



GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



Tercer Informe de Evaluación
Cambio climático 2001
Mitigación

Resumen para responsables de políticas
y
Resumen técnico

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

Índice

	<i>página</i>
Prólogo	vii
Prefacio	ix
 RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICA	 1
Introducción	3
Naturaleza del desafío de la mitigación	3
Opciones para limitar o reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero	5
Los costos y los beneficios accesorios de las medidas de la mitigación	9
Comó lograr la mitigación	12
Insuficiencia de conocimientos	13
 RESUMEN TÉCNICO	 15
1. Alcance del Informe	17
1.1. Antecedentes	17
1.2. Ampliación del contexto de la mitigación del cambio climático	17
1.3. Integración de las diversas perspectivas	18
2. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero	19
2.1. Escenarios	19
2.2. Escenarios de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero	20
2.3. Escenarios de futuros mundiales	21
2.4. Informe especial sobre escenarios de emisiones	22
2.5. Examen de los escenarios de mitigación posteriores al IE-EE	23
3. Potencial tecnológico y económico de las opciones de mitigación	24
3.1. Nuevos conocimientos de importancia clave adquiridos desde el Segundo Informe de Evaluación con respecto a las opciones tecnológicas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2010-2020	24
3.2. Tendencias en el uso de la energía y sus consecuencias para las emisiones de gases de efecto invernadero	25
3.3. Opciones tecnológicas de mitigación en distintos sectores	27
3.3.1 Principales opciones de mitigación en el sector de los edificios	36
3.3.2 Principales opciones de mitigación en el sector del transporte	36
3.3.3 Principales opciones de mitigación en el sector de la industria	37
3.3.4 Principales opciones de mitigación en el sector de la agricultura	37
3.3.5 Principales opciones de mitigación en el sector de la gestión de desechos	38
3.3.6 Principales opciones de mitigación en el sector del suministro de energía	39
3.3.7 Principales opciones de mitigación de las emisiones de hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos	39
3.4. Potencial tecnológico y económico de mitigación de los gases de efecto invernadero: Síntesis	39

4.	El potencial tecnológico y económico de las opciones de ampliación, conservación y ordenación de los reservorios biológicos de carbono y la geoingeniería	40
4.1	Mitigación mediante la ordenación de las tierras y el ecosistema terrestre	40
4.2	Consideraciones sociales y económicas	41
4.3	Opciones de mitigación	41
4.4	Criterios de selección de las opciones de mitigación biológica del carbono	42
4.5	Costo económico	42
4.6	Los ecosistemas marinos y la geoingeniería	42
5.	Obstáculos, oportunidades y potencial de mercado de las tecnologías y prácticas	43
5.1	Introducción	43
5.2	Fuentes de obstáculos y oportunidades	43
5.3	Obstáculos y oportunidades específicos de determinados sectores y tecnologías	45
6.	Políticas, medidas e instrumentos	47
6.1	Instrumentos de política y posibles criterios para su evaluación	47
6.2	Políticas, medidas e instrumentos nacionales	48
6.3	Políticas y medidas internacionales	49
6.4	Aplicación de instrumentos de política nacional e internacional	49
7.	Métodos de cálculo de costos	49
7.1	Base conceptual	49
7.2	Enfoques analíticos	50
7.2.1.	Co-beneficios y costos, y beneficios y costos subsidiarios	50
7.2.2.	Costos de implantación	50
7.2.3	Descuentos	50
7.2.4.	Los costos de adaptación y mitigación y el nexo entre ellos	51
7.3	Las fronteras del sistema: análisis por proyecto, sectorial y macroeconómico	51
7.3.1.	Situaciones iniciales	51
7.3.2.	Consideración de opciones sin pesar	51
7.3.3.	Flexibilidad	52
7.3.4.	Cuestiones de desarrollo, equidad y sostenibilidad	52
7.4	Cuestiones especiales relativas a los países en desarrollo y aquellos con economías en transición	52
7.5	Enfoques de modelización de la evaluación de los costos	52
8.	Los costos mundiales, regionales y nacionales y los beneficios subsidiarios	53
8.1	Introducción	53
8.2	Costos brutos de la reducción de GEI en modelos de tecnología detallada	53
8.3	Costos de la política nacional para mitigar las emisiones de carbono	54
8.4	Efectos distributivos de los impuestos sobre el carbono	55
8.5	Aspectos del comercio internacional de emisiones	55
8.6	Beneficios subsidiarios de la mitigación de los gases de efecto invernadero	56
8.7	Efectos de “desbordamiento” de las medidas adoptadas en países del Anexo B o no incluidos en el Anexo B	57
8.8	Resumen de los principales resultados de las metas de Kioto	58
8.9	Los costos de cumplir con una serie de objetivos de estabilización	60
8.10	La cuestión del cambio tecnológico inducido	61
9.	Costos sectoriales y beneficios subsidiarios de la mitigación	61
9.1	Diferencias entre los costos de la mitigación del cambio climático evaluados nacionalmente y por sectores	61
9.2	Algunos resultados sectoriales específicos sobre los costos de la mitigación del cambio climático	62
9.2.1.	Carbón	62
9.2.2.	Petróleo	62
9.2.3.	Gas	64
9.2.4.	Electricidad	64
9.2.5.	Transporte	64

	<i>página</i>
9.3 Beneficios subsidiarios sectoriales de la mitigación de los gases de efecto invernadero	64
9.4 Los efectos de la mitigación sobre la competitividad sectorial	64
9.5 Por qué difieren los resultados de los estudios	65
10. Marcos analíticos de decisión	65
10.1 Alcance e innovaciones de los análisis para las decisiones sobre el cambio climático	65
10.2 Regímenes internacionales y opciones de política	66
10.3 Nexos con las opciones de desarrollo sostenible nacional y local	67
10.4 Cuestiones científicas clave pertinentes para las políticas	67
11. Lagunas en los conocimientos	68
Glosario del informe del Grupo de trabajo III	71
Lista de las principales publicaciones del IPCC	85

Prólogo

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC) fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Sus atribuciones comprenden: i) evaluar la información científica y socioeconómica disponible sobre el cambio climático y su impacto, así como las opciones para mitigar el cambio climático y la adaptación al mismo, y ii) proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las NU (CMCC). Desde 1990 el IPCC ha elaborado una serie de informes de evaluación, informes especiales, documentos técnicos, metodologías y otros productos que se han convertido en obras de referencia estándar, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas, científicos y otros expertos.

Este volumen, que forma parte del Tercer Informe de Evaluación (TIE), ha sido elaborado por el Grupo de trabajo III (GTIII) del IPCC y se centra en la mitigación del cambio climático, sus costos y beneficios consiguientes, las barreras a su ejecución, así como las políticas, medidas e instrumentos para superar dichas barreras.

Como es habitual en el IPCC, la elaboración de este informe ha dependido ante todo de los conocimientos, entusiasmo y cooperación de cientos de expertos de todo el mundo en numerosas disciplinas relacionadas entre sí pero diferentes. Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a los autores principales coordinadores, autores principales, colaboradores, redactores de la publicación y revisores

expertos. Todas estas personas han consagrado un tiempo y un esfuerzo considerables para elaborar este informe y les estamos sumamente agradecidos por su compromiso con el proceso del IPCC. Quisiéramos dar las gracias al personal del Servicio de apoyo técnico del Grupo de trabajo III y a la Secretaría del IPCC por su aplicación en la coordinación de la elaboración de otro provechoso informe del IPCC. También hacemos extensivo nuestro agradecimiento a los gobiernos por haber apoyado la participación de sus científicos en el proceso del IPCC y por su contribución al fondo fiduciario del IPCC con el fin de lograr la participación esencial de expertos de los países en desarrollo y de países con economías en transición. Queremos también expresar nuestro reconocimiento a los Gobiernos de los Países Bajos, Noruega, Alemania y Sudáfrica, por haber acogido en sus países las reuniones de redacción, así como al Gobierno de Ghana que acogió la Sexta Reunión del Grupo de trabajo III, para la consideración oficial y aceptación del informe, en Accra, y de nuevo al Gobierno de los Países Bajos que financió el Servicio de apoyo técnico del Grupo de trabajo III.

Quisiéramos agradecer especialmente al Dr. Robert Watson, presidente del IPCC, por su acertada dirección y su orientación infatigable y competente del IPCC, al Dr. Sundararaman, Secretario del IPCC y a su personal por el apoyo brindado, y también al Profesor Ogunlade Davidson y al Dr. Bert Metz, copresidentes del Grupo de trabajo III, por su hábil liderazgo del Grupo de trabajo III a lo largo de la elaboración de este informe.

G.O.P. Obasi

Secretario General
Organización Meteorológica Mundial

Klaus Töpfer

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

Prefacio

Nos complace presentar este tercer volumen del tercer Informe de Evaluación (TIE) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), elaborado por el Grupo de trabajo III: Cambio climático 2001: Mitigación. El IPCC fue creado conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para evaluar toda la información fáctica disponible sobre la ciencia, los impactos y la economía del cambio climático y sobre las opciones de adaptación/mitigación para hacer frente al cambio climático.

En su 14ª reunión, celebrada en 1997 en las Maldivas, el IPCC acordó emprender la elaboración del TIE. Se encomendó al Grupo de trabajo III la evaluación de los aspectos científicos, tecnológicos, medioambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático. Así, el mandato del Grupo de trabajo se amplió más allá de la evaluación predominantemente académica de las dimensiones económicas y sociales del cambio climático (incluida la adaptación) que se le había asignado en el Segundo Informe de Evaluación (SIE).

En el presente informe se resume el estado de los conocimientos recensados en los anteriores informes del IPCC, pero principalmente se evalúa la información obtenida desde el SIE, reconociendo que el cambio climático es un problema mundial, aunque interesándose especialmente en la evaluación de los aspectos sectoriales y regionales de la mitigación del cambio climático. Esta evaluación se centra en las cuestiones de interés actual desde el punto de vista de las políticas. Está también basada en los Informes especiales del IPCC publicados en 1999 y 2000 sobre la aviación y la atmósfera, cuestiones metodológicas y tecnológicas de la transferencia de tecnología, usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura, y escenarios de emisiones. De conformidad con el mandato encomendado al Grupo de trabajo III, el informe sitúa explícitamente la mitigación del cambio climático en el contexto más amplio del desarrollo, la equidad y la sostenibilidad. Está basado en una amplia bibliografía que abarca también las ciencias sociales, y da cuenta de diferentes puntos de vista sobre los vínculos entre la mitigación del cambio climático y las políticas de desarrollo sostenible.

El informe ha sido redactado por cerca de 150 autores principales y autores coordinadores principales, unos 80 autores colaboradores y 18 revisores de países desarrollados, países en desarrollo, países de economía en transición y organizaciones internacionales, que consagraron a esa tarea enormes cantidades de tiempo y de esfuerzo. Ha sido revisado por más de 300 expertos de todo el mundo, tanto a título individual como por mandato de diversos gobiernos.

A fin de que los expertos no se limitaran a participar en los equipos de redacción y de que se debatieran cuestiones que hasta la fecha habían recibido atención insuficiente para abordar adecuadamente las actuales cuestiones de política, y para hacer posible la interacción con los

equipos de redacción de los otros dos grupos de trabajo, el Grupo de trabajo III patrocinó diversas reuniones de expertos y cursillos, entre ellos los siguientes:

- Cursillo regional del IPCC sobre evaluación integrada, Kadoma, Zimbabwe, 22 a 28 de noviembre de 1998;
- Primera reunión de expertos del IPCC sobre el cambio climático y sus vínculos con el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad, Colombo, Sri Lanka, 27 a 29 de abril de 1999;
- Reunión mixta de expertos IPCC/TEAP sobre opciones para la limitación de emisiones de CFH y PFC, Petten, Países Bajos, 26 a 28 de mayo de 1999;
- Reunión de expertos del IPCC sobre impactos económicos de las medidas de mitigación, La Haya, Países Bajos, 27 a 28 de mayo de 1999;
- Reunión de expertos del IPCC sobre escenarios de estabilización y de mitigación, Copenhague, Dinamarca, 2 a 4 de junio de 1999;
- Reunión de expertos del IPCC sobre metodologías de determinación de costos, Tokio, Japón, 28 de junio a 1 de julio de 1999;
- Reunión de expertos del IPCC sobre impactos económicos sectoriales, Eisenach, Alemania, 14 a 15 de febrero de 2000;
- Segunda reunión de expertos del IPCC sobre desarrollo, equidad y sostenibilidad, La Habana, Cuba, 23 a 25 de febrero de 2000;
- Reunión de expertos del IPCC sobre sociedad, comportamiento y mitigación del cambio climático, Karlsruhe, Alemania, 21 a 22 de marzo de 2000;
- Reunión de expertos copatrocinada por el IPCC sobre beneficios concomitantes, Washington DC, Estados Unidos, 27 a 29 de marzo de 2000.

Expresamos nuestro agradecimiento a los gobiernos de Zimbabwe, Sri Lanka, Países Bajos, Dinamarca, Noruega, Japón, Alemania y Cuba por haber hecho posible estas reuniones en colaboración con los organizadores locales. Las actas de estas reuniones se han publicado o se publicarán en 2001. Los equipos de redacción del presente informe se reunieron en cuatro ocasiones para redactar el texto y debatir los resultados de las dos rondas de examen oficiales del IPCC que tuvieron lugar consecutivamente en Bilthoven (Países Bajos, diciembre de 1998), Lillehammer (Noruega, septiembre de 1999), Eisenach (Alemania, febrero de 2000) y Ciudad del Cabo (Sudáfrica, agosto de 2000). Además de esas aportaciones, el presente informe se nutrió de varias reuniones de equipos específicas para diversos capítulos, teleconferencias del equipo de redacción e interacciones con el proceso del OSACT de la CMCC.

