
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 CO₂ 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 1-3,5°C, como promedio, en los 100 próximos años equivaldría a un desplazamiento hacia el polo de los actuales isotermas de 150-550 km

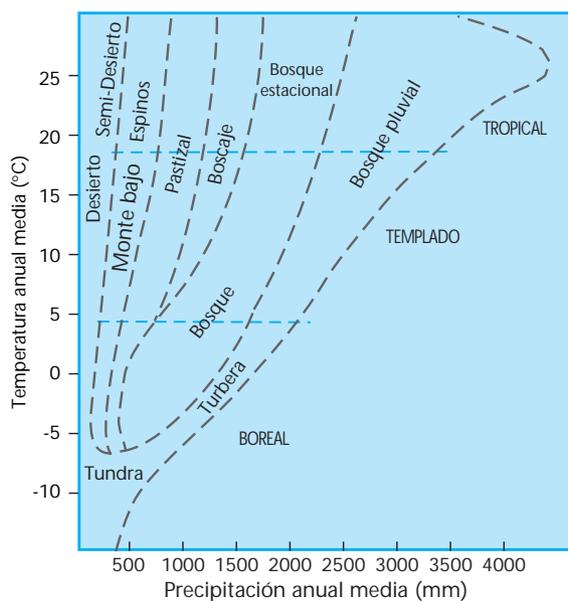


Figura 1. Esta figura ilustra que la temperatura anual media y la precipitación anual media pueden correlacionarse con la distribución de los principales biomas del mundo. Si bien la función de esas medias anuales influye mucho en esta distribución, procede señalar que la distribución de biomas también 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 150-550 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 4-200 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ en la atmósfera y alteraciones en los procesos que contribuyen al flujo de

