goulding, Reino Unido; P.G. Jarvis, Reino Unido; I.R. Noble, Australia; M. Rounsevell, Reino Unido; T.D. Sharkey, EE.UU.

Colaboradores

M.P. Austin, Australia; P. Brookes, Reino Unido; S. Brown, EE.UU.; H.K.M. Bugmann, Alemania; W.P. Cramer, Alemania; S. Diaz, Argentina; H. Gitay, Australia; S.P. Hamburg, EE.UU.; J. Harris, Reino Unido; J.I. Holten, Noruega; P.E. Kriedemann, Australia; H.N. Le Houerou, Francia; S. Linder, Suecia; R.J. Luxmoore, EE.UU.; R.E. McMurtrie, Australia; L.F. Pitelka, EE.UU.; D. Powlson, Reino Unido; R.J. Raison, Australia; E.B. Rastetter, EE.UU.; R. Roetter, Alemania; J. Rogasik, Alemania; D.R. Sauerbeck, Alemania; W. Sombroek, FAO; S.C. van de Geijn, Países Bajos

Capítulo B: Energy primer***Autor principal coordinador***

N. Nakicenovic, IIASA

Autores principales

A. Grübler, IIASA; H. Ishitani, Japón; T. Johansson, Suecia; G. Marland, EE.UU.; J.R. Moreira, Brasil; H-H. Rogner, Canadá

Capítulo 1: Climate change impacts on forests***Autor principal coordinador***

M.U.F. Kirschbaum, Australia; A. Fischlin, Suiza

Autores principales

M.G.R. Cannell, Reino Unido; R.V.O. Cruz, Filipinas; W. Galinski, Polonia; W.P. Cramer, Alemania

Colaboradores

A. Alvarez, Cuba; M.P. Austin, Australia; H.K.M. Bugmann, Alemania; T.H. Booth, Australia; N.W.S. Chipompha, Malawi; W.M. Ciesla, FAO; D. Eamus, Australia; J.G. Goldammer, Alemania; A. Henderson-Sellers, Australia; B. Huntley, Reino Unido; J.L. Innes, Suiza; M.R. Kaufmann, EE.UU.; N. Kräuchi, Suiza; G.A. Kile, Australia; A.O. Kokorin, Federación de Rusia; Ch. Körner, Suiza; J. Landsberg, Australia; S. Linder, Suecia; R. Leemans, Países Bajos; R.J. Luxmoore, EE.UU.; A. Markham, WWF; R.E. McMurtrie, Australia; R.P. Neilson, EE.UU.; R.J. Norby, EE.UU.; J.A. Odera, Kenya; I.C. Prentice, Suecia; L.F. Pitelka, EE.UU.; E.B. Rastetter, EE.UU.; A.M. Solomon, EE.UU.; R. Stewart, Canadá; J. van Minnen, Países Bajos; M. Weber, Alemania; D. Xu, China

Capítulo 2: Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation***Autor principal coordinador***

B. Allen-Diaz, EE.UU.

Autores principales

F.S. Chapin, EE.UU.; S. Diaz, Argentina; M. Howden, Australia; J. Puigdefábregas, España; M. Stafford Smith, Australia

Autores

T. Benning, EE.UU.; F. Bryant, EE.UU.; B. Campbell, Nueva Zelanda; J. du Toit, Zimbabwe; K. Galvin, EE.UU.; E. Holland, EE.UU.; L. Joyce, EE.UU.; A.K. Knapp, EE.UU.; P. Matson, EE.UU.; R. Miller, EE.UU.; D. Ojima, EE.UU.; W. Polley, EE.UU.; T. Seastedt, EE.UU.; A. Suarez, Cuba; T. Svejcar, EE.UU.; C. Wessman, EE.UU.