De conformidad con los procedimientos del IPCC, el Resumen para responsables de políticas del presente informe ha sido aprobado por menorizadamente por los gobiernos en la reunión plenaria del Grupo de trabajo III del IPCC que se celebró en Accra, Ghana, del 28 de

febrero al 3 de marzo de 2001. Durante el proceso de aprobación, los autores principales confirmaron que el texto acordado del Resumen para responsables de políticas es plenamente coherente con el texto completo del informe de base y su resumen técnico, que ha sido aceptado por los gobiernos, aunque su responsabilidad recae, en cualquier caso, sobre los autores del mismo.

Deseamos agradecer el apoyo financiero del Gobierno de los Países Bajos a la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III y a las actividades del Dr. Bert Metz, copresidente del IPCC, así como a la Secretaría por su apoyo a las actividades del también copresidente del IPCC Profesor Ogunlade Davidson con cargo al Fondo fiduciario del IPCC. Este informe no habría sido posible sin los infatigables esfuerzos del personal de la Unidad de apoyo técnico, Dr. Rob Swart (Jefe de la UAT), Dr. Jiahua Pan, Anita Meier, José Hesselink, Angelique Martens, Remko Ybema, Ton van Dril, Tom Kram, Jan Willem Martens, Sascha van Rooijen y Dr. Peter Kuikman. Manifestamos también nuestra gratitud a John Ormiston,

Paul Schwartzmann y Ruth de Wijs por la labor de revisión de ejemplares y de referencias y por la corrección de las galeras del documento, y a Martin Middelburg por la preparación de la compaginación final y los gráficos del informe.

Nosotros, copresidentes del Grupo de trabajo III, junto con los restantes miembros de la Mesa del Grupo, los autores principales y la Unidad de apoyo técnico, confiamos en que el presente informe ayude a los decisores de los gobiernos y del sector privado, así como a otros lectores interesados del mundo académico y al público en general, a ampliar sus conocimientos sobre la mitigación del cambio climático, con miras a la adopción de unas medidas de respuesta apropiadas.

Ogunlade Davidson y Bert Metz

Copresidentes

Grupo de trabajo III del IPCC sobre mitigación del cambio climático

RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS

CAMBIO CLIMÁTICO 2001: MITIGACIÓN

Informe del Grupo de trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Este Resumen, cuyos detalles fueron aprobados en el Sexto período de sesiones del Grupo de Trabajo III del IPCC (Accra, Ghana, 28 de febrero — 3 de marzo de 2001), representa la declaración oficial convenida por el IPCC respecto a la mitigación del cambio climático.

Basado en un proyecto preparado por:

Tariq Banuri, Terry Barker, Igor Bashmakov, Kornelis Blok, Daniel Bouille, Renate Christ, Ogunlade Davidson, Jae Edmonds, Ken Gregory, Michael Grubb, Kirsten Halsnaes, Tom Heller, Jean-Charles Hourcade, Catrinus Jepma, Pekka Kauppi, Anil Markandya, Bert Metz, William Moomaw, Jose Roberto Moreira, Tsuneyuki Morita, Nebojsa Nakicenovic, Lynn Price, Richard Richels, John Robinson, Hans Holger Rogner, Jayant Sathaye, Roger Sedjo, Priyaradshi Shukla, Leena Srivastava, Rob Swart, Ferenc Toth, John Weyant

Introducción

1. *En este informe se evalúan los aspectos científicos, técnicos, ambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático.* Las investigaciones sobre la mitigación del cambio climático¹ han continuado desde la publicación del Segundo Informe de Evaluación (SIE) del IPCC, teniendo en cuenta cambios políticos como el acuerdo sobre el Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), de las Naciones Unidas en 1997, de que se informa aquí. El Informe se basa asimismo en varios informes especiales del IPCC, en particular el Informe especial sobre la aviación y la atmósfera global, el Informe especial sobre cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología (IE-TT), el Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) y el Informe especial sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IE-UTCUTS).

Naturaleza del desafío de la mitigación

2. *El cambio climático² es un problema con características exclusivas.* Es mundial, dura mucho (hasta varios siglos) y comprende complejas interacciones entre procesos climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos. Esto puede tener considerables consecuencias internacionales e intergeneracionales en el contexto de objetivos generales de la sociedad, como equidad y desarrollo sostenible. La preparación de una respuesta al cambio climático se caracteriza por la adopción de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo, lo que abarca la posibilidad de cambios no lineales y/o irreversibles (Secciones 1.2.5, 1.3, 10.1.2, 10.1.4, 10.4.5)³.

3. *Las vías de desarrollo alternativas⁴ pueden dar lugar a emisiones de gases de efecto invernadero muy diferentes.* En el IE-EE y en los escenarios de mitigación evaluados en el presente informe se indica que el tipo, la magnitud, el calendario y los costos de las medidas de mitigación dependen de diferentes circunstancias nacionales y de las vías de desarrollo socioeconómico y tecnológico, y del nivel deseado de estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (en la Figura RRP-1 se muestra un ejemplo de emisiones totales de CO₂). Las vías de

desarrollo conducentes a bajas emisiones dependen de una amplia gama de elecciones políticas y requieren importantes cambios de política en esferas distintas del cambio climático (Secciones 2.2.2, 2.3.2, 2.4.4, 2.5).

4. *La mitigación del cambio climático puede resultar afectada por políticas y tendencias socioeconómicas de carácter general, como las relativas a desarrollo, sostenibilidad y equidad, y repercutir en ellas.* Las políticas de mitigación del clima pueden fomentar el desarrollo sostenible cuando corresponden a esos objetivos generales de la sociedad. Algunas acciones de mitigación pueden producir grandes beneficios en esferas ajenas al cambio climático: por ejemplo, pueden paliar problemas de salud; aumentar el empleo; reducir efectos negativos sobre el medio ambiente (como la contaminación atmosférica), proteger y mejorar los bosques, los suelos y las cuencas hidrográficas; reducir las subvenciones e impuestos que intensifican las emisiones de gases de efecto invernadero, e inducir el cambio y la difusión de la tecnología, lo que contribuye a objetivos más amplios de desarrollo sostenible. Análogamente, las vías de desarrollo que cumplen objetivos de desarrollo sostenible pueden disminuir los niveles de las emisiones de gases de efecto invernadero (Secciones 1.3, 1.4, 2.2.3, 2.4.4, 2.5, 7.2.2, 8.2.4).

5. *Las diferencias en la distribución de recursos tecnológicos, naturales y financieros entre naciones y regiones y dentro de ellas, y entre generaciones, así como las diferencias en los costos de mitigación, son con frecuencia consideraciones esenciales en el análisis de las opciones de mitigación del cambio climático.* En gran parte del debate sobre la futura diferenciación de contribuciones de países a las cuestiones de mitigación y de equidad conexas se consideran también estas circunstancias⁵. La dificultad de abordar el cambio climático plantea una importante cuestión de equidad, a saber, el grado en que los efectos del cambio climático o de las políticas de mitigación crean o exacerban desigualdades en las naciones y regiones y entre ellas. En los escenarios de estabilización de gases de efecto invernadero evaluados en este informe (salvo cuando la estabilización tiene lugar sin nuevas políticas sobre el clima, p. ej., B1) se supone que los países desarrollados y los países con economías en transición limitan y reducen primero sus emisiones de gases de efecto invernadero⁶.

1 Por mitigación se entiende aquí una intervención antropógena para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) o aumentar sus sumideros.

2 Por *cambio climático* en el IPCC se entiende todo cambio del clima en el transcurso del tiempo, ya se deba a la variabilidad natural o sea resultado de la actividad humana. Esta utilización difiere de la CMCC, donde por *cambio climático* se entiende 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.

3 Los números de las secciones se refieren a los del Informe.

4 En el presente informe, por “vías de desarrollo alternativas” se entiende una diversidad de posibles escenarios de valores en la sociedad y pautas de consumo y de producción en todos los países, incluida, sin limitarse a ella, la continuación de las tendencias actuales. Esas vías no comprenden iniciativas sobre el clima adicionales, lo que significa que no se incluyen escenarios en que se asuma explícitamente la aplicación de la CMCC o los objetivos del Protocolo de Kioto sobre las emisiones pero sí hipótesis sobre otras políticas que influyen indirectamente en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

5 Los planteamientos relacionados con la equidad se han clasificado en diversas categorías, incluidas las basadas en asignación, resultado, proceso, derechos, responsabilidad, pobreza y oportunidad, lo que refleja las diversas expectativas de justicia utilizadas para juzgar procesos de políticas y los resultados correspondientes (Secciones 1.3, 10.2).

6 Las emisiones de todas las regiones difieren de las emisiones de referencia en algún punto. Las emisiones mundiales divergen primero y en mayor grado porque los niveles de estabilización son más bajos o los escenarios subyacentes más altos. Esos escenarios son inciertos, y no proporcionan información sobre las implicaciones de equidad ni sobre cómo pueden lograrse esos cambios ni quién puede soportar los costos.

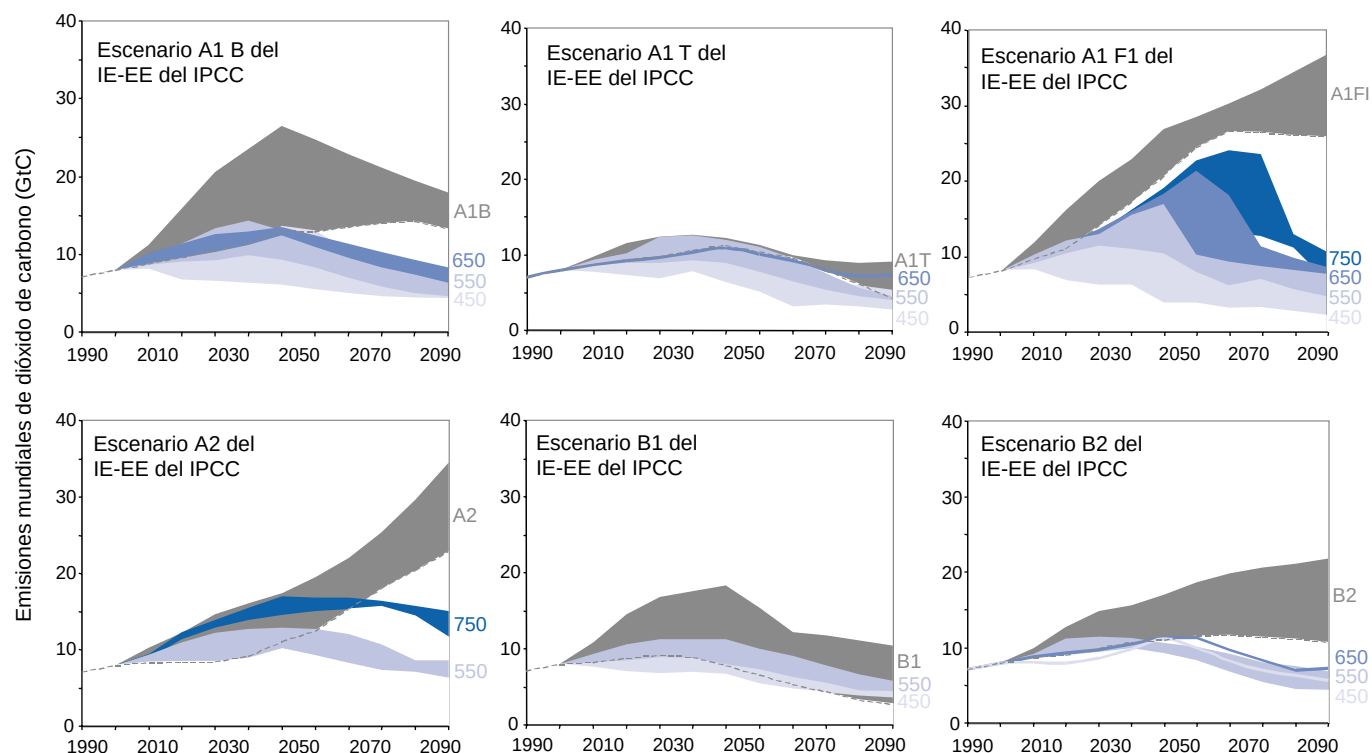


Figura RRP-1: Comparación de escenarios de referencia y de estabilización. Esta Figura se divide en seis partes, una para cada uno de los grupos de escenarios de referencia del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE, véase RRP, Recuadro 1). En cada parte de la Figura se muestra la gama de las emisiones mundiales totales de CO₂ (gigatoneladas de carbono (GtC)) provenientes de todas las fuentes antropógenas para el grupo de escenarios de referencia del IE-EE (sombreado en gris) y las gamas para los diversos escenarios de mitigación evaluados en el TIE que conducen a la estabilización de concentraciones de CO₂ a diversos niveles (sombreado en color). Los escenarios se presentan para la familia A1 subdivida en tres grupos (el grupo A1B equilibrado (Figura RRP-1a), el A1T de alto nivel de combustibles no fósiles (Figura RRP-1b) y el A1FI de utilización intensiva de combustibles fósiles (Figura RRP-1c)) y estabilización de concentraciones de CO₂ a 450, 550, 650 y 750 ppmv; para el grupo A2 con estabilización a 550 y 750 ppmv en la Figura RRP-1d, el grupo B1 y estabilización a 450 y 550 ppmv en la Figura RRP-1e, y el grupo B2, que comprende la estabilización a 1.000 ppmv. En la figura se muestra que cuanto menor es el nivel de estabilización y mayores las emisiones de referencia, más amplia es la disparidad. La diferencia entre emisiones en grupos de escenarios diferentes puede ser tan grande como la disparidad entre escenarios de referencia y de estabilización en un grupo de escenarios. Las líneas de puntos indican los límites en que se superponen las gamas de valores (véase el Recuadro IE-EE).