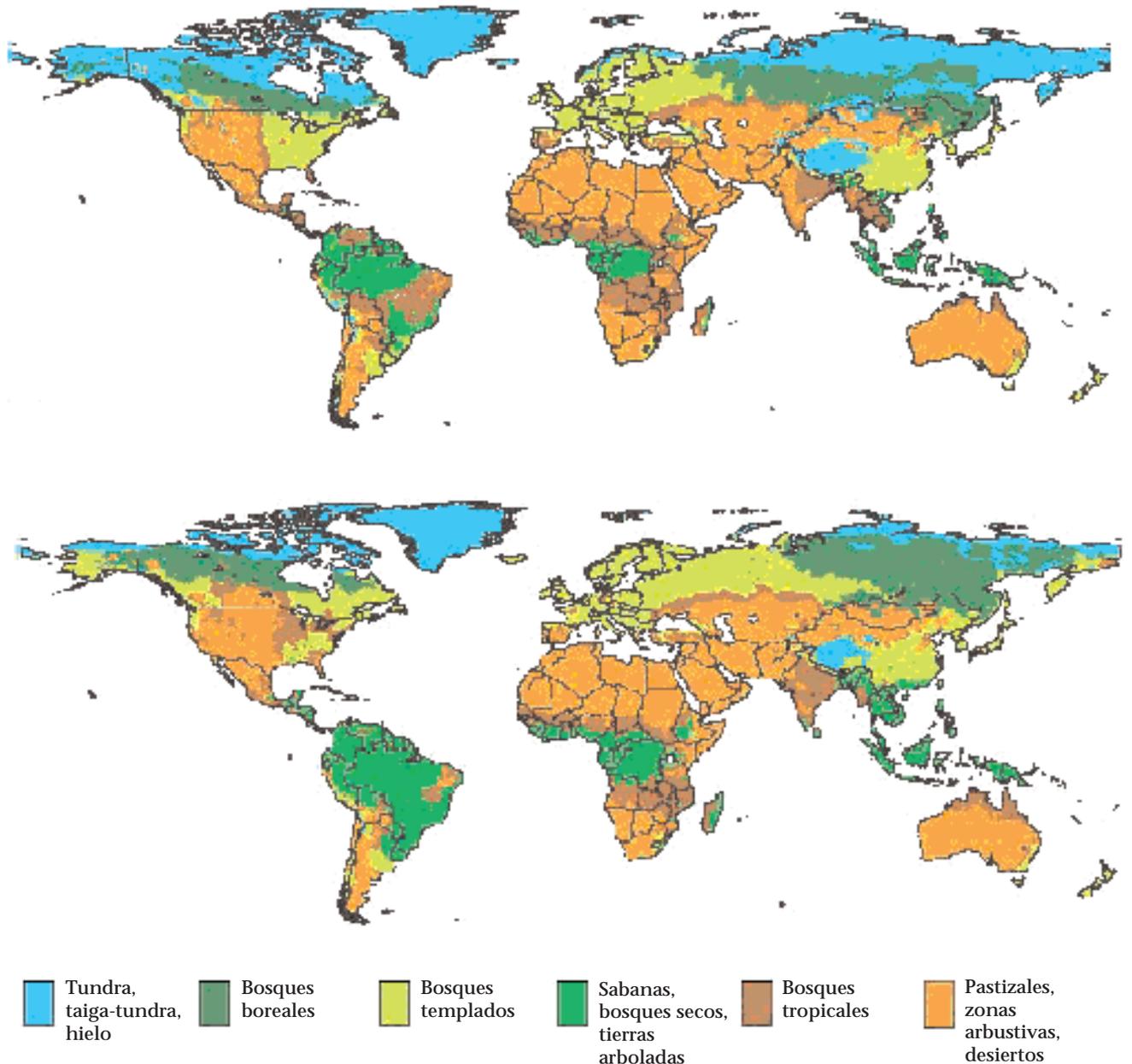


Figura 2. Distribución potencial de los principales biomas mundiales en las actuales condiciones climáticas, simulada por el modelo de Sistema cartográfico atmósfera–plantas–suelo (MAPSS: Mapped Atmosphere–Plant–Soil System) (arriba). La “distribución potencial” indica la vegetación natural que puede 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.

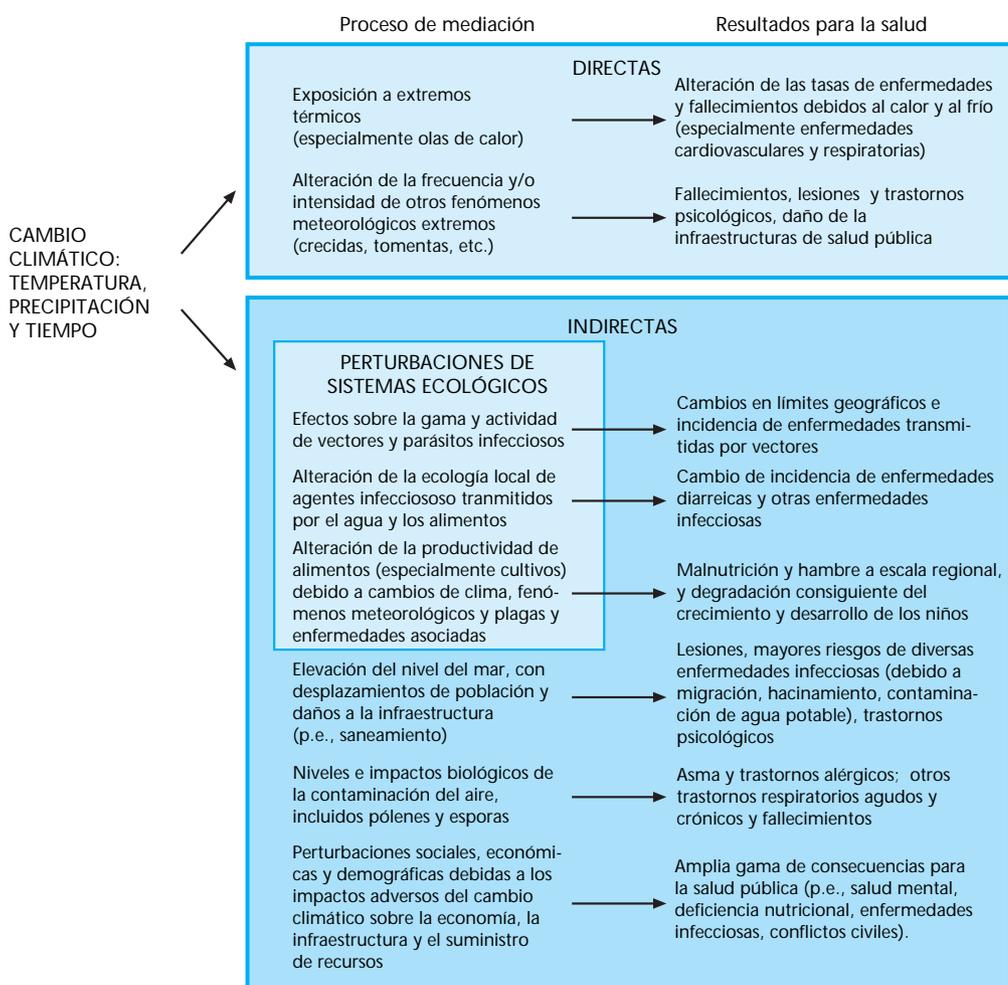
Los efectos indirectos del cambio climático comprenden aumentos de la posible transmisión de enfermedades infecciosas por vectores (por ejemplo, paludismo, dengue, fiebre amarilla y alguna encefalitis viral), como resultado de la mayor extensión geográfica y