Colaboradores

W.N. Ekaya, Kenya; J. Ellis, EE.UU.; L.D. Incoll, Reino Unido; J. Kinyamario, Kenya; N. Maceira, Argentina; C. Magadza, Zimbabwe; T. Oikawa, Japón; R. Rodriguez, Argentina; O. Sala, Argentina; C. Scoppa, Argentina

Capítulo 3: Deserts in a changing climate: impacts***Autor principal coordinador***

I.R. Noble, Australia; H. Gitay, Australia

Colaboradores

A.N. Alwelaie, Arabia Saudita; M.T. Hoffman, Sudáfrica; A.R. Saunders, Australia

Capítulo 4: Land degradation and desertification***Autor principal coordinador***

P. Bullock, Reino Unido; H. Le Houerou, Francia

Autores principales

M.T. Hoffman, Sudáfrica; M. Rounsevell, Reino Unido; J. Sehgal, India; G. Várallyay, Hungría

Colaboradores

A. Aidoud, Argelia; R. Balling, EE.UU.; C. Long-Jun, China; K. Goulding, Reino Unido; L.N. Harsh, India; N. Kharin, Turkmenistán; J. Labraga, Argentina; R. Lal, EE.UU.; S. Milton, Sudáfrica; H. Muturi, Kenya; F. Nachtergaele, FAO; A. Palmer, Sudáfrica; D. Powlson, Reino Unido; J. Puidefábregas, España; J. Rogasik, Alemania; M. Rostagno, Argentina; P. Roux, Sudáfrica; D. Sauerbeck, Alemania; W. Sombroek, FAO; C. Valentin, Francia; W. Lixian, China; M. Yoshino, Japón

Capítulo 5: Impacts of climate change on mountain regions***Autor principal coordinador***

M. Beniston, Suiza; D.G. Fox, EE.UU.

Autores principales

S. Adhikary, Nepal; R. Andressen, Venezuela; A. Guisan, Suiza; J.I. Holten, Noruega; J. Innes, Suiza; J. Maitima, Kenya; M.F. Price, Reino Unido; L. Tessier, Francia

Colaboradores

R. Barry, EE.UU.; C. Bonnard, Suiza; F. David, Francia; L. Graumlich, EE.UU.; P. Halpin, EE.UU.; H. Henttonen, Finlandia; F.-K. Holtmeier, Alemania; A. Jaervinen, Finlandia; S. Jonasson, Dinamarca; T. Kittel, EE.UU.; F. Kloetzli, Suiza; C. Körner, Suiza; N. Kräuchi, Suiza; U. Molau, Suecia; R. Musselman, EE.UU.; P. Ottesen, Noruega; D. Peterson, EE.UU.; N. Saelthun, Noruega; Xuemei Shao, China; O. Skre, Noruega; O. Solomina, Federación de Rusia; R. Spichiger, Suiza; E. Sulzman, EE.UU.; M. Thinon, Francia; R. Williams, Australia

Capítulo 6: Non-tidal wetlands***Autor principal coordinador***

M.G. Öquist, Suecia; B.H. Svensson, Suecia

Autores principales

P. Groffman, EE.UU.; M. Taylor, EE.UU.

Colaboradores

K.B. Bartlett, EE.UU.; M. Boko, Benin; J. Brouwer, Holanda; O.F. Canziani, Argentina; C.B. Craft, EE.UU.; J. Laine, Finlandia; D. Larson, EE.UU.; P.J. Martikainen, Finlandia; E. Matthews, EE.UU.; W. Mullié, Holanda; S. Page, Reino Unido; C.J. Richardson, EE.UU.; J. Rieley, Reino Unido; N. Roulet, Canadá; J. Silvola, Finlandia; Y. Zhang, China

Capítulo 7: The cryosphere: changes and their impacts

Autor principal coordinador

B. Blair Fitzharris, Nueva Zelandia

Autores principales

I. Allison, Australia; R.J. Braithwaite, Dinamarca; J. Brown, EE.UU.; P.M.B. Foehn, Suiza; W. Haerberli, Suiza; K. Higuchi, Japón; V.M. Kotlyakov, Federación de Rusia; T.D. Prowse, Canadá; C.A. Rinaldi, Argentina; P. Wadhams, Reino Unido; M.-K. Woo, Canadá; Xie Youyu, China

Colaboradores

O. Anisimov, Federación de Rusia; A. Aristarain, Argentina; R.A. Assel, EE.UU.; R.G. Barry, EE.UU.; R.D. Brown, Canadá; F. Dramis, Italia; S. Hastenrath, EE.UU.; A.G. Lewkowicz, Canadá; E.C. Malagnino, Argentina; S. Neale, Nueva Zelandia; F.E. Nelson, EE.UU.; D.A. Robinson, EE.UU.; P. Skvarca, Argentina; A.E. Taylor, Canadá; A. Weidick, Dinamarca

Capítulo 8: Oceans

Autor principal coordinador

V. Ittekkot, Alemania

Autores principales

Su Jilan, China; E. Miles, EE.UU.