6. *Para los escenarios de emisiones más bajas se requieren pautas diferentes de desarrollo de recursos energéticos.* En la Figura RRP-2 se comparan las emisiones de carbono acumulativas entre 1990 y 2100 para diversos escenarios IE-EE con el carbono contenido en las reservas y recursos mundiales de combustibles fósiles⁷. En esta figura se muestra que existen abundantes recursos de combustibles fósiles que no limitarán las emisiones de carbono en el siglo XXI. Sin embargo, a diferencia de los depósitos de carbón y de petróleo y gas no convencionales, relativamente grandes, el carbono en reservas de petróleo y de gas convencionales comprobadas, o en recursos de petróleo convencionales, es mucho menor que las emisiones de

carbono acumulativas asociadas con la estabilización de dióxido de carbono a niveles de 450 ppmv o más (la referencia a determinado nivel de concentración no significa un deseo convenido de estabilización a ese nivel). Estos datos sobre los recursos pueden implicar un cambio en la combinación de energía y la introducción de nuevas fuentes de energía en el siglo XXI. La elección de la combinación de energía y la inversión correspondiente determinarán si pueden estabilizarse las concentraciones de GEI y, en ese caso, a qué nivel y costo. En la actualidad, la mayoría de esas inversiones se destinan a descubrir y desarrollar recursos fósiles convencionales y no convencionales (Secciones 2.5.1, 2.5.2, 3.8.3, 8.4).

7 Por reservas se entiende existencias que se identifican y miden como económica y técnicamente recuperables con las tecnologías y los precios actuales. Los recursos son las existencias con características geológicas y/o económicas menos ciertas, pero que se consideran potencialmente recuperables con la evolución tecnológica y económica previsible. La base de recursos abarca ambas categorías. En primer lugar, están las cantidades adicionales con una certidumbre desconocida de existencia y/o con un significado desconocido o sin significado económico en el futuro previsible, denominadas "existencias adicionales". (SIE, Grupo de trabajo II.) Como ejemplos de recursos de combustibles fósiles no convencionales cabe citar la arena bituminosa, el aceite de pizarra, otro aceite pesado, el metano en yacimientos de carbón, el gas presurizado a baja temperatura, el gas en acuíferos, etc.

Recuadro RRP-1. Escenarios de emisiones del Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE)

A1. La familia de escenarios y línea evolutiva A1 describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido; la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad del siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficaces. Las cuestiones importantes subyacentes son la convergencia entre las regiones, la elaboración de capacidades y mayores interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de las diferencias regionales en los ingresos per cápita. La familia de escenarios A1 se divide en tres grupos que describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: fuentes de energía intensivas de origen fósil (A1FI), de origen no fósil (A1T) o un equilibrio entre todas las fuentes (A1B) (el equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final).

A2. La familia de escenarios y línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la independencia y conservación de las identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea una disminución constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B1. La familia de escenarios y línea evolutiva B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial, que alcanza su nivel más alto a mediados del siglo para disminuir posteriormente, como en la línea evolutiva A1 pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de los servicios, con reducciones en la intensidad material e introducción de tecnologías limpias y de recursos eficaces. En esta línea evolutiva se hace hincapié en las soluciones mundiales a la sostenibilidad económica, social y ambiental, lo que comprende una mejora de la equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.

B2. La familia de escenarios y línea evolutiva B2 describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección ambiental y la equidad social, se centra en los niveles local y regional.

Se ha escogido un escenario ilustrativo de cada uno de los seis grupos de escenarios A1B, A1FI, A1T, A2, B1 y B2. Todos deben considerarse razonables por igual.

Los escenarios del IE-EE no incluyen otras iniciativas climáticas, lo cual significa que no se incluyen los escenarios que suponen explícitamente la aplicación de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas, o los objetivos de emisiones del Protocolo de Kioto.

Opciones para limitar o reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero

7. Desde el SIE de 1995 se han realizado notables progresos técnicos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, y más rápidamente de lo previsto. Se ha progresado en una amplia gama de tecnologías en diferentes fases de desarrollo; por ejemplo, la introducción en el mercado de turbinas eólicas, la rápida eliminación de gases derivados industriales, como el N_2O de la producción de ácido atípico y los hidrocarburos perfluorados de la producción de aluminio, automóviles con motores híbridos eficientes, el avance en la tecnología de células de combustible y la demostración de almacenamiento subterráneo de dióxido de carbono. Entre las opciones tecnológicas para reducir las emisiones figuran el mayor rendimiento de dispositivos de uso final y tecnologías de conversión de energía, la utilización de combustibles con pequeño porcentaje de carbono y de biomasa renovables, tecnologías de emisiones cero, mejor gestión de la energía, reducción de emisiones de gases de subproductos y procesos industriales, y la eliminación y el almacenamiento de carbono (Secciones 3.1, 4.7).

En la Tabla RRP-1 se resumen los resultados de numerosos estudios sectoriales, en gran parte a niveles de proyecto, nacionales y regionales, y algunos mundiales, que proporcionan estimaciones de posibles reducciones de las emisiones de GEI entre 2010 y 2020. Algunas conclusiones esenciales son las siguientes:

- Centenares de tecnologías y prácticas para la eficiencia energética de uso final en edificios, transporte e industria de fabricación representan más de la mitad de esas posibilidades (Secciones 3.3, 3.4, 3.5).
- Al menos hasta 2020, en el suministro y conversión de energía seguirán predominando los combustibles fósiles relativamente baratos y abundantes. El gas natural, cuando sea económicamente factible transportarlo, desempeñará una importante función en la reducción de las emisiones, junto con la mejora en la eficiencia de conversión, y un mayor uso de plantas de ciclo combinado y cogeneración (Sección 3.8.4).
- Los sistemas de suministro de energía con pequeño porcentaje de carbono pueden hacer una importante contribución mediante la biomasa, desde subproductos forestales y agrícolas, desechos municipales e industriales hasta la energía, plantaciones de biomasa exclusivas, cuando se dispone de tierra y agua adecuadas, metano de vertederos, energía eólica e hidroeléctrica, y mediante la utilización y ampliación de la vida útil de centrales nucleares. Después de 2010, las emisiones de centrales de energía alimentadas por combustibles fósiles y/o biomasa pueden reducirse sustancialmente merced a la eliminación y almacenamiento de carbono antes o después de la combustión. Las preocupaciones por el medio ambiente, la seguridad, la fiabilidad y la proliferación pueden condicionar el uso de algunas de esas tecnologías (Sección 3.8.4).

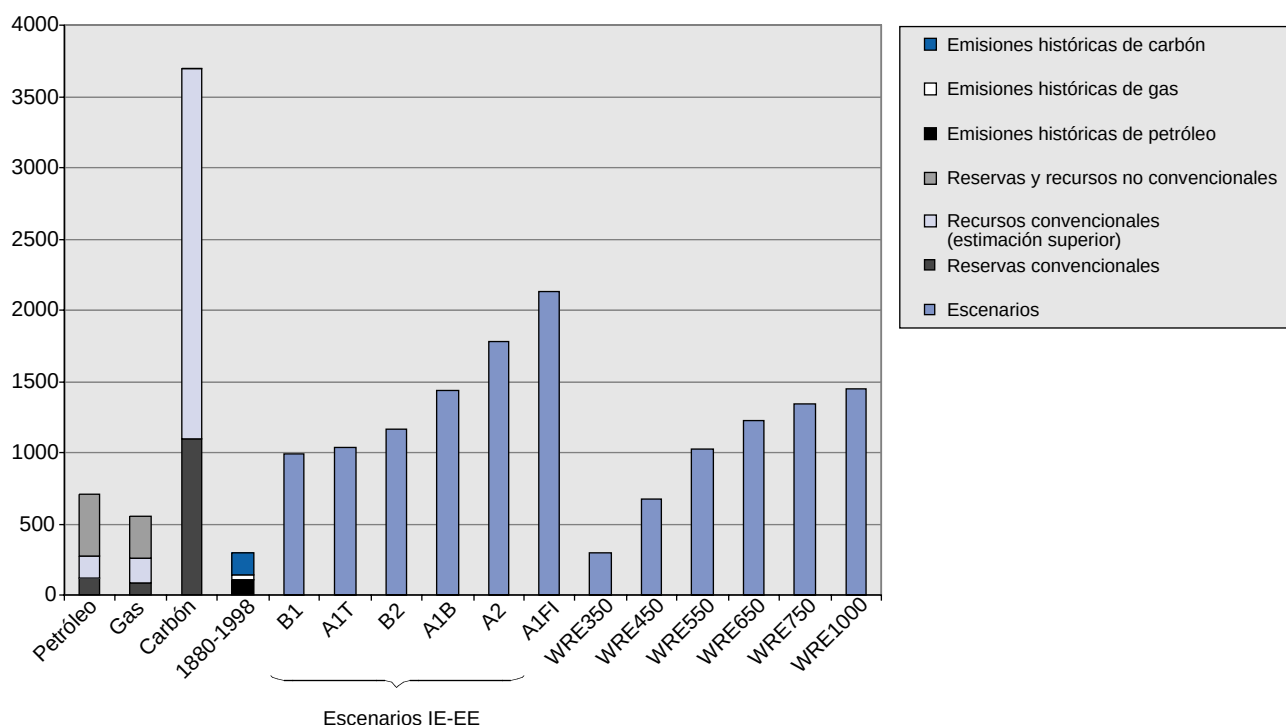


Figura RRP-2: Carbono en reservas y recursos de petróleo, gas y carbón en comparación con las emisiones históricas de carbono de combustibles fósiles entre 1860 y 1998, y con las emisiones de carbono acumulativas de una serie de escenarios IE-EE y de escenarios de estabilización del TIE hasta 2100. Los datos de las reservas y recursos se muestran en las columnas de la izquierda (Sección 3.8.2). Las fuentes no convencionales de petróleo y gas incluyen las arenas alquitranadas, el aceite de esquistos, otros hidrocarburos pesados, metano de capas carboníferas, gas bajo presión geostática a gran profundidad, gas en acuíferos, etc. Los hidratos de gas (clatratos), que ascienden a una cifra estimada de 12.000GtC, no se indican en esta figura. Las columnas correspondientes a los escenarios comprenden escenarios de referencia del IE-EE así como escenarios que conducen a la estabilización de las concentraciones de CO₂ en distintos niveles. Obsérvese que si para el año 2100 las emisiones acumuladas asociadas a los escenarios del IE-EE son iguales o menores a las de los escenarios de estabilización, ello no significa que estos escenarios también conduzcan a la estabilización.

- En la agricultura, las emisiones de metano y óxido nitroso pueden reducirse, como las de fermentación entérica del ganado, arrozales, uso de abonos nitrogenados y desechos de animales (Sección 3.6).
- Según las aplicaciones, las emisiones de gases fluorados pueden reducirse al mínimo mediante cambios de procesos, mejor recuperación, reciclado y confinamiento, o evitarse utilizando compuestos y tecnologías alternativos (Sección 3.5 y Capítulo 3, Apéndice).

Las reducciones potenciales de las emisiones que figuran en la Tabla RRP-1 por sectores se agregaron con el fin de ofrecer estimaciones de las posibles reducciones de emisiones mundiales teniendo en cuenta superposiciones potenciales entre sectores y tecnologías, y dentro de ellos, en la medida de lo posible, habida cuenta de la información contenida en los estudios pertinentes. La mitad de esas posibles reducciones de las emisiones puede lograrse en 2020, con beneficios directos (economía de energía) que rebasan los costos directos (capital neto, explotación y costos de mantenimiento), y la otra mitad con un costo directo neto de hasta 100/tC_{eq} \$ EE.UU. (a precios de 1998). Esas estimaciones de costos se obtienen utilizando tipos de descuento de 5 a 12%, que corresponden a los tipos de descuento del sector público. Las tasas de rendimiento internas en el sector privado varían considerablemente, y son con frecuencia mucho más altas, lo que influye en el ritmo de adopción de esas tecnologías por entidades privadas.

Según el escenario de las emisiones entre 2010 y 2020, se podrían reducir las emisiones mundiales por debajo de los niveles de 2000 a esos costos directos netos. La realización de esas reducciones entraña costos de ejecución adicionales, que en algunos casos pueden ser sustanciales, la posible necesidad de apoyar políticas (como las descritas en el párrafo 18), mayor investigación y desarrollo, transferencia efectiva de tecnología y la superación de otras barreras (párrafo 17). Tales cuestiones, junto con los costos y los beneficios no incluidos en esta evaluación, se tratan en los párrafos 11, 12 y 13.

En los diversos estudios mundiales, regionales, nacionales, sectoriales y de proyectos evaluados en el presente informe intervienen diferentes ámbitos de aplicación e hipótesis. No se dispone de estudios para todos los sectores y todas las regiones. La gama de reducciones de las emisiones de que se informa en la Tabla RRP-1 (véase Recuadro RRP-2) refleja las incertidumbres de los estudios en que se basan (Secciones 3.3-3.8).