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.

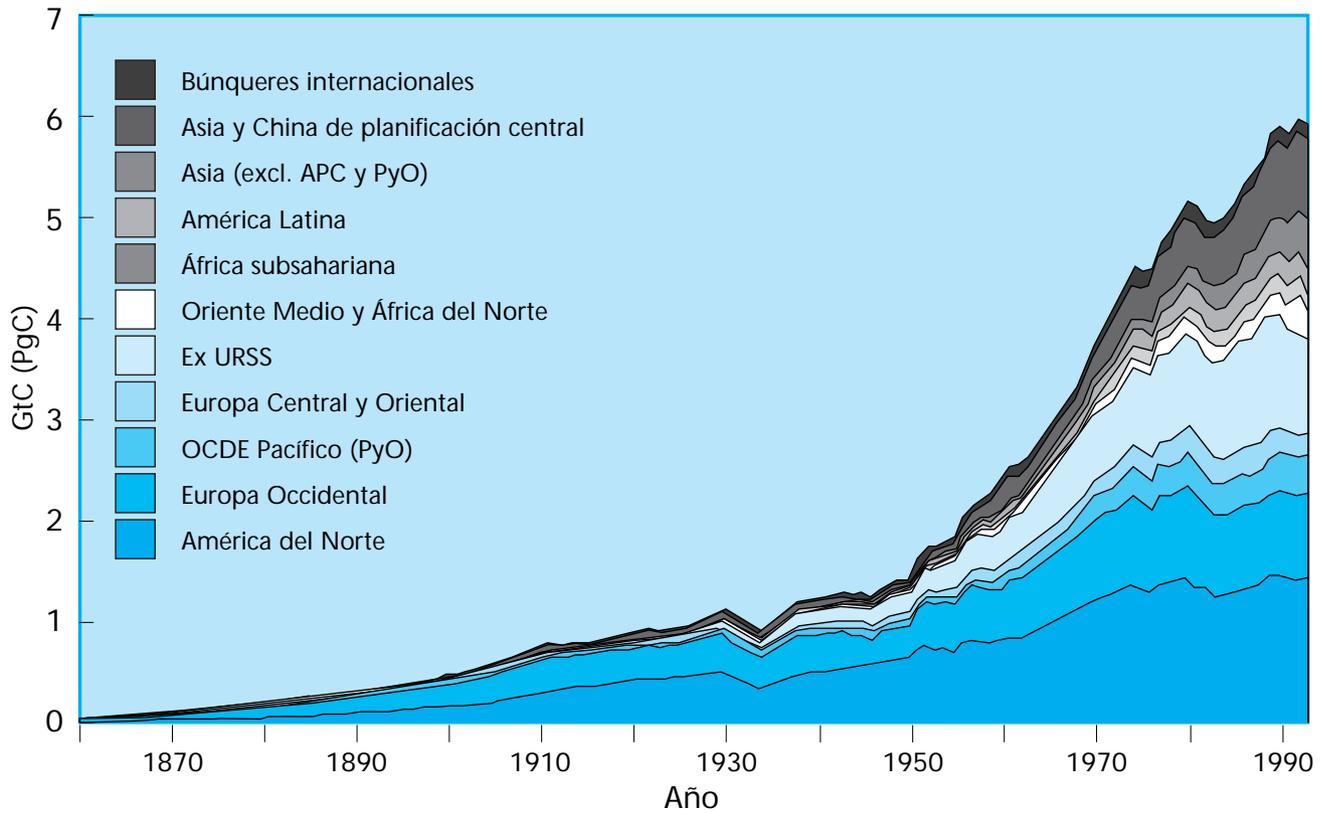


Figura 4. Emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía por principales regiones del mundo en GtC/año. Fuentes: Recling, 1994; Marland y otros, 1994; Gröbler y Nakicenovic, 1992; Etemand y Luciani, 1991; Fujii, 1990; NU, 1952 (para más información véase Energy Primer).