Autores

E. Desai, India; B.N. Desai, India; J.T. Everett, EE.UU.; J.J. Magnuson, EE.UU.; A. Tsyban, Federación de Rusia; S. Zuta, Perú

Colaboradores

E. Aquize, Perú; S. Arnott, EE.UU.; P. Ayon Dejo, Perú; D. Binet, Francia; H.S. Bolton, EE.UU.; R. Calienes, Perú; S. Carrasco Barrera, Perú; J.A. Church, Australia; A. Copping, EE.UU.; D.L. Fluharty, EE.UU.; B.V. Glebov, Federación de Rusia; K.P. Koltermann, Alemania; A.S. Kulikov, Federación de Rusia; S. Nicol, Australia; P.D. Nunn, Fiji; G.V. Panov, Federación de Rusia; P.K. Park, EE.UU.; A.B. Pittock, Australia; P. Schaefer, Alemania; S. Shchuka, Federación de Rusia; H. Trevino, Perú; D.J. Webb, Reino Unido; R. Zahn, Alemania

Capítulo 9: Coastal zones and small islands

Autor principal coordinador

L. Bijlsma, Países Bajos

Autores principales

C.N. Ehler, EE.UU.; R.J.T. Klein, Países Bajos; S.M. Kulshrestha, India; R.F. McLean, Australia; N. Mimura, Japón; R.J. Nicholls, Reino Unido; L.A. Nurse, Barbados; H. Pérez Nieto, Venezuela; E.Z. Stakhiv, EE.UU.; R.K. Turner, Reino Unido; R.A. Warrick, Nueva Zelandia

Colaboradores

W.N. Adger, Reino Unido; Du Bilan, China; B.E. Brown, Reino Unido; D.L. Elder, Suiza; V.M. Gornitz, EE.UU.; K. Hofius, Alemania; P.M. Holligan, Reino Unido; F.M.J. Hoozemans, Países Bajos; D. Hopley, Australia; Y. Hosokawa, Japón; G.A. Maul, EE.UU.; K. McInnes, Australia; D. Richardson, Reino Unido; S. Subak, Reino Unido; M. Sullivan, Australia; L. Vallianos, EE.UU.; W.R. White, Reino Unido; P.L. Woodworth, Reino Unido; Yang Huating, China

Capítulo 10: Hydrology and freshwater ecology

Autor principal coordinador

N. Arnell, Reino Unido; B. Bates, Australia; H. Lang, Suiza; J.J. Magnuson, EE.UU.; P. Mulholland, EE.UU.

Autores principales

S. Fisher, EE.UU.; C. Liu, China; D. McKnight, EE.UU.; O. Starosolszky, Hungría; M. Taylor, EE.UU.

Colaboradores

E. Aquize, Perú; S. Arnott, Canadá; D. Brakke, EE.UU.; L. Braun, Alemania; S. Chalise, Nepal; C. Chen, EE.UU.; C.L. Folt, EE.UU.; S. Gafny, Israel; K. Hanaki, Japón; R. Hecky, Canadá; G.H. Leavesley, EE.UU.; H. Lins, EE.UU.; J. Nemeč, Suiza; K.S. Ramasastri, India; L. Somlyódy, Hungría; E. Stakhiv, EE.UU.

Capítulo 11: Industry, energy, and transportation: impacts and adaptation

Autor principal coordinador

R. Acosta Moreno, Cuba; J. Skea, Reino Unido

Autores principales

A. Gacuhi, Kenya; D.L. Greene, EE.UU.; W. Moomaw, EE.UU.; T. Okita, Japón; A. Riedacker, Francia; Tran Viet Lien, Vietnam

Autores

R. Ball, EE.UU.; W.S. Breed, EE.UU.; E. Hillsman, EE.UU.

Capítulo 12: Human settlements in a changing climate: impacts and adaptation

Autor principal coordinador

M.J. Scott, EE.UU.