8. *Los bosques, las tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen considerables posibilidades de mitigación de carbono. Aunque no necesariamente permanentes, con la conservación y el secuestro de carbono se puede disponer de tiempo para desarrollar y aplicar más otras opciones.* En la mitigación biológica pueden utilizarse tres estrategias: a) conservación de reservorios de carbono existentes, b) secuestro aumentando el tamaño de los reservorios de

Tabla RRP-1: Estimaciones de posibles reducciones mundiales de emisiones de gases de efecto invernadero en 2010 y en 2020 (Capítulo 3.3-3.8 y Capítulo 3, Apéndice)

Sector	Emisiones históricas en 1990 (MtC _{eq} /año)	Tasa de crecimiento anual histórica de C _{eq} (%) 1990-1995	Posibilidad de reducción de las emisiones en 2010 (MtC _{eq} /año)	Posibilidad de reducción de las emisiones en 2020 (MtC _{eq} /año)	Costos directos netos por tonelada de carbono evitada
Edificios ^a	CO ₂ sólo 1.650	1,0	700-750	1.000-1.100	La mayoría de las reducciones a costos directos negativos netos.
Transporte	CO ₂ sólo 1.080	2,4	100-300	300-700	En la mayoría de los estudios se indican costos netos inferiores a 25 \$/tC, pero en dos se sugieren costos directos netos superiores a 50 \$/tC.
Industria – rendimiento energético – eficiencia del material	CO ₂ sólo 2.300	0,4	300-500 ~200	700-900 ~600	Disponible más de la mitad a costos directos negativos netos. Los costos son inciertos.
Industria	Gases dist. de CO ₂ 170		~100	~100	Los costos de reducción de las emisiones de N ₂ O son 0-10 \$/tC _{eq} .
Agricultura ^b	CO ₂ sólo Gases dist. de CO ₂ 210 1.250-2.800	n.a	150-300	350-750	La mayoría de las reducciones costarán entre 0-100 \$/tC _{eq} con limitadas oportunidades de opciones de costos directos negativos netos.
Desechos ^b	CH ₄ sólo 240	1,0	~200	~200	Alrededor de 75% de las economías por recuperación de metano de vertederos a costos directos negativos netos; 25% al costo de 20 \$/tC _{eq} .
Aplicaciones de sustitución del Protocolo de Montreal Gases dist. de CO ₂	0	n.a.	~100	n.a.	Alrededor de la mitad de las reducciones se deben a la diferencia en la base de referencia del estudio y a los valores de la base de referencia del IE-EE. La mitad restante de las reducciones, a costos directos netos inferiores a 200 \$/tC _{eq} .
Suministro y conversión de energía ^c	(1.620) CO ₂ sólo	1,5	50-150	350-700	Existen limitadas opciones a costos directos negativos netos; se dispone de muchas a menos de 100 \$/tC _{eq} .
Total	6.900-8.400^d		1.900-2.600^e	3.600-5.050^e	

a Comprenden electrodomésticos y el amazón.
b La gama en la agricultura se debe principalmente a grandes incertidumbres sobre las emisiones de CH₄, N₂O y de CO₂ relacionadas con el suelo. En los desechos predomina el metano de vertedero; los otros sectores se pueden estimar con mayor precisión por predominar en ellos el CO₂ de combustibles fósiles.
c Incluido en los valores de los sectores anteriores. Las reducciones comprenden opciones de generación de electricidad solamente (paso de combustible a gas/nuclear, captura y almacenamiento de CO₂, mayor rendimiento de las centrales de energía y fuentes de energía renovables).
d El total comprende todos los sectores examinados en el Capítulo 3 para los seis gases. No comprende las fuentes no relacionadas con la energía de CO₂ (producción de cemento, 160 MtC; quema de gases, 60 MtC; cambio del uso de la tierra, 600-1.400 MtC) y energía utilizada para la conversión de combustibles en los totales del sector de uso final (630 MtC). Si se agregaran el refino de petróleo y el gas de hornos de coque, las emisiones de CO₂ en 1990, que totalizaban 7.100 MtC, aumentarían en un 12%. Procede señalar que no se incluyen las emisiones de la silvicultura ni sus opciones de mitigación por sumideros de carbono.
e En los escenarios del IE-EE (para seis gases incluidos en el Protocolo de Kioto) se prevé una gama de emisiones de 11.500-14.000 MtC_{eq} para 2010, y de 12.000-16.000 MtC_{eq} para 2020. Las estimaciones de reducción de las emisiones son muy compatibles con las tendencias de las emisiones de referencia en el escenario B2 del IE-EE. En las posibles reducciones se tiene en cuenta la rotación normal del capital. No se limitan a opciones rentables, pero excluyen las opciones con costos superiores a 100 \$/tC_{eq} (excepto

Recuadro RRP-2: Enfoques para estimar los costos y los beneficios, y sus incertidumbres

Con respecto a diversos factores, en las estimaciones cuantitativas concretas de los costos y beneficios de las opciones de mitigación intervienen considerables diferencias e incertidumbres. En el SIE se describen dos categorías de enfoques para estimar los costos y los beneficios: enfoques ascendentes, que se establecen a partir de evaluaciones de tecnologías y sectores específicos, como los descritos en el párrafo 7, y estudios de modelos descendentes, en los que se parte de relaciones macroeconómicas, como las que se examinan en el párrafo 13. Estos dos enfoques conducen a diferencias en las estimaciones de los costos y los beneficios, que han disminuido desde el SIE. Incluso si se resolvieran esas diferencias, subsistirían otras incertidumbres. El efecto potencial de esas incertidumbres puede evaluarse en forma útil examinando los efectos de un cambio en cualquiera de las hipótesis sobre los resultados de los costos agregados, siempre y cuando se trate debidamente toda correlación entre variables.

carbón, y c) sustitución de productos biológicos producidos de manera sostenible; p. ej., madera para productos de construcción de gran intensidad de energía y biomasa para combustibles fósiles (Secciones 3.6, 4.3). La conservación de reservorios de carbono amenazados puede ayudar a evitar emisiones, si se impiden las fugas y sólo puede resultar sostenible si es posible abordar las causas socioeconómicas de la deforestación y otras pérdidas de reservorios de carbono. El secuestro refleja la dinámica biológica del crecimiento, que muchas veces comienza lentamente, pasa por un máximo y luego disminuye durante decenios o siglos.

Con la conservación y el secuestro se logran mayores reservas de carbono, pero eso puede dar lugar a emisiones más altas de carbono en el futuro si se perturban considerablemente esos ecosistemas, bien en forma natural o por actividades humanas, directas o indirectas. Incluso si las perturbaciones naturales van seguidas normalmente de secuestro, las actividades para afrontar esas perturbaciones pueden desempeñar una importante función en la limitación de las emisiones de carbono. Los beneficios de sustitución pueden continuar, en principio, indefinidamente. Con la gestión adecuada de la tierra para la producción de cultivos, madera y bioenergía sostenible pueden aumentar los beneficios para la mitigación del cambio climático. Si se tiene en cuenta la competencia por el uso de la tierra y las evaluaciones del SIE y del IE-UTCUTS, el potencial mundial estimado de opciones de mitigación biológica es del orden de 100 GtC (acumulativo), aunque esta estimación encierra considerables incertidumbres para 2050, que equivalen a entre el 10 y el 20% de las posibles emisiones de combustibles fósiles durante ese período. La realización de ese potencial depende de la disponibilidad de tierra y de agua, así como de las tasas de adopción de diferentes prácticas de gestión de la tierra. Las mayores posibilidades biológicas para la mitigación del carbono en la atmósfera las ofrecen las regiones subtropicales y tropicales. Las estimaciones de costos de la mitigación biológica comunicadas hasta ahora varían notablemente, de 0,1/tC \$ EE.UU. a 20/tC \$ EE.UU. aproximadamente en varios países tropicales, y de 20/tC \$ EE.UU. a 100/tC \$ EE.UU. en países no tropicales. Los métodos de análisis financiero y contabilización del carbono no han sido comparables. Además, en los cálculos de los costos no se consideran, en muchos casos, los de infraestructura, redescuento adecuado, vigilancia, recopilación de datos y aplicación, los costos de oportunidad de tierra y

mantenimiento u otros costos generales, que con frecuencia se excluyen o no se tienen en cuenta. El extremo inferior de las gamas tiene un sesgo descendente, pero con el tiempo se comprenden y tratan mejor los costos. Esas opciones de mitigación biológica pueden aportar beneficios sociales, económicos y ambientales, además de las reducciones de CO₂ en la atmósfera, si se aplican debidamente (p. ej., biodiversidad, protección de cuencas, mejora de la gestión sostenible de la tierra y empleo rural). Sin embargo, si no se aplican debidamente pueden plantear riesgos de efectos negativos (p. ej., pérdida de biodiversidad, desorganización comunitaria y contaminación de aguas subterráneas). En las opciones de mitigación biológica se pueden reducir o aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero distintas de CO₂ (Secciones 4.3, 4.4).

9. *No hay una sola vía para que las emisiones sean bajas en el futuro, y los países y las regiones habrán de elegir la suya propia. La mayoría de los resultados de los modelos indican que con las opciones tecnológicas conocidas⁸ se puede lograr una amplia gama de niveles de estabilización de CO₂ en la atmósfera, como 550 ppmv, 450 ppmv o menos, en los próximos 100 años o más, pero para aplicarlas serían indispensables cambios socioeconómicos o institucionales asociados.* Para lograr la estabilización a esos niveles, los escenarios sugieren la necesidad de reducir mucho las emisiones de carbono en el mundo por unidad de PIB a partir de los niveles de 1990. Los avances tecnológicos y las transferencias de tecnología pueden desempeñar una función esencial en los escenarios de estabilización evaluados en este informe. Para el sector esencial de la energía, casi todos los escenarios de estabilización de la mitigación y concentración de GEI se caracterizan por la introducción de tecnologías eficientes para el uso y el suministro de energía, con poco o ningún carbono. Ahora bien, ninguna opción tecnológica permitirá por sí sola realizar todas las reducciones de emisión necesarias. Las opciones de reducción en fuentes no relacionadas con la energía y GEI distintos de CO₂ ofrecerán también importantes posibilidades para reducir las emisiones. La transferencia de tecnología entre países y regiones ampliará la gama de opciones a nivel regional, y con las economías de escala y los mayores conocimientos disminuirán los costos para adoptarlas (Secciones 2.3.2, 2.4, 2.5).

8 Por "opciones tecnológicas conocidas" se entiende las tecnologías existentes en funcionamiento o en la fase de planta experimental actualmente, según se indica en los escenarios de mitigación considerados en el presente informe. No comprenden ninguna nueva tecnología que requerirá importantes avances técnicos. Por lo tanto, se puede considerar una estimación conservadora, habida cuenta de la extensión del período del escenario.

10. *El aprendizaje social y la innovación, y los cambios en la estructura institucional pueden contribuir a mitigar el cambio climático.* La modificación de las reglas colectivas y de los comportamientos individuales puede influir notablemente en las emisiones de GEI, pero tiene lugar en una compleja situación institucional, reglamentaria y jurídica. Varios estudios indican que los actuales sistemas de incentivos pueden estimular las pautas de producción intensiva de recursos y de consumo, con lo que aumentan las emisiones de GEI en todos los sectores, destacando el transporte y la vivienda. A más corto plazo, hay oportunidades que influyen, mediante innovaciones sociales, en los comportamientos individuales y de las organizaciones. A más largo plazo, esas innovaciones, combinadas con el cambio tecnológico, pueden permitir mejorar las posibilidades socioeconómicas, particularmente si las preferencias y las normas culturales tienden a comportamientos de emisiones más bajas y sostenibles. Esas innovaciones tropiezan con frecuencia con cierta resistencia, problema que puede abordarse estimulando una mayor participación del público en los procesos de adopción de decisiones, lo que podría contribuir a nuevos enfoques con respecto a la sostenibilidad y la equidad (Secciones 1.4.3, 5.3.8, 10.3.2, 10.3.4).

Los costos y los beneficios accesorios⁹ de las medidas de mitigación

11. *Las estimaciones de costos y beneficios de las medidas de mitigación difieren a causa de i) la manera de medir el bienestar, ii) el alcance y la metodología del análisis, y iii) las hipótesis básicas incorporadas en los análisis. Como resultado, los costos y beneficios estimados pueden no reflejar los costos y beneficios reales de aplicar medidas de mitigación.* Con respecto a i) y ii), las estimaciones de los costos y los beneficios dependen, entre otras cosas, de la reconversión de los ingresos, y de si se consideran, y cómo, los siguientes factores: costo de ejecución y transacción, efectos en la distribución, gases múltiples, opciones de cambio del uso de la tierra, beneficios del cambio climático evitado, beneficios accesorios, oportunidades útiles en todo caso¹⁰ y la valoración de externalidades y efectos no relacionados con el mercado. Entre las hipótesis figuran las siguientes:

- Cambio demográfico, la tasa y la estructura del crecimiento económico; aumentos en la movilidad personal, innovación tecnológica como mejoras en el rendimiento energético y la disponibilidad de fuentes de energía a bajo costo, flexibilidad de las inversiones de capital y mercados de trabajo, precios, distorsiones fiscales en el escenario sin política (base de referencia).
- El nivel y el calendario del objetivo de mitigación.

- Hipótesis con respecto a las medidas de aplicación; p. ej., el grado de comercialización de las emisiones, el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y la Aplicación Conjunta (AC), la reglamentación, así como los acuerdos voluntarios¹¹ y los costos de transacción asociados.

- Tipos de descuento: en las escalas largas, las hipótesis de descuento son fundamentales, y todavía no hay consenso sobre los tipos a largo plazo apropiados, si bien en las publicaciones se presta cada vez más atención a los tipos que disminuyen con el tiempo y, por lo tanto, se da más importancia a los beneficios que se producen a la larga. Esos tipos de descuento deben distinguirse de los tipos más altos que utilizan generalmente los agentes privados en las transacciones de mercado. (Secciones 7.2, 7.3, 8.2.1, 8.2.2, 9.4).

12. *Algunas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero pueden limitarse con un costo social neto negativo o sin él, en la medida en que con las políticas se puedan explotar oportunidades útiles en todo caso* (Secciones 7.3.4, 9.2.1):

- *Imperfecciones del mercado.* Con la reducción de los fallos existentes en el mercado o institucionales y de otros obstáculos que impiden adoptar medidas de reducción de las emisiones rentables, pueden bajar los costos privados en comparación con la práctica actual. De esta manera se pueden reducir también los costos privados en general.
- *Beneficios accesorios.* Las medidas para mitigar el cambio climático repercutirán en otras cuestiones de la sociedad. Por ejemplo, la reducción de las emisiones de carbono en algunos países provocará la reducción simultánea en la contaminación atmosférica local y regional. Es probable que las estrategias de mitigación influyan también en el transporte, la agricultura, las prácticas de uso de la tierra y la gestión de desechos, y que repercutan en otras cuestiones de interés social, como el empleo y la seguridad energética. Sin embargo, no todos los efectos serán positivos; mediante una selección y una concepción de políticas minuciosas se pueden garantizar mejor los efectos positivos y reducir al mínimo los impactos negativos. En algunos casos, la magnitud de los beneficios accesorios de la mitigación pueden ser comparables a los costos de las medidas de mitigación, lo que viene a sumarse a las posibilidades útiles en todo caso, si bien las estimaciones pueden ser difíciles y variar considerablemente (Secciones 7.3.3, 8.2.4, 9.2.2-9.2.8, 9.2.10).
- *Doble dividendo.* Instrumentos (como impuestos o subastas de permisos) proporcionan ingresos al gobierno. Si se utilizan para financiar reducciones en los impuestos distorsionadores existentes (reconversión de ingresos), disminuye el costo económico de lograr reducciones de GEI. La magnitud de esta

9 Los beneficios accesorios son efectos accesorios, o secundarios, de políticas que persiguen exclusivamente la mitigación del cambio climático. Esas políticas no sólo influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino también en la eficaz utilización de los recursos, como la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos locales y regionales asociados al uso de combustibles fósiles, y en cuestiones como transporte, agricultura, prácticas de uso de la tierra, empleo y seguridad de los combustibles. A veces, esos beneficios se denominan “efectos accesorios” para reflejar que los beneficios pueden ser negativos en algunos casos.