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

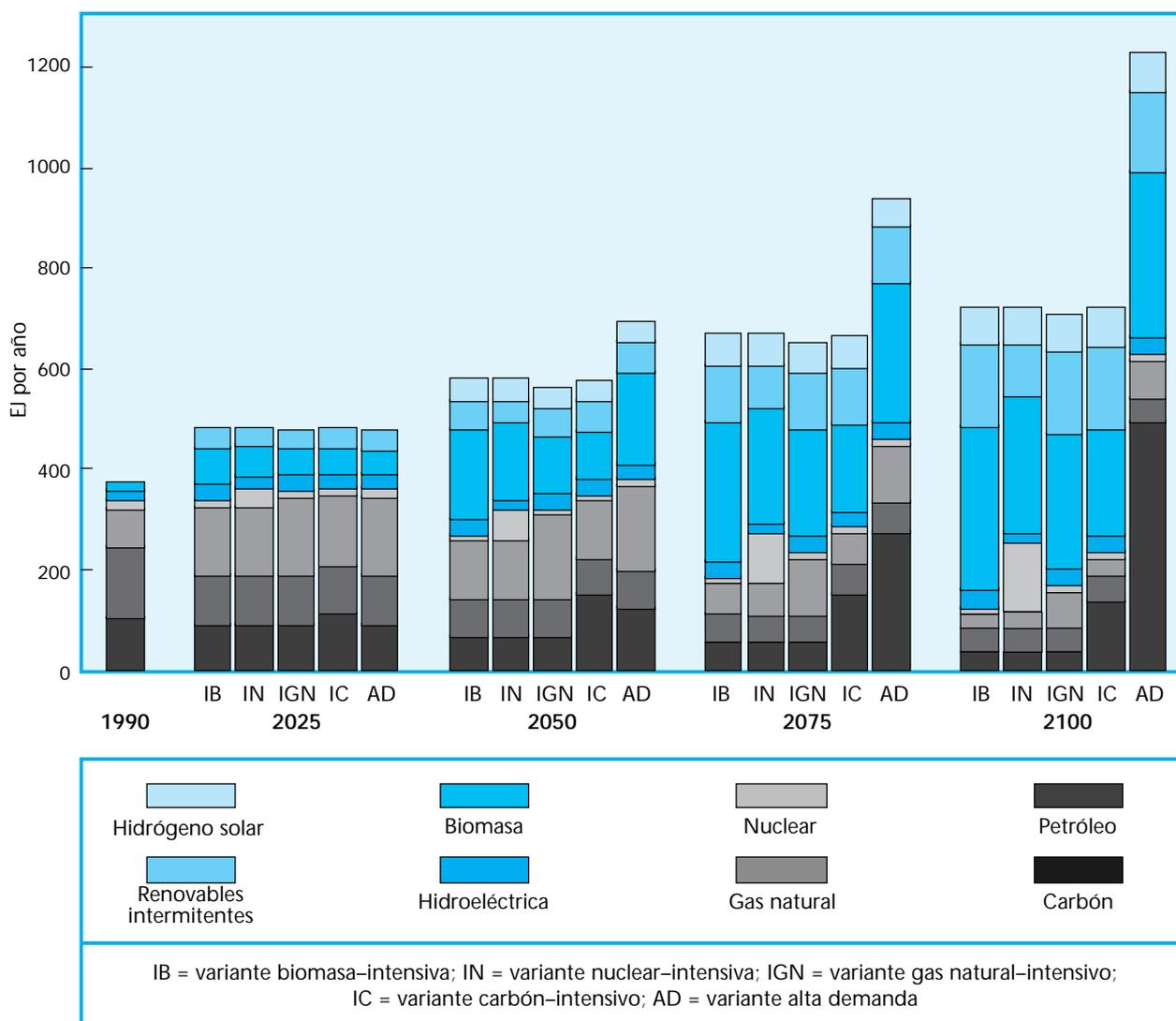


Figura 5. Uso mundial de energía primaria para construcciones alternativas de un sistema de suministro de energía con bajas emisiones de CO₂ (LESS): alternativas para atender diferentes niveles de demanda de energía en el transcurso del tiempo, utilizando diversas mezclas de combustibles.