Autores principales

A.G. Aguilar, Mexico; I. Douglas, Reino Unido; P.R. Epstein, EE.UU.; D. Liverman, EE.UU.; G.M. Mailu, Kenya; E. Shove, Reino Unido

Autores

A.F. Dlugolecki, Reino Unido; K. Hanaki, Japón; Y.J. Huang, EE.UU.; C.H.D. Magadza, Zimbabwe; J.G.J. Olivier, Países Bajos; J. Parikh, India; T.H.R. Peries, Sri Lanka; J. Skea, Reino Unido; M. Yoshino, Japón

Capítulo 13: Agriculture in a changing climate: impacts and adaptation

Autor principal coordinador

J. Reilly, EE.UU.

Autores principales

W. Baethgen, Uruguay; F.E. Chege, Kenya; S.C. van de Geijn, Países Bajos; Lin Erda, China; A. Iglesias, Spain; G. Kenny, Nueva Zelandia; D. Patterson, EE.UU.; J. Rogasik, Alemania; R. Rötter, Países Bajos; C. Rosenzweig, EE.UU.; W. Sombroek, FAO; J. Westbrook, EE.UU.

Colaboradores

D. Bachelet, Francia; M. Brklacich, Canadá; U. Dämmgen, Alemania; M. Howden, Australia; R.J.V. Joyce, Wales; P.D. Lingren, EE.UU.; D. Schimmelpennig, EE.UU.; U. Singh, IRRI, Phillipines; O. Sirotenko, Federación de Rusia; E. Wheaton, Canadá

Capítulo 14: Water resources management

Autor principal coordinador

Z. Kaczmarek, Polonia

Autores principales

N.W. Arnell, Reino Unido; E.Z. Stakhiv, EE.UU.

Autores

K. Hanaki, Japón; G.M. Mailu, Kenya; L. Somlyódy, Hungría; K. Strzpek, EE.UU.

Colaboradores

A.J. Askew, Suiza; F. Bultot, Bélgica; J. Kindler, EE.UU.; Z. Kundzewicz, Suiza; D.P. Lettenmaier, EE.UU.; H.J. Liebscher, Alemania; H.F. Lins,

EE.UU.; D.C. Major, EE.UU.; A.B. Pittock, Australia; D.G. Rutashobya, Tanzania; H.H.G. Savenije, Países Bajos; C. Somorowski, Polonia; K. Szesztay, Hungría

Capítulo 15: Wood production under changing climate and land use

Autor principal coordinador

A.M. Solomon, EE.UU.

Autores principales

N.H. Ravindranath, India; R.B. Stewart, Canadá; M. Weber, Alemania; S. Nilsson, Suecia

Autores

P.N. Duinker, Canadá; P.M. Fearnside, EE.UU.; P.J. Hall, Canadá; R. Ismail, Malaysia; L.A. Joyce, EE.UU.; S. Kojima, Japón; W.R. Makundi, Tanzania; D.F.W. Pollard, Canadá; A. Shvidenko, Federación de Rusia; W. Skinner, Canadá; B.J. Stocks, Canadá; R. Sukumar, India; Xu Deying, China

Capítulo 16: Fisheries

Autor principal coordinador

J.T. Everett, EE.UU.

Autores principales

A. Krovnin, Federación de Rusia; D. Lluch-Belda, Mexico; E. Okemwa, Kenya; H.A. Regier, Canadá; J.-P. Troadec, Francia

Colaboradores

D. Binet, Francia; H.S. Bolton, EE.UU.; R. Callendar, EE.UU.; S. Clark, EE.UU.; I. Everson, Reino Unido; S. Fiske, EE.UU.; G. Flittner, EE.UU.; M. Glantz, EE.UU.; G.J. Glova, Nueva Zelandia; C. Grimes, EE.UU.; J. Hare, EE.UU.; D. Hinckley, EE.UU.; B. McDowall, Nueva Zelandia; J. McVey, EE.UU.; R. Methot, EE.UU.; D. Mountain, EE.UU.; S. Nicol, Australia; L. Paul, Nueva Zelandia; R. Park, EE.UU.; I. Poiner, Australia; J. Richey, EE.UU.; G. Sharp, EE.UU.; K. Sherman, EE.UU.; T. Sibley, EE.UU.; R. Thresher, Australia; D. Welch, Canadá