10 En el presente informe, como en el SIE, las oportunidades útiles en todo caso se definen como las opciones 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 del cambio climático evitado.

11 Un acuerdo voluntario es el concertado entre una autoridad gubernamental y una o varias partes privadas, así como un compromiso unilateral reconocido por la autoridad pública, para alcanzar objetivos ambientales o mejorar el comportamiento ambiental más de lo exigido para el cumplimiento.

compensación depende de la estructura fiscal existente, del tipo de reducción de impuestos y del método de reconversión. En algunos casos, es posible que los beneficios económicos sean superiores a los costos de mitigación (Secciones 7.3.3, 8.2.2, 9.2.1).

13. *Las estimaciones de costos en los países del Anexo B para aplicar el Protocolo de Kioto varían según los estudios y las regiones, como se indica en el párrafo 11, y dependen mucho de las hipótesis relacionadas con la utilización de los mecanismos de Kioto, y sus interacciones con las medidas nacionales.* En la inmensa mayoría de los estudios mundiales en que se informa sobre esos costos, y se comparan, se utilizan modelos energético-económicos internacionales. En nueve de ellos se sugieren los siguientes impactos sobre el PIB¹² (Secciones 7.3.5, 8.3.1, 9.2.3, 10.4.4).

Países del Anexo II¹³: A falta de comercio de derechos de emisión entre países del Anexo B¹⁴, la mayoría de los estudios mundiales muestran reducciones en el PIB previsto del orden de 0,2 a 2% en 2010 para las diferentes regiones del Anexo II. Con un comercio total de los derechos de emisión entre países del Anexo B, las reducciones estimadas en 2010 se sitúan entre 0,1 y 1,1% del PIB previsto¹⁵. Esos estudios abarcan una amplia gama de hipótesis, que se enumeran en el párrafo 11. Los modelos de cuyos resultados se informa en ese párrafo suponen la plena utilización del comercio de los derechos de emisión sin costo de transacción. Los resultados en los casos que no permiten el comercio en los países del Anexo B se supone un comercio nacional total en cada región. Los modelos no comprenden sumideros o GEI distintos de CO₂. Tampoco comprenden el MLD, opciones de costos negativos, beneficios accesorios ni la reconversión de los ingresos fijado como objetivo.

Los siguientes factores influyen también en los costos, en todas las regiones:

- Los condicionamientos sobre la utilización del comercio en los países del Anexo B, los elevados costos de transacción para aplicar los mecanismos, y la aplicación nacional ineficiente pueden aumentarlos.
- La inclusión en las políticas y en las medidas nacionales de posibilidades útiles en todo caso¹⁰ señaladas en el párrafo 12, el uso del MLD, los sumideros, y la inclusión de GEI distintos de CO₂, pueden reducirlos. Los costos pueden variar más ampliamente en los distintos países.

Los modelos muestran que los mecanismos de Kioto son importantes para controlar los riesgos de costos elevados en determinados países, por lo que pueden servir de complemento a los mecanismos de políticas nacionales. Análogamente, pueden reducir al mínimo los riesgos de impactos internacionales no justos y ayudar a igualar los costos marginales. Los estudios de modelos mundiales señalados anteriormente muestran unos costos marginales nacionales para cumplir los objetivos de Kioto de 20/tC \$ EE.UU. a 600/tC \$ EE.UU. aproximadamente, sin comercio, y una gama del orden de 15/tC \$ EE.UU. a 150/tC \$ EE.UU. con el comercio entre países del Anexo B. Las reducciones de costos resultantes de esos mecanismos pueden depender de los detalles de aplicación, que comprenden la compatibilidad de los mecanismos nacionales e internacionales, los condicionamientos y los costos de transacción.

Economías en transición: Para la mayoría de esos países, los efectos de los GEI pueden ser insignificantes, o de varios puntos porcentuales más. Esto refleja las oportunidades de mejorar el rendimiento de la energía de que no disponen los países del Anexo II. Con hipótesis de drástica mejora del rendimiento energético y/o de continuas recesiones económicas en algunos países, las cantidades atribuidas pueden exceder de las emisiones previstas en el primer período de compromiso. En este caso, los modelos muestran un aumento del PIB debido a los ingresos procedentes del comercio de cantidades atribuidas. Sin embargo, los efectos de la aplicación del Protocolo de Kioto sobre el PIB serán similares en algunas economías en transición y en los países del Anexo II.

14. *En los estudios de rentabilidad durante un siglo se estima que los costos de estabilizar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera aumentarán a medida que disminuya el nivel de estabilización de la concentración. Las diferentes referencias pueden influir considerablemente en los costos absolutos.* Si bien se produce un aumento moderado en los costos cuando se pasa de un nivel de estabilización de la concentración de 750 ppmv a 550 ppmv, al pasar de 550 ppmv a 450 ppmv este aumento es mayor, a menos que las emisiones en el escenario de referencia sean muy bajas. Sin embargo, en esos resultados no se tienen en cuenta el secuestro de carbono ni los gases distintos de CO₂, ni se examina el posible efecto de objetivos más ambiciosos sobre el cambio tecnológico inducido¹⁶. Los costos asociados con cada nivel de concentración dependen de numerosos factores, como la tasa de descuento, la distribución de reducciones de emisiones en el tiempo, las políticas y medidas empleadas, y particularmente la elección del

12 En muchos otros estudios en que se incluyen con mayor precisión las condiciones específicas del país y la diversidad de las políticas perseguidas se ofrece una gama más amplia de las estimaciones de costos netos (Sección 8.2.2).

13 Países del Anexo II. Grupo de países incluidos en el Anexo II de la CMCC, que comprende todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

14 Países del Anexo B: Grupo de países incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto que han acordado un objetivo para sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incluidos todos los países del Anexo I (modificado en 1998), salvo Turquía y Belarús.

15 Para presentar los costos se pueden utilizar muchas normas. Por ejemplo, si los costos anuales para los países desarrollados asociados con el cumplimiento de los objetivos de Kioto con el comercio total entre países del Anexo B son del orden de 0,5% del PIB, esto representa 125.000 millones \$ EE.UU. (1.000 millones) anuales, o sea, 125 \$ por persona y año para 2010 en el Anexo II (hipótesis del IE-EE). Esto corresponde a una repercusión sobre las tasas de crecimiento económico en diez años de menos de 0,1 puntos porcentuales.

16 El cambio tecnológico inducido constituye un nuevo ámbito de investigación. En ninguna de las publicaciones examinadas en el TIE sobre la relación entre las concentraciones de CO₂ y los costos en un siglo se dan resultados para los modelos que emplean el cambio tecnológico inducido. Los modelos con cambio tecnológico inducido en algunas circunstancias muestran que las concentraciones en un siglo pueden diferir, con un crecimiento del PIB similar pero con regímenes de políticas diferentes (Sección 8.4.1.4).

escenario de referencia: para escenarios caracterizados por basarse en el desarrollo sostenible local y regional, por ejemplo, los costos totales de la estabilización a determinado nivel son bastante inferiores a los de otros escenarios¹⁷ (Secciones 2.5.2, 8.4.1, 10.4.6).

15. *En todo esfuerzo de mitigación de gases de efecto invernadero, los costos y los beneficios económicos se distribuyen en forma desigual entre sectores; en grado variable, los costos de las medidas de mitigación pueden reducirse mediante políticas apropiadas.* En general, es más fácil identificar actividades, que probablemente tengan costos económicos en comparación con aquellas que pueden producir beneficios, y los costos económicos son más inmediatos, más concentrados y más ciertos. Con políticas de mitigación, es muy probable que resulten económicamente desaventajados los sectores del carbón, posiblemente los del petróleo y el gas y ciertos sectores de gran consumo de energía, como la producción de acero. Cabe esperar que otras industrias, entre ellas las de energías renovables y servicios, se beneficien a la larga de las variaciones de precios y de la disponibilidad de recursos financieros y de otro tipo que, en caso contrario, se hubieran consagrado a sectores con gran intensidad de carbono. Con políticas como la eliminación de subvenciones a los combustibles fósiles pueden aumentar los beneficios totales para la sociedad mediante ganancias de eficiencia económica, en tanto que con la utilización de los mecanismos de Kioto cabría esperar la disminución del costo económico neto resultante de alcanzar los objetivos en los países del Anexo B. Con otros tipos de políticas, por ejemplo exonerando a las industrias con gran intensidad de carbono, se redistribuyen los costos pero se aumentan al mismo tiempo los costos totales para la sociedad. La mayoría de los estudios muestran que los efectos de un impuesto sobre el carbono en la distribución pueden repercutir negativamente en los grupos de bajos ingresos, a menos que la recaudación fiscal se utilice directa o indirectamente para compensar esos efectos (Sección 9.2.1).

16. *Las reducciones de las emisiones en los países del Anexo I surten efectos reconocidos, aunque con diverso grado de “desbordamiento”¹⁸ sobre los países no incluidos en el Anexo I* (Secciones 8.3.2, 9.3).

- *Países exportadores de petróleo, no incluidos en el Anexo I: los costos de que se trata en los análisis difieren, incluidas entre otras cosas las reducciones en el PIB previsto, así como las*

*reducciones en los ingresos previstos procedentes del petróleo*¹⁹. El estudio en que se indican los costos más bajos presenta reducciones de 0,2% de PIB previsto sin comercio de los derechos de emisión, y menos de 0,05% del PIB previsto con comercio de los derechos de emisión entre los países del Anexo B en 2010²⁰. El estudio en que se indican los costos más altos presenta reducciones de 25% de los ingresos procedentes del petróleo previstos sin comercio de los derechos de emisión, y de 13% de los ingresos procedentes del petróleo previstos con comercio de los derechos de emisión entre países del Anexo B en 2010. En esos estudios no se tienen en cuenta políticas ni medidas²¹ distintas del comercio de los derechos de emisión entre países del Anexo B, que puedan reducir el impacto sobre los países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I, y por lo tanto, tienden a exagerar los costos para esos países y los costos globales. Los efectos sobre esos países pueden reducirse aún más suprimiendo subvenciones a los combustibles fósiles, reestructurando los impuestos sobre la energía según el contenido de carbono, utilizando más gas natural y diversificando las economías de los países exportadores de petróleo que no figuran en el Anexo I.

- *Otros países no incluidos en el Anexo I: pueden resultar afectados adversamente por disminuciones de la demanda de sus exportaciones a naciones de la OCDE y por el incremento de los precios de los productos con gran contenido de carbono y otros que sigan importando. Esos países pueden beneficiarse de la reducción de los precios del petróleo, del aumento de las exportaciones de productos con gran contenido de carbono y la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y conocimientos especializados.* El balance neto para un país depende de cuáles de esos factores predominen. Debido a tales complejidades, la división entre ganadores y perdedores sigue siendo incierta.
- *Fuga de carbono*²²: *El posible traslado de algunas industrias con gran intensidad de carbono a países no incluidos en el Anexo I y los mayores impactos sobre las corrientes comerciales como consecuencia de la modificación de los precios puede originar una fuga del orden de 5 a 20% (Sección 8.3.2.2).* Debido a las exenciones, por ejemplo de industrias con gran intensidad de energía, las estimaciones más altas de los modelos sobre fugas de carbono son improbables, pero los costos agregados aumentarían. Como consecuencia de la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y conocimientos especializados, no incluida en los modelos, podrían disminuir las fugas, y compensarse con creces, especialmente a largo plazo.

17 Para la influencia de los escenarios de referencia en la magnitud del esfuerzo de mitigación requerido a fin de alcanzar un nivel de estabilización dado, véase la Figura RRP-1.

18 Los efectos secundarios comprenden sólo los económicos, no los ambientales.

19 En el Cuadro 9.4 del informe figuran detalles de los seis estudios analizados.

20 Estos costos estimados pueden expresarse como diferencias en las tasas de crecimiento del PIB en el período 2000-2010. Sin comercio de los derechos de emisión, la tasa de crecimiento del PIB disminuye en 0,02 puntos porcentuales/año; con comercio de los derechos de emisión entre países del Anexo B, la tasa de crecimiento disminuye en menos de 0,005 puntos porcentuales/año.

21 Esas políticas y medidas comprenden: las relativas a los gases distintos de CO₂ y a fuentes no generadoras de energía de todos los gases; compensaciones de sumideros; reestructuración de la industria (p. ej., de los servicios productores de energía a los proveedores de energía); utilización del poder de mercado de la OPEP; y medidas (p. ej., las Partes del Anexo B) relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología. Además, los estudios no abarcan normalmente las siguientes políticas y efectos que pueden reducir el costo total de la mitigación: el uso de ingresos fiscales para disminuir las cargas impositivas o financiar otras medidas de mitigación; los beneficios accesorios para el medio ambiente de la reducción del uso de combustibles fósiles; y el cambio tecnológico inducido debido a las políticas de mitigación.

22 Por “fuga de carbono” se entiende aquí el aumento de las emisiones en países no incluidos en el Anexo B, debido a la aplicación de reducciones en el Anexo B, expresadas como porcentaje de reducciones en el Anexo B.