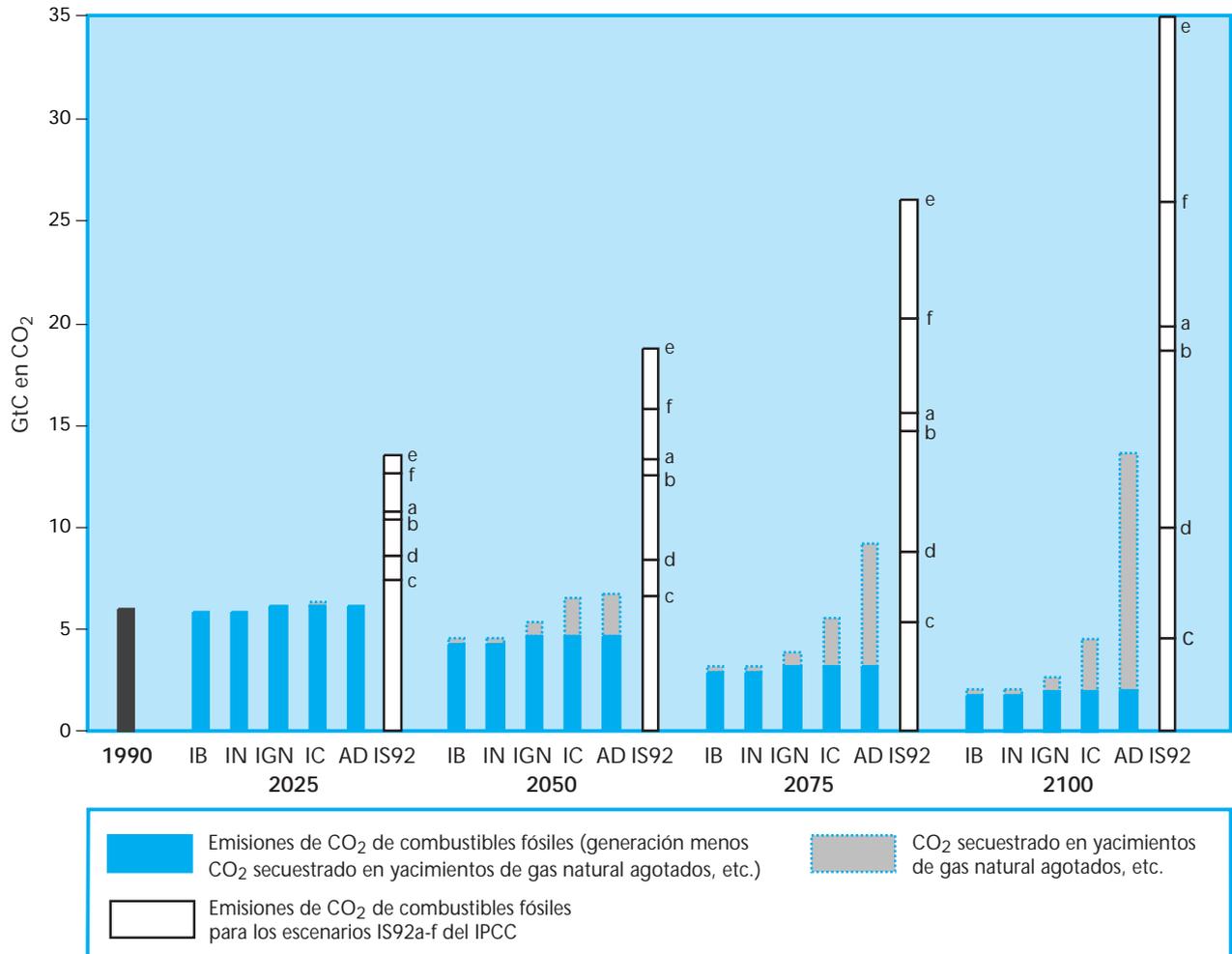


Figura 6: Emisiones anuales de CO₂ de combustibles fósiles para construcciones alternativas de LESS, en comparación con los escenarios IS92a-f del IPCC (para la definición de los acrónimos, véase la Figura 5).

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.