Capítulo 17: Financial services

Autor principal coordinador

A.F. Dlugolecki, Reino Unido

Autores principales

K.M. Clark, EE.UU.; F. Knecht, Suiza; D. McCaulay, Jamaica; J.P. Palutikof, Reino Unido; W. Yambi, Tanzania

Capítulo 18: Human population health

Autor principal coordinador

A.J. McMichael, Australia/Reino Unido

Autores principales

M. Ando, Japón; R. Carcavallo, Argentina; P. Epstein, EE.UU.; A. Haines, Reino Unido; G. Jendritzky, Alemania; L. Kalkstein, EE.UU.; R. Odongo, Kenya; J. Patz, EE.UU.; W. Piver, EE.UU.

Colaboradores

R. Anderson, Reino Unido; S. Curto de Casas, Argentina; I. Galindez Giron, Venezuela; S. Kovats, Reino Unido; W.J.M. Martens, Países Bajos; D. Mills, EE.UU.; A.R. Moreno, Mexico; W. Reisen, EE.UU.; R. Slooff, WHO; D. Waltner-Toews, Canadá; A. Woodward, Nueva Zelandia

Capítulo 19: Energy supply mitigation options

Autor principal coordinador

H. Ishitani, Japón; T.B. Johansson, Suecia

Autores principales

S. Al-Khouli, Arabia Saudita; H. Audus, IEA; E. Bertel, IAEA; E. Bravo, Venezuela; J.A. Edmonds, EE.UU.; S. Frandsen, Dinamarca; D. Hall, Reino Unido; K. Heinloth, Alemania; M. Jefferson, WEC; P. de Laquil III, EE.UU.; J.R. Moreira, Brasil; N. Nakicenovic, IIASA; Y. Ogawa, Japón; R. Pachauri, India; A. Riedacker, Francia; H.-H. Rogner, Canadá; K. Saviharju, Finlandia; B. Sørensen, Dinamarca; G. Stevens, OECD/NEA; W.C. Turkenburg, Países Bajos; R.H. Williams, EE.UU.; Zhou Fengqi, China

Colaboradores

I.B. Friedleifsson, Islandia; A. Inaba, Japón; S. Rayner, EE.UU.; J.S. Robertson, Reino Unido

Capítulo 20: Industry

Autor principal coordinador

T. Kashiwagi, Japón

Autores principales

J. Bruggink, Países Bajos; P.-N. Giraud, Francia; P. Khanna, India; W.R. Moomaw, EE.UU.

Capítulo 21: Mitigation options in the transportation sector

Autor principal coordinador

L. Michaelis, OECD

Autores principales

D. Bleviss, EE.UU.; J.-P. Orfeuil, Francia; R. Pischinger, Austria

Autores

J. Crayston, ICAO; O. Davidson, Sierra Leone; T. Kram, Países Bajos; N. Nakicenovic, IIASA; L. Schipper, EE.UU.

Colaboradores

G. Banjo, Nigeria; D. Banister, Reino Unido; H. Dimitriou, Hong Kong; D. Greene, EE.UU.; L. Greening, EE.UU.; A. Grübler, IIASA; S. Hausberger, Austria; D. Lister, Reino Unido; J. Philpott, EE.UU.; J. Rabinovitch, Brasil; N. Sagawa, Japón; C. Zegras, EE.UU.

Capítulo 22: Mitigation options for human settlements

Autor principal coordinador

M.D. Levine, EE.UU.