Cómo lograr la mitigación

17. *Para aplicar con éxito las opciones de mitigación de gases de efecto invernadero hay que superar numerosos obstáculos técnicos, económicos, políticos, culturales, sociales, de comportamiento y/o institucionales que impiden la plena explotación de las oportunidades tecnológicas, económicas y sociales de esas opciones de mitigación.* Las oportunidades de mitigación y los tipos de obstáculos potenciales varían según las regiones y los sectores, y en el transcurso del tiempo. Esto se debe al amplio cambio en la capacidad de mitigación. Las oportunidades de los pobres de cualquier país para adoptar tecnologías o cambiar su comportamiento social son limitadas, en particular si no forman parte de una economía monetaria, y la mayoría de los países se pueden beneficiar de la innovadora reforma financiera e institucional y de la supresión de obstáculos al comercio. En los países industrializados, las futuras oportunidades residen sobre todo en la supresión de obstáculos sociales y de comportamiento; en los países con economías en transición, en la racionalización de los precios; y en los países en desarrollo, en la racionalización de los precios, en el mayor acceso a datos e información, en la disponibilidad de tecnologías avanzadas, en los recursos financieros, y en la formación y la creación de capacidad. Sin embargo, todo país puede tener oportunidades suprimiendo cualquier combinación de obstáculos (Secciones 1.5, 5.3, 5.4).

18. *Las respuestas nacionales al cambio climático pueden ser más eficaces si se aplican como una serie de instrumentos de política para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).* La serie de instrumentos nacionales de políticas sobre el clima puede comprender —según las circunstancias nacionales— impuestos sobre emisiones/carbono/energía, permisos negociables y no negociables, provisión y/o supresión de subvenciones, sistemas de depósito/reembolso, normas sobre tecnología o rendimiento, requisitos sobre combinaciones de energía, prohibiciones de productos, acuerdos voluntarios, gastos e inversiones del sector público, y ayuda para investigación y desarrollo. Cada gobierno puede aplicar diferentes criterios de evaluación, lo que puede conducir a diferentes series de instrumentos. En las publicaciones no se da preferencia en general a ningún instrumento de política particular. Los instrumentos basados en el mercado pueden ser rentables en muchos casos, especialmente cuando se desarrolla capacidad para administrarlos. Las normas sobre eficiencia energética y la reglamentación sobre rendimiento se utilizan mucho y pueden ser eficaces en numerosos países, y preceder a veces a los instrumentos basados en el mercado. Recientemente se han utilizado con mayor frecuencia acuerdos voluntarios, a veces antes de introducir medidas más estrictas. Cada vez se insiste más en campañas de información, etiquetado con indicaciones ecológicas y comercialización ecológicamente racional, aisladamente o en combinación con subvenciones que sirvan de incentivo, para informar y configurar el comportamiento del consumidor o del productor. La investigación y el desarrollo con el apoyo del gobierno o del sector privado es importante para promover la aplicación y transferencia de tecnologías de mitigación a largo plazo que superen a las actuales posibilidades del mercado o económicas (Sección 6.2).

19. *La eficacia de la mitigación del cambio climático se puede mejorar cuando las políticas sobre el clima se integran con los objetivos*

no relacionados con el clima de la política nacional y sectorial y se convierten en amplias estrategias de transición para lograr los cambios sociales y tecnológicos a largo plazo requeridos para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático. Lo mismo que las políticas sobre el clima pueden producir beneficios accesorios que mejoran el bienestar, las políticas no relacionadas con el clima pueden producir beneficios climáticos. Tal vez sea posible reducir considerablemente las emisiones de GEI persiguiendo objetivos climáticos mediante políticas socioeconómicas de carácter general. En muchos países, la intensidad de carbono de los sistemas energéticos puede variar según los programas generales de desarrollo de la infraestructura de la energía, los precios, y las políticas fiscales. La adopción de las tecnologías ecológicamente racionales más modernas puede ofrecer una ocasión especial para el desarrollo ecológicamente racional, evitando al mismo tiempo actividades con gran intensidad de GEI. Mediante una atención específica se puede fomentar la transferencia de esas tecnologías a empresas pequeñas y medianas. Además, si en las estrategias globales sobre desarrollo nacional se tienen en cuenta los beneficios accesorios se podrán reducir los obstáculos políticos e institucionales para adoptar acciones concretas sobre el clima (Secciones 2.2.3, 2.4.4, 2.4.5, 2.5.1, 2.5.2, 10.3.2, 10.3.4).

20. *Las acciones coordinadas entre países y sectores pueden ayudar a reducir los costos de mitigación, abordar preocupaciones de competitividad, conflictos potenciales con reglas sobre el comercio internacional, y fugas de carbono. Un grupo de países que desee limitar sus emisiones colectivas de gases de efecto invernadero (GEI) puede convenir en aplicar instrumentos internacionales debidamente concebidos.* Los instrumentos evaluados en este informe y desarrollados en el Protocolo de Kioto son el comercio de los derechos de emisión; la Aplicación Conjunta (AC), y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL); en el informe se evalúan también otros instrumentos internacionales que comprenden impuestos coordinados o armonizados sobre emisión/carbono/energía; un impuesto sobre emisión/carbono/energía; normas sobre tecnología y productos; acuerdos voluntarios con industrias; transferencias directas de recursos financieros y de tecnología, y creación coordinada de entornos favorables, como la reducción de subvenciones a los combustibles fósiles. Hasta la fecha, sólo se han considerado algunos de ellos en varias regiones (Secciones 6.3, 6.4.2, 10.2.7, 10.2.8).

21. *La adopción de decisiones sobre el cambio climático es esencialmente un proceso secuencial en general incierto.* En las publicaciones se sugiere que para disponer de una estrategia prudente de gestión de riesgos hay que considerar debidamente las consecuencias (tanto ambientales como económicas), su probabilidad y la actitud de la sociedad con respecto al riesgo. Esta última probablemente varíe de un país a otro, y quizá incluso de una generación a otra. Por lo tanto, en el presente informe se confirma la conclusión del SIE de que probablemente sea muy valioso disponer de mejor información sobre los procesos y los impactos del cambio climático y las respuestas de la sociedad a ellos. Se están tomando decisiones sobre las políticas del clima a corto plazo, mientras se debate aún el objetivo de estabilización de la concentración. En las publicaciones se sugiere una resolución gradual para estabilizar las concentraciones de GEI. Esto

entraña también un equilibrio de los riesgos de una actuación insuficiente o excesiva. No se trata de “cuál es el mejor procedimiento para los 100 próximos años”, sino de “cuál es el mejor a corto plazo, en vista del cambio climático previsto a largo plazo y de las incertidumbres concomitantes” (Sección, 10.4.3).

22. *En este informe se confirma la conclusión del SIE de que, mediante una serie de medidas tempranas, como las relativas a la mitigación de las emisiones, el desarrollo de tecnología y la reducción de la incertidumbre científica, hay más flexibilidad para avanzar hacia la estabilización de las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI). La combinación deseada de opciones varía en el tiempo y en el espacio.* Los estudios de modelos económicos terminados desde el SIE indican que con el paso gradual a corto plazo del actual sistema mundial de la energía a una economía de menos emisión de carbono se reducen al mínimo los costos asociados a la retirada prematura del capital existente. De esta manera se dispone además de tiempo para el desarrollo de tecnología, y se evita el apego prematuro a las primeras versiones de tecnología de bajas emisiones, en rápida evolución. Por otro lado, con una actuación a corto plazo más dinámica disminuirían los riesgos para el medio ambiente y humanos asociados a rápidos cambios climáticos.

También se estimularía la distribución más rápida de tecnologías existentes de bajas emisiones, se ofrecerían fuertes incentivos a corto plazo para futuros cambios tecnológicos que podrían ayudar a no aferrarse a las tecnologías con gran intensidad de carbono, y se podrían formular posteriormente objetivos más estrictos, si se considerara deseable como resultado de la evolución del conocimiento científico (Secciones 2.3.2, 2.5.2, 8.4.1, 10.4.2, 10.4.3).

23. *Existe una correlación entre la eficacia ambiental de un régimen internacional, la rentabilidad de las políticas sobre el clima y la equidad del acuerdo.* Todo régimen internacional puede concebirse de manera que mejoren su eficacia y su equidad. Las publicaciones consideradas en este informe sobre una formación de coalición en los regímenes internacionales presentan diferentes estrategias en apoyo de esos objetivos, incluso cómo hacer más atractiva la asociación a un régimen mediante la distribución apropiada de actividades y la provisión de incentivos. Si bien el análisis y la negociación se centran con frecuencia en la disminución de los costos del sistema, en las publicaciones se reconoce también que elaborando un régimen eficaz sobre el cambio climático se puede prestar mayor atención a las cuestiones de desarrollo sostenible y no económicas (Secciones 1.3, 10.2).

Insuficiencia de conocimientos

24. *Desde las evaluaciones anteriores del IPCC se han registrado avances en la comprensión de los aspectos científicos, técnicos, medioambientales, así como económicos y sociales de la mitigación del cambio climático. Sin embargo, hay que seguir investigando para reforzar las futuras evaluaciones y reducir incertidumbres en la medida de lo posible a fin de disponer de suficiente información al*

formular políticas sobre las respuestas al cambio climático, incluida la investigación en países en desarrollo.

Entre las principales prioridades para reducir más las diferencias entre el conocimiento actual y el que se necesita para formular políticas figuran las siguientes:

- *Mayor exploración de las posibilidades regionales, nacionales y sectoriales concretas de opciones de innovación tecnológica y social.* Esto comprende la investigación de las posibilidades a corto, medio y largo plazo y de los costos de las opciones de mitigación de emisiones de CO₂, distintas de CO₂ y no energéticas; la comprensión de la difusión de tecnologías en diferentes regiones; la identificación de oportunidades en materia de innovación social conducente a la disminución de las emisiones de GEI; el análisis completo de los efectos de las medidas de mitigación sobre los flujos de carbono en el sistema terrestre y fuera de él, y alguna investigación básica en materia de geoingeniería.
- *Cuestiones económicas, sociales e institucionales relacionadas con la mitigación del cambio climático en todos los países.* Las esferas prioritarias comprenden: análisis de opciones de mitigación y obstáculos concretos en el plano regional; las implicaciones de las evaluaciones de equidad; metodologías apropiadas y mejores fuentes de datos sobre la mitigación del cambio climático y la creación de capacidad en materia de evaluación integrada; la intensificación de la investigación y de las evaluaciones futuras, especialmente en los países en desarrollo.
- *Metodologías para el análisis de posibles opciones de mitigación y su costo, prestando especial atención a la comparabilidad de resultados.* Los ejemplos comprenden: caracterizar y evaluar los obstáculos a las medidas para reducir las emisiones de GEI; hacer más coherentes, reproducibles y accesibles las técnicas de modelos de mitigación; confeccionar modelos sobre el aprendizaje tecnológico; mejorar los instrumentos analíticos para la evaluación de beneficios accesorios; p. ej., asignando los costos de reducción a los GEI y a otros contaminantes; analizar sistemáticamente la dependencia de los costos mediante hipótesis de referencia para diversos escenarios de estabilización de los GEI; establecer marcos analíticos de decisión para tratar las incertidumbres en cuanto al riesgo socioeconómico y ecológico de la adopción de políticas sobre el clima; mejorar los modelos y estudios mundiales, sus hipótesis y su coherencia en el tratamiento y la información de países y regiones que no figuran en el Anexo I.
- *Evaluación de las opciones de mitigación del cambio climático en lo que respecta a desarrollo, sostenibilidad y equidad.* Los ejemplos comprenden: el estudio de vías de desarrollo alternativas, inclusive pautas de consumo sostenibles en todos los sectores, y por tanto el transporte; análisis integrado de mitigación y adaptación; identificación de oportunidades de sinergia entre políticas sobre el clima explícitas y políticas generales que fomenten el desarrollo sostenible; integración de equidad intrageneracional e intergeneracional en análisis de mitigación del cambio climático; consecuencias de las evaluaciones de equidad; análisis de consecuencias científicas, técnicas y económicas de opciones en una amplia variedad de regímenes de estabilización.

RESUMEN TÉCNICO

CAMBIO CLIMÁTICO 2001 — MITIGACIÓN

Informe especial del Grupo de trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Este resumen fue aceptado pero no aprobado en detalle en el sexto período de sesiones del Grupo de trabajo III del IPCC (Accra (Ghana), 28 de febrero a 3 de marzo de 2001). La "aceptación" de los informes del IPCC en un período de sesiones del Grupo de trabajo o del Grupo de Expertos significa que el texto no ha sido sometido a un examen y acuerdo párrafo por párrafo, pero no obstante presenta una visión amplia, objetiva y equilibrada del asunto en cuestión.

Autores principales

Tariq Banuri (Pakistán), Terry Barker (Reino Unido), Igor Bashmakov (Federación de Rusia), Kornelis Blok (Países Bajos), John Christensen (Dinamarca), Ogunlade Davidson (Sierra Leona), Michael Grubb (Reino Unido), Kirsten Halsnaes (Dinamarca), Catrinus Jepma (Países Bajos), Eberhard Jochem (Alemania), Pekka Kauppi (Finlandia), Olga Krankina (Federación de Rusia), Alan Krupnick (EE.UU.), Lambert Kuijpers (Países Bajos), Snorre Kverndokk (Noruega), Anil Markandya (Reino Unido), Bert Metz (Países Bajos), William R. Moomaw (EE.UU.), Jose Roberto Moreira (Brasil), Tsuneyuki Morita (Japón), Jiahua Pan (China), Lynn Price (EE.UU.), Richard Richels (EE.UU.), John Robinson (Canadá), Jayant Sathaye (EE.UU.), Rob Swart (Países Bajos), Kanako Tanaka (Japón), Tomihiru Taniguchi (Japón), Ferenc Toth (Alemania), Tim Taylor (Reino Unido), John Weyant (EE.UU.)

Revisor

Rajendra Pachauri (India)

1 Alcance del informe

1.1 Antecedentes

En 1998, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en su sesión plenaria celebrada en relación con el Tercer informe de evaluación (TIE) del IPCC, encomendó al Grupo de trabajo III (GT III) la tarea de evaluar los aspectos científicos, técnicos, ambientales, económicos y sociales de la mitigación del cambio climático. En consecuencia, el mandato del Grupo de trabajo, que en el Segundo Informe de Evaluación (SIE) había consistido en una evaluación predominantemente disciplinaria de las dimensiones económicas y sociales del cambio climático (incluida la adaptación), se convirtió en una evaluación interdisciplinaria de los diversos medios posibles de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o aumentar sus sumideros.

En el presente documento se informa acerca de la labor de investigación realizada con posterioridad a la publicación del SIE en torno a la mitigación del cambio climático, tema en el que influyeron parcialmente algunos cambios políticos como la aprobación del Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), de las Naciones Unidas en 1997. También se hace referencia a una serie de Informes especiales del IPCC¹ y a algunas reuniones copatrocinadas por el IPCC y Reuniones de expertos celebradas en 1999 y 2000, particularmente para prestar apoyo a la elaboración del TIE del IPCC. En este resumen se sigue el orden de los diez capítulos del informe.

1.2 Ampliación del contexto de la mitigación del cambio climático

Este capítulo coloca a la mitigación del cambio climático, las políticas de mitigación y el contenido del resto del informe en el contexto más amplio del desarrollo, la equidad y la sostenibilidad. Este contexto refleja las condiciones y los principios consagrados en forma explícita en la CMCC sobre la búsqueda del objetivo último de estabilizar las concentraciones de GEI. La CMCC impone tres condiciones al objetivo de la estabilización: a saber, que debe 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” (Art. 2). También establece varios principios que deben regir ese proceso: la equidad, las responsabilidades comunes pero diferenciadas, la precaución, la adopción de medidas eficaces en función de los costos, el derecho al desarrollo sostenible y la promoción de un sistema económico internacional abierto (Art. 3).

En anteriores informes de evaluación del IPCC se trató de facilitar la búsqueda de ese objetivo mediante una descripción amplia, una enumeración y una comparación de las tecnologías e instrumentos de política que podían utilizarse para lograr la mitigación de las emisiones de GEI de una manera eficiente y eficaz en función de los costos.

La presente evaluación avanza en ese proceso al incluir estudios recientes del cambio climático que colocan a los análisis de las políticas en el contexto del desarrollo sostenible. Esta ampliación del alcance del informe es congruente con la evolución de la bibliografía sobre el cambio climático y con la importancia que la CMCC atribuye al desarrollo sostenible —incluso al reconocer que “las partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo” (Art. 3.4). Por consiguiente, trata en cierto modo de llenar los vacíos que dejaron las evaluaciones anteriores.

El cambio climático entraña una serie de interacciones complejas entre los procesos climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos. No puede encararse o comprenderse con independencia de otros objetivos sociales más amplios (como la equidad o el desarrollo sostenible), o de otras fuentes de presión que existen actualmente o que probablemente existan en el futuro. En vista de esta complejidad, ha surgido una multiplicidad de criterios para analizar el cambio climático y los problemas conexos. Muchos de estos criterios tienen en cuenta preocupaciones relacionadas con el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad (aunque en forma parcial y gradual) en sus marcos y recomendaciones. Cada criterio pone el énfasis en determinados elementos del problema y centra la atención en determinadas clases de respuestas, entre ellas, por ejemplo, un diseño óptimo de las políticas, el desarrollo de la capacidad de diseñar y aplicar políticas, el fortalecimiento de la sinergia entre la mitigación del cambio climático y/o la adaptación y otros objetivos sociales, y las políticas destinadas a promover el aprendizaje social. Por lo tanto, estos criterios se complementan en lugar de excluirse mutuamente.

En este capítulo se plantean tres clases amplias de análisis, que difieren no tanto en sus objetivos finales sino más bien en sus puntos de partida y en los instrumentos analíticos que prefieren utilizar. Los tres enfoques encaran en primer lugar los aspectos que les preocupan, que son, respectivamente, la eficiencia y la eficacia en función de los costos, la equidad y el desarrollo sostenible, y la sostenibilidad mundial y el aprendizaje social. La diferencia entre los tres enfoques seleccionados radica en sus respectivos puntos de partida y no en sus objetivos finales. Cualquiera sea el punto de partida del análisis, muchos estudios tratan a su manera de incorporar otras preocupaciones. Por ejemplo, muchos análisis que encaran la mitigación del cambio climático desde una perspectiva de eficacia en función de los costos tratan de incorporar consideraciones de equidad y sostenibilidad en su tratamiento de los costos, los beneficios y el bienestar. De manera similar, los estudios que están muy motivados por consideraciones de equidad entre los países tienden a sostener que la equidad es necesaria para garantizar que los países en desarrollo puedan alcanzar sus objetivos internos de desarrollo sostenible —concepto éste que incluye la sostenibilidad y la eficiencia como componentes implícitos. Del mismo modo, los analistas que se preocupan principalmente por los aspectos relacionados con la sostenibilidad mundial se han visto obligados por su propia lógica a defender la causa de la eficiencia mundial —a menudo modelada como la separación entre la producción y las corrientes de recursos materiales— y la equidad

1 En particular el *Informe especial sobre la aviación y la atmósfera global*, el *Informe especial sobre cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología*, el *Informe especial sobre escenarios de emisiones* y el *Informe especial sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*.

social. En otras palabras, cada una de estas tres perspectivas ha llevado a los autores a buscar formas de incorporar preocupaciones que van más allá de su punto de partida inicial. Las tres clases de análisis examinan la relación entre la mitigación del cambio climático y los tres objetivos —desarrollo, equidad y sostenibilidad—, aunque de maneras diferentes y a menudo sumamente complementarias. Sin embargo, plantean las cuestiones de manera distinta, centran la atención en distintas series de relaciones causales, utilizan instrumentos de análisis diferentes y a menudo llegan a conclusiones algo diferentes.

No se parte de la premisa de que una perspectiva de análisis en particular sea más apropiada que otra en ningún aspecto. Además, en este informe se considera que existe una profunda sinergia entre las tres perspectivas. El cambio de enfoque se observa principalmente en el tipo de preguntas que se formulan y en la clase de información que se trata de obtener. En la práctica, la bibliografía ha incorporado nuevas cuestiones y nuevos instrumentos, incluyendo los análisis correspondientes a las otras perspectivas en lugar de descartarlos. El ámbito y el alcance de los análisis de las políticas climáticas pueden describirse como una ampliación gradual de las clases y la magnitud de las incertidumbres que los analistas han querido y han podido abordar.

La primera perspectiva de los análisis de las políticas climáticas es la eficacia en función de los costos. Constituye el ámbito del análisis convencional de las políticas climáticas, que está bien representado en los informes de evaluación Primero a Tercero. En general, estos análisis se han orientado directa o indirectamente a determinar cuál es el grado de mitigación más eficaz en función de los costos para la economía mundial a partir de una determinada proyección de referencia de las emisiones de GEI, que reflejan un conjunto específico de proyecciones socioeconómicas. En este contexto, son aspectos importantes la medición del desempeño de diversas tecnologías y la eliminación de obstáculos (como los subsidios existentes) para la aplicación de las políticas propuestas que parecen tener mayores probabilidades de contribuir a la reducción de las emisiones. En cierto sentido, este tipo de análisis centra la atención en encontrar un método eficiente basado en las interacciones entre las políticas de mitigación y el desarrollo económico, condicionado por consideraciones de equidad y sostenibilidad pero no guiado esencialmente por ellas. En este plano, el análisis de las políticas casi siempre ha tomado las instituciones actuales y los gustos de los individuos como hechos incuestionables, cuando en realidad éstos pueden ser válidos durante uno o dos decenios, pero podrían dejar de serlo a más largo plazo.

El afán por ampliar el alcance de los análisis y el discurso de las políticas climáticas a fin de incluir las consideraciones de equidad no tuvo por objeto abordar únicamente los problemas relacionados con los impactos del cambio climático y las políticas de mitigación en el bienestar mundial en su conjunto, sino también los efectos del cambio climático y las políticas de mitigación en las desigualdades que existen actualmente entre los países y dentro de éstos. La bibliografía sobre la equidad y el cambio climático ha avanzado considerablemente en los dos últimos decenios, pero no hay consenso en cuanto a lo que debe entenderse por justicia. No obstante, una vez que las cuestiones de equidad se incorporaron al programa de evaluaciones, se convirtieron en elementos importantes de la definición de la búsqueda de formas eficientes de mitigar las emisiones. La abundante bibliografía que indicaba de qué

manera podían obstaculizar o incluso bloquear las políticas ambientales aquellos que las consideraban injustas adquirió plena validez. A la luz de estos resultados, se vio con claridad de qué manera y por qué cualquier percepción generalizada de que una estrategia de mitigación era injusta podía generar oposición a esa estrategia, quizás hasta el punto de tornarla no óptima (o inclusive inviable, lo que podría suceder si los países no comprendidos en el Anexo I no participaran nunca). De hecho, algunos análisis de la relación costo-eficacia sentaron las bases para que se aplicara esta bibliografía al demostrar que algunas medidas de equidad podían resultar afectadas por el diseño de las políticas, la perspectiva nacional y el contexto regional. En efecto, los análisis de la relación costo-eficacia habían incluso puesto de relieve aspectos vulnerables similares de otras medidas de desarrollo y sostenibilidad. Como ya se señaló, los análisis cuyo punto de partida son las preocupaciones por la equidad se han centrado en general en las necesidades de los países en desarrollo, y en particular en el compromiso expresado en el artículo 3.4 de la CMCC de promover el desarrollo sostenible. Las diferencias que existen entre los países tienen profundas repercusiones en los valores de referencia iniciales de los escenarios y en la gama de opciones de mitigación que pueden considerarse. Las políticas climáticas que son viables o convenientes en un país en particular dependen en gran medida de las instituciones y los recursos de que dispone ese país, así como de sus objetivos generales, entre ellos el cambio climático como un elemento más. El reconocimiento de esta heterogeneidad puede entonces hacer que se traigan a colación una serie de opciones de política diferentes a las que se han considerado probables hasta ahora, y poner de manifiesto algunas diferencias en la capacidad de los distintos sectores que también pueden mostrar más claramente lo que pueden hacer los agentes no estatales para mejorar su capacidad de mitigar.

La tercera perspectiva es la sostenibilidad mundial y el aprendizaje social. Si bien la sostenibilidad se ha incorporado en los análisis de diversas maneras, hay una clase de estudios que toman como punto de partida la cuestión de la sostenibilidad mundial. Estos estudios centran la atención en diversas formas de apuntar al objetivo de la sostenibilidad mundial y de abordar cuestiones como la de encarar el crecimiento como una variable desvinculada de las corrientes de recursos, por ejemplo mediante sistemas de producción inteligentes desde el punto de vista ecológico, infraestructuras con poco uso de recursos, y tecnologías apropiadas, y la de encarar el bienestar en forma desvinculada de la producción, por ejemplo mediante niveles de ejecución intermedios, regionalización de los sistemas de producción y modificación de los estilos de vida. Un método muy utilizado para identificar restricciones y oportunidades dentro de esta perspectiva consiste en determinar estados futuros sostenibles y luego examinar vías de transición posibles hacia esos estados en busca de la viabilidad y la conveniencia. En el caso de los países en desarrollo, esto lleva a considerar una serie de estrategias posibles que pueden apartarse considerablemente de las aplicadas con anterioridad por los países desarrollados.

1.3 Integración de las diversas perspectivas

Cuando los debates sobre la forma en que los países podrían responder al desafío de la mitigación se extienden a cuestiones relacionadas con la eficiencia y la eficacia en función de los costos, la distribución definida en sentido estricto, la equidad definida en términos más amplios y la sostenibilidad, el problema de encontrar la mejor

manera de responder a la amenaza del cambio climático se torna mucho más complejo. En efecto, el hecho de reconocer que todos estos aspectos son pertinentes complica la labor de los encargados de formular las políticas y de los negociadores internacionales, al incluir en sus deliberaciones algunas cuestiones que exceden al ámbito del cambio climático propiamente dicho. Este reconocimiento realza por ende la importancia de integrar el pensamiento científico en una amplia gama de contextos nuevos relacionados con las políticas, pero no simplemente por algún interés académico abstracto o algún interés partidario estrecho defendido por un pequeño grupo de investigadores o países. La eficacia en función de los costos, la equidad y la sostenibilidad han sido señaladas como cuestiones fundamentales por los redactores de la CMCC y forman parte de la labor encomendada a los redactores del TIE. La integración en los ámbitos de la eficacia en función de los costos, la equidad y la sostenibilidad está en consecuencia estrechamente relacionada con las deliberaciones sobre políticas de acuerdo con la letra y el espíritu de la propia CMCC.

La bibliografía que se cita en apoyo de la mitigación del cambio climático muestra cada vez más que las políticas que van más allá del mero objetivo de reducir las emisiones de los GEI en comparación con un determinado valor de referencia inicial para minimizar los costos pueden ser sumamente eficaces para reducir las emisiones de GEI. En consecuencia, sería más eficiente encarar las políticas y el análisis desde diversos puntos de vista, que confiar exclusivamente en un número reducido de instrumentos de política o métodos analíticos. Además de la mayor flexibilidad que pueden tener los encargados de formular las políticas para lograr los objetivos climáticos al contar con una gama más amplia de instrumentos de política y métodos analíticos, la inclusión expresa de otros objetivos de políticas también aumenta la probabilidad de que las políticas climáticas sean aceptadas por un mayor número de participantes. En particular, ello ampliará la gama de opciones “sin pesar”². Por último, la aplicación de un criterio de este tipo podría facilitar la adaptación de las políticas a los objetivos de corto, mediano y largo plazo.

Sin embargo, para que la consideración de diversos puntos de vista sea un método eficaz, es necesario ponderar los costos y los efectos de esa serie más amplia de políticas en relación con una lista más larga de objetivos. Las deliberaciones sobre el clima deben tener en cuenta las repercusiones climáticas de las políticas diseñadas primariamente para resolver cuestiones muy diversas, entre ellas el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad, así como las consecuencias probables de las políticas sobre el clima para el logro de esos objetivos. Como parte de este proceso, se miden los costos de oportunidad y el impacto de cada instrumento de acuerdo con los múltiples criterios definidos en función de esos objetivos múltiples. Además, el número de autoridades o interesados que es preciso considerar va más allá de los encargados de formular las políticas a nivel nacional y los negociadores internacionales,

y abarca a los agentes estatales, locales, comunitarios y familiares, así como a organizaciones no gubernamentales (ONG).