Autores principales

H. Akbari, EE.UU.; J. Busch, EE.UU.; G. Dutt, Argentina; K. Hogan, EE.UU.; P. Komor, EE.UU.; S. Meyers, EE.UU.; H. Tsuchiya, Japón

Autores

G. Henderson, Reino Unido; L. Price, EE.UU.; K.R. Smith, EE.UU.; Lang Siwei, China

Capítulo 23: Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions

Autor principal coordinador

V. Cole, EE.UU.

Autores principales

C. Cerri, Brasil; K. Minami, Japón; A. Mosier, EE.UU.; N. Rosenberg, EE.UU.; D. Sauerbeck, Alemania

Autores

J. Dumanski, Canadá; J. Duxbury, EE.UU.; J. Freney, Australia; R. Gupta, India; O. Heinemeyer, Alemania; T. Kolchugina, Russia; J. Lee, EE.UU.; K. Paustian, EE.UU.; D. Powlson, Reino Unido; N. Sampson, EE.UU.; H. Tiessen, Canadá; M. van Noordwijk, Indonesia; Q. Zhao, China

Colaboradores

I.P. Abrol, India; T. Barnwell, EE.UU.; C.A. Campbell, Canadá; R.L. Desjardin, Canadá; C. Feller, Francia; P. Garin, Francia; M.J. Glendining, Reino Unido; E.G. Gregorich, Canadá; D. Johnson, EE.UU.; J. Kimble, EE.UU.; R. Lal, EE.UU.; C. Monreal, Canadá; D. Ojima, EE.UU.; M. Padgett, EE.UU.; W. Post, EE.UU.; W. Sombroek, Netherlands; C. Tarnocai, Canadá; T. Vinson, EE.UU.; S. Vogel, EE.UU.; G. Ward, EE.UU.

Capítulo 24: Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions

Autor principal coordinador

S. Brown, EE.UU.

Autores principales

J. Sathaye, EE.UU.; Melvin Cannell, Reino Unido; P. Kauppi, Finlandia

Colaboradores

P. Burschel, Alemania; A. Grainger, Reino Unido; J. Heuveland, Alemania; R. Leemans, Países Bajos; P. Moura Costa, Brasil; M. Pinard, EE.UU.; S. Nilsson, Suecia; W. Schopfhauser, Austria; R. Sedjo, EE.UU.; N. Singh, India; M. Trexler, EE.UU.; J. van Minnen, Países Bajos; S. Weyers, Alemania

Capítulo 25: Mitigation: cross-sectoral and other issues

Autor principal coordinador

R. Leemans, Países Bajos

Autores principales

S. Agrawala, India; J.A. Edmonds, EE.UU.; M.C. MacCracken, EE.UU.; R. Moss, EE.UU.; P.S. Ramakrishnan, India

Capítulo 26: Technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations

Autor principal coordinador

T. Carter, Finlandia; H. Harasawa, Japón; S. Nishioka, Japón; M. Parry, Reino Unido

Colaboradores

R. Christ, UNEP; P. Epstein, EE.UU.; N.S. Jodha, Nepal; J. Scheraga, EE.UU.; E. Stakhiv, EE.UU.

Capítulo 27: Methods for assessment of mitigation options

Autor principal coordinador

D.A. Tirpak, EE.UU.

Autores principales

M. Adler, EE.UU.; D. Bleviss, EE.UU.; J. Christensen, Dinamarca; O. Davidson, Sierra Leone; D. Phantumvanit, Tailandia; J. Rabinovitch, Argentina; J. Sathaye, EE.UU.; C. Smyser, EE.UU.

Capítulo 28: Inventory of technologies, methods, and practices

Autor principal coordinador

D.G. Streets, EE.UU.

Autores principales

W.B. Ashton, EE.UU.; K. Hogan, EE.UU.; P. Wibulswas, Tailandia; T. Williams, EE.UU.

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO III DEL IPCC, 1995

Capítulo 1: Introduction: scope of the assessment

Autores principales

J. Goldemberg, Brasil; R. Squitieri, EE.UU.; J. Stiglitz, EE.UU.; A. Amano, Japón; X. Shaoxiang, China; R. Saha, Mauricio

Colaboradores

S. Kane, EE.UU.; J. Reilly, EE.UU.; T. Teisberg, EE.UU.

Capítulo 2: Decision-making frameworks for addressing climate change

Autores

K.J. Arrow, EE.UU.; J. Parikh, India; G. Pillet, Suiza

Autores asistentes

M. Grubb, Reino Unido; E. Haites, Canadá; J.-C. Hourcade, Francia; K. Parikh, India; F. Yamin, Reino Unido

Colaboradores

P.G. Babu, India; G. Chichilnisky, EE.UU.; S. Faucheux, Francia; G. Froger, Francia; F. Gassmann, Suiza; W. Hediger, Suiza; S. Kavi Kumar, India; S.C. Peck, EE.UU.; R. Richels, EE.UU.; C. Suarez, Argentina; R. Tol, Países Bajos

Capítulo 3: Equity and social considerations

Autores principales

T. Banuri, Pakistan; K. Goran-Maler, Suecia; M. Grubb, Reino Unido; H.K. Jacobson, EE.UU.; F. Yamin, Reino Unido

Capítulo 4: Intertemporal equity, discounting, and economic efficiency

Autores principales

K.J. Arrow, EE.UU.; W.R. Cline, EE.UU.; K. Goran-Maler, Suecia; M. Munasinghe, Sri Lanka; R. Squitieri, EE.UU.; J.E. Stiglitz, EE.UU.

Capítulo 5: Applicability of techniques of cost-benefit analysis to climate change

Autores principales

M. Munasinghe, Sri Lanka; P. Meier, EE.UU.; M. Hoel, Noruega; S.W. Hong, República de Corea; A. Aaheim, Noruega

Capítulo 6: The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control

Autores principales

D.W. Pearce, Reino Unido; W.R. Cline, EE.UU.; A.N. Achanta, India; S. Fankhauser, Reino Unido; R.K. Pachauri, India; R.S.J. Tol, Países Bajos; P. Vellinga, Países Bajos

Capítulo 7: A generic assessment of response options

Autores principales

C.J. Jepma, Países Bajos; M. Asaduzzaman, Bangladesh; I. Mintzer, EE.UU.; R.S. Maya, Zimbabwe; M. Al-Moneef, Arabia Saudita

Colaboradores

J. Byrne, EE.UU.; H. Geller, EE.UU.; C.A. Hendriks, España; M. Jefferson, Reino Unido; G. Leach, Reino Unido; A. Qureshi, EE.UU.; W. Sassin, Austria; R.A. Sedjo, EE.UU.; A. van der Veen, Países Bajos

Capítulo 8: Estimating the costs of mitigating greenhouse gases

Autor coordinador

J.-C. Hourcade, Francia

Autores principales

R. Richels, EE.UU.; J. Robinson, Canadá

Autores

W. Chandler, EE.UU.; O. Davidson, Sierra Leone; J. Edmonds, EE.UU.; D. Finon, Francia; M. Grubb, Reino Unido; K. Halsnaes, Dinamarca; K. Hogan, EE.UU.; M. Jaccard, Canadá; F. Krause, EE.UU.; E. La Rovere, Brasil; W.D. Montgomery, EE.UU.; P. Nastari, Brasil; A. Pegov, Federación de Rusia; K. Richards, EE.UU.; L. Schrattenholzer, Austria; D. Siniscalco, Italia; P.R. Shukla, India; Y. Sokona, Senegal; P. Sturm, Francia; A. Tudini, Italia

Capítulo 9: A review of mitigation cost studies

Autor coordinador

J-C. Hourcade, Francia

Autores principales

K. Halsnaes, Dinamarca; M. Jaccard, Canadá; W. D. Montgomery, EE.UU.; R. Richels, EE.UU.; J. Robinson, Canadá; P.R. Shukla, India; P. Sturm, Francia

Autores

W. Chandler, EE.UU.; O. Davidson, Sierra Leone; J. Edmonds, EE.UU.; D. Finon, Francia; K. Hogan, EE.UU.; F. Krause, EE.UU.; A. Kolesov, Federación de Rusia; E. La Rovere, Brasil; P. Nastari, Brasil; A. Pegov, Federación de Rusia; K. Richards, EE.UU.; L. Schrattenholzer, Austria;

R. Shackleton, EE.UU.; Y. Sokona, Senegal; A. Tudini, Italia; J. Weyant, EE.UU.

Capítulo 10: Integrated assessment of climate change: an overview and comparison of approaches and results

Autor principal coordinador

J. Weyant, EE.UU.

Autores principales

O. Davidson, Sierra Leone; H. Dowlatabadi, EE.UU.; J. Edmonds, EE.UU.; M. Grubb, Reino Unido; E.A. Parson, EE.UU.; R. Richels, EE.UU.; J. Rotmans, Países Bajos; P.R. Shukla, India; R.S.J. Tol, Países Bajos

Autores

W. Cline, EE.UU.; S. Fankhauser, Reino Unido

Capítulo 11: An economic assessment of policy instruments for combatting climate change

Autores principales

B.S. Fisher, Australia; S. Barrett, Reino Unido; P. Bohm, Suecia; M. Kuroda, Japón; J.K.E. Mubazi, Uganda; A. Shah, EE.UU.; R.N. Stavins, EE.UU.

Colaboradores

E. Haites, Canadá; M. Hinchey, Australia; S. Thorpe, Australia

LISTA DE PUBLICACIONES DEL IPCC

I. PRIMER INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC (1990)

- a) **CAMBIO CLIMÁTICO — Evaluación científica del IPCC.** Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre la Evaluación Científica del IPCC (*también en chino, francés, inglés y ruso*).
- b) **CAMBIO CLIMÁTICO — Evaluación de los impactos del IPCC.** Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Evaluación de los impactos (*también en chino, francés, inglés y ruso*).
- c) **CAMBIO CLIMÁTICO — Estrategias de respuesta del IPCC.** Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Estrategias de Respuesta del IPCC (*también en chino, francés, inglés y ruso*).
- d) **Resúmenes para responsables de políticas, 1990.**

Escenarios de las emisiones (preparado por el Grupo de trabajo sobre Estrategias de Respuesta del IPCC), 1990.

Evaluación de la vulnerabilidad de las zonas costeras a la elevación del nivel del mar — metodología común, 1991.

II. SUPLEMENTO DEL IPCC (1992)

- a) **CAMBIO CLIMÁTICO 1992 — Informe suplementario a la evaluación científica del IPCC.** Informe de 1992 del Grupo de Trabajo sobre Evaluación Científica del IPCC.
- b) **CAMBIO CLIMÁTICO 1992 — Informe suplementario a la evaluación de los impactos del IPCC.** Informe de 1990 del Grupo de Trabajo sobre evaluación de los impactos del IPCC.

CAMBIO CLIMÁTICO: evaluaciones de 1990 y 1992 del IPCC — Primer informe de evaluación del IPCC - Resumen general y resúmenes para responsables de políticas y suplemento del IPCC de 1992 (*también en chino, francés, inglés y ruso*).

El cambio climático global y el creciente desafío del mar. Subgrupo de trabajo sobre gestión de las zonas costeras del Grupo de trabajo sobre Estrategias de respuestas del IPCC, 1992.

Informe del Cursillo de Estudios Nacionales del IPCC, 1992.

Directrices preliminares para evaluar los impactos del cambio climático, 1992.

III. INFORME ESPECIAL DEL IPCC, 1994

- a) **Directrices para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero** (3 volúmenes), 1994 (*también en francés, inglés y ruso*).
- b) **Directrices técnicas del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación, 1995** (*también en árabe, chino, francés, inglés y ruso*).
- c) **CAMBIO CLIMÁTICO 1994 — Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC.**

IV. SEGUNDO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC, 1995

- a) **CAMBIO CLIMÁTICO 1995 — La ciencia del cambio climático** (incluido el Resumen para responsables de políticas). Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, 1995.
- b) **CAMBIO CLIMÁTICO 1995 — Análisis científicos y técnicos de impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático** (incluido el Resumen para responsables de políticas). Informe del Grupo de trabajo II del IPCC, 1995.
- c) **CAMBIO CLIMÁTICO 1995 — Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático** (incluido el Resumen para responsables de políticas). Informe del Grupo de trabajo III del IPCC, 1995.
- d) **Síntesis del Segundo informe de evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,** 1995.

(Nota: la síntesis del IPCC y los tres resúmenes para responsables de políticas se han publicado en un solo volumen y existen también en árabe, chino, francés, inglés y ruso).