El término “beneficios subsidiarios” se utiliza a menudo en la bibliografía para hacer referencia a los efectos subsidiarios o secundarios de las políticas de mitigación del cambio climático en problemas distintos de las emisiones de GEI, como la reducción de la contaminación del aire a nivel local y regional, asociada al menor uso de combustibles de origen fósil, y a los efectos indirectos en sectores como el transporte, la agricultura, las prácticas de uso de la tierra, la conservación de la diversidad biológica, el empleo y la seguridad del suministro de combustibles. Estos efectos se denominan a veces “efectos subsidiarios”, para reflejar el hecho de que en algunos casos estos beneficios pueden ser negativos³. También se introduce el concepto de “capacidad de mitigación”, como una forma posible de integrar los resultados derivados de la aplicación de las tres perspectivas en el futuro. Los factores que determinan la capacidad para mitigar el cambio climático son, entre otros, la disponibilidad de opciones tecnológicas y de política y el acceso a los recursos para garantizar la aplicación de estas opciones. En gran parte del TIE, la atención se centra en estos factores determinantes. Sin embargo, la lista de factores determinantes es mucho más larga. La capacidad de mitigación también depende de las características propias de cada país que facilitan el logro del desarrollo sostenible – como la distribución de los recursos, el poder relativo de los distintos segmentos de la población, la credibilidad de las autoridades que toman las decisiones, el grado de complementariedad entre los objetivos climáticos y otros objetivos, el acceso a información y análisis creíbles, la voluntad de actuar en respuesta a esa información, la capacidad de distribuir el riesgo entre generaciones y dentro de una misma generación, etc. Habida cuenta de que los factores determinantes de la capacidad de mitigación son básicamente los mismos que los del concepto análogo de capacidad de adaptación formulado en el informe del GT II, este enfoque puede proporcionar un marco integrado para la evaluación de ambos grupos de opciones.

2 Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero

2.1 Escenarios

Para poder considerar los riesgos fundamentales del cambio climático, evaluar las interacciones críticas con otros aspectos de los sistemas humanos y ambientales y guiar las respuestas de política se requiere una visión a largo plazo de una multiplicidad de posibilidades futuras. Los escenarios constituyen un medio estructurado de organizar la información y de llegar a conocer las posibilidades.

Cada escenario de mitigación describe un mundo futuro determinado, con sus características económicas, sociales y ambientales

2 En este informe, así como en el SIE, las opciones “sin pesar” se definen como 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 evitar el cambio climático. También se les conoce con el nombre de opciones de costo negativo.

3 En este informe, a veces el término “co-beneficios” se usa también para designar los beneficios adicionales de opciones de política que se aplican por diversas razones al mismo tiempo, reconociéndose que la mayoría de las políticas diseñadas para mitigar los gases de efecto invernadero también tienen otros fundamentos, a menudo como mínimo igualmente importantes, como los relacionados con los objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad. Los beneficios de evitar el cambio climático no están incluidos en los beneficios subsidiarios o co-beneficios. Véase también la sección 7.2.

particulares, y por lo tanto contiene información implícita o explícita acerca del desarrollo, la equidad y la sostenibilidad. Dado que la diferencia entre los escenarios de casos de referencia y los escenarios de estabilización y mitigación consiste simplemente en la adición de una política climática deliberada, puede suceder que las diferencias entre las emisiones de los distintos escenarios de casos de referencia sean mayores que las que existen entre uno de esos escenarios y su correspondiente escenario de estabilización o mitigación.

En esta sección se da un panorama de la bibliografía sobre los tres tipos de escenarios: los escenarios de mitigación generales creados desde el SIE, los escenarios de tipo narrativo que se encuentran en la bibliografía general sobre el futuro, y los escenarios de mitigación basados en los nuevos escenarios de referencia diseñados en el IE-EE del IPCC.

2.2 Escenarios de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero

En este informe se examinan los resultados de 519 escenarios cuantitativos de emisiones de 188 fuentes, elaborados principalmente después de 1990. El examen centra la atención en 126 escenarios de mitigación que abarcan las emisiones mundiales y cuyo marco temporal comprende el próximo siglo. El progreso tecnológico es un elemento fundamental en todos los escenarios de mitigación generales.

De acuerdo con el tipo de mitigación, los escenarios se clasifican en cuatro categorías: escenarios de estabilización de las concentraciones, escenarios de estabilización de las emisiones, escenarios de corredores de emisiones seguras y otros escenarios de mitigación. Todos los escenarios examinados incluyen emisiones de dióxido de carbono (CO_2) relacionadas con la energía; algunos escenarios también incluyen emisiones de CO_2 resultantes de cambios en el uso de la tierra y de procesos industriales, y de otros GEI importantes.

Las opciones de política utilizadas en los escenarios de mitigación examinados tienen en cuenta los sistemas de energía, los procesos industriales y el uso de la tierra, y dependen de la estructura del modelo subyacente. La mayoría de los escenarios introducen impuestos simples sobre el carbono o restricciones relativas a las emisiones o los niveles de concentración de carbono. Se introducen metas regionales en los modelos que hacen un desglose por regiones. La comercialización de los permisos de emisión aparece por primera vez en trabajos más recientes. Algunos modelos emplean políticas de introducción de tecnologías que actúan sobre la oferta, mientras que otros ponen el énfasis en una tecnología eficiente del lado de la demanda.

La distribución de la reducción de las emisiones entre las regiones es un tema muy discutido. Sólo en algunos estudios, particularmente los más recientes, se plantean hipótesis explícitas sobre esa distribución en sus escenarios. En algunos estudios se sugiere la comercialización mundial de las emisiones como mecanismo para reducir los costos de mitigación.

El progreso tecnológico es un elemento fundamental en todos los escenarios de mitigación generales.

Mediante un análisis detallado de las características de 31 escenarios de estabilización de las concentraciones de CO_2 en 550 ppmv⁴ (y sus escenarios de referencia iniciales) se pudo observar lo siguiente:

- Hay una amplia gama de valores de referencia iniciales que reflejan una diversidad de hipótesis, principalmente en lo que respecta al crecimiento económico y al suministro de energía con bajo porcentaje de carbono. Los escenarios con un alto índice de crecimiento económico tienden a suponer un alto grado de eficiencia de las tecnologías de uso final; sin embargo, se observó que la reducción de la intensidad de carbono era en su mayor parte independiente de las hipótesis de crecimiento económico. La diversidad de tendencias futuras muestra una mayor divergencia en los escenarios que centran la mirada en los países en desarrollo, que en los escenarios que miran a los países desarrollados. Hay poco consenso con respecto a las tendencias que imperarán en el futuro en las regiones en desarrollo.
- Los escenarios examinados de estabilización a 550 ppmv varían en cuanto a las trayectorias de reducción en el tiempo y a la distribución de la reducción de las emisiones entre las regiones. Algunos escenarios sugieren que la comercialización de los permisos de emisión podría reducir el costo total de la mitigación y dar lugar a una mayor mitigación en los países que no son miembros de la OCDE. Las hipótesis consideradas en lo que respecta a las políticas de mitigación varían ampliamente. En general, en los escenarios en los que se presume la adopción de medidas altamente eficientes en la situación de referencia inicial hay menos posibilidades de que se sigan introduciendo medidas de eficiencia en los escenarios de mitigación. Esto se deduce en parte de las hipótesis que se manejan en los modelos, que no prevén grandes adelantos tecnológicos. En cambio, los escenarios de referencia iniciales en los que se registra una fuerte reducción de la intensidad de carbono muestran una mayor reducción de la intensidad de carbono en sus escenarios de mitigación.

Sólo en un pequeño grupo de estudios se da información sobre los escenarios de mitigación de otros gases distintos del CO_2 . Esta bibliografía sugiere que es posible lograr reducciones pequeñas de las emisiones de GEI a un costo menor si se incluyen gases distintos del CO_2 ; que habría que controlar tanto las emisiones de CO_2 como las de otros gases para frenar el aumento de la temperatura atmosférica lo suficiente para que se puedan alcanzar las metas climáticas previstas en los estudios; y que la mitigación del metano (CH_4) puede lograrse más rápidamente, y con un impacto más inmediato en la atmósfera, que la mitigación del CO_2 .

En general, resulta claro que los escenarios de mitigación y las políticas de mitigación están estrechamente relacionados con sus escenarios de referencia iniciales, pero no se ha publicado ningún análisis

4 La referencia a un nivel de concentración en particular no significa que haya acuerdo en cuanto a la conveniencia de lograr la estabilización a ese nivel. La elección de los 550 ppmv se basa en el hecho de que la mayoría de los estudios que se encuentran en la bibliografía analizan este nivel, y no implica la aceptación de este nivel como objetivo de las políticas de mitigación del cambio climático.

sistemático de la relación entre la mitigación y los escenarios de referencia iniciales.

2.3 Escenarios de futuros mundiales

Los escenarios de futuros mundiales no tienen en cuenta específicamente, o en forma exclusiva, las emisiones de GEI. Son, por el contrario, descripciones hipotéticas más generales de los posibles mundos futuros. Pueden complementar las evaluaciones más cuantitativas de los escenarios de misiones, porque tienen en cuenta dimensiones que evitan la cuantificación, como la gestión de gobierno y las estructuras e instituciones sociales, pero que son de todos modos importantes para el éxito de las políticas de mitigación. Al examinar estas cuestiones se reflejan las distintas perspectivas mencionadas en la Sección 1: la eficiencia o la eficacia en función de los costos, la equidad y la sostenibilidad.

Un análisis de esta bibliografía ha permitido extraer una serie de ideas que están relacionadas con los escenarios de emisiones de GEI y el desarrollo sostenible. En primer lugar, los futuristas han señalado una amplia gama de situaciones futuras, desde variantes de desarrollo sostenible hasta el derrumbe de los sistemas sociales, económicos y ambientales. Dado que los valores futuros de los factores socioeconómicos determinantes de las emisiones pueden variar enormemente, es importante diseñar políticas climáticas que puedan adaptarse fácilmente a circunstancias futuras muy diversas.

En segundo lugar, los escenarios de futuros mundiales en los que se observa una reducción de las emisiones de GEI tienden a mostrar una mejor gestión de gobierno, un aumento de la equidad y una mayor participación política, una disminución de los conflictos y un mejoramiento de la calidad del medio ambiente. También tienden a mostrar una mayor eficiencia energética, una preferencia por las fuentes de energía de origen no fósil o una evolución hacia una economía post-industrial (basada en los servicios); la población

tiende a estabilizarse en niveles relativamente bajos, en muchos casos gracias a un mayor grado de prosperidad, a la ampliación de los servicios de planificación de la familia y al reconocimiento de mayores derechos y oportunidades para las mujeres. Una consecuencia clave es que las políticas de desarrollo sostenible pueden contribuir en gran medida a la reducción de las emisiones.

En tercer lugar, las distintas combinaciones de fuerzas determinantes son congruentes con los escenarios que muestran bajos niveles de emisión, lo que a su vez está de acuerdo con las conclusiones del IE-EE. Esto permite deducir, aparentemente, que es importante tener en cuenta el vínculo que existe entre las políticas climáticas y otras políticas y circunstancias asociadas a la elección de trayectorias futuras en términos generales.

2.4 Informe especial sobre escenarios de emisiones

El IPCC creó seis nuevos grupos de escenarios de emisiones de GEI de referencia (sin incluir iniciativas concretas de política climática), organizados en cuatro “familias” de escenarios, y los publicó en su Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE). Las familias de escenarios A1 y A2 ponen el énfasis en el desarrollo económico pero difieren en cuanto al grado de convergencia económica y social; las familias B1 y B2 hacen hincapié en el desarrollo sostenible pero también difieren en cuanto al grado de convergencia (véase el Recuadro RT.1). En total se utilizaron seis modelos para generar 40 escenarios que comprenden los seis grupos de escenarios. Seis de estos escenarios, que deben considerarse igualmente válidos, se eligieron para ilustrar todo el conjunto de escenarios. Estos seis escenarios incluyen escenarios de referencia para cada uno de los mundos, así como dos escenarios, el A1F1 y el A1T, que ilustran otros posibles adelantos tecnológicos en materia de energía en el mundo del escenario A1 (véase la Figura RT.1).

Los escenarios del IE-EE permiten extraer las siguientes conclusiones:

Escenario	Población	Economía	Medio ambiente	Equidad	Tecnología	Mundialización
A1FI						
A1B						
A1T						
B1						
A2						
B2						

Figura RT-1: Dirección cualitativa de los escenarios del IE-EE para diferentes indicadores.

Recuadro RT.1: Los escenarios de emisiones del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE)

A1. La familia de escenarios y línea evolutiva A1 describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido; la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad del siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficaces. Las cuestiones importantes subyacentes son la convergencia entre las regiones, la elaboración de capacidades y mayores interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de las diferencias regionales en los ingresos per cápita. La familia de escenarios A1 se divide en tres grupos que describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: fuentes de energía intensivas de origen fósil (A1FI), de origen no fósil (A1T) o un equilibrio entre todas las fuentes (A1B) (el equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final).

A2. La familia de escenarios y línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la independencia y conservación de las identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea una disminución constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B1. La familia de escenarios y línea evolutiva B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial, que alcanza su nivel más alto a mediados del siglo para disminuir posteriormente, como en la línea evolutiva A1 pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de los servicios, con reducciones en la intensidad material e introducción de tecnologías limpias y de recursos eficaces. En esta línea evolutiva se hace hincapié en las soluciones mundiales a la sostenibilidad económica, social y ambiental, lo que comprende una mejora de la equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.

B2. La familia de escenarios y línea evolutiva B2 describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección ambiental y la equidad social, se centra en los niveles local y regional.

Se ha escogido un escenario ilustrativo de cada uno de los seis grupos de escenarios A1B, A1FI, A1T, A2, B1 y B2. Todos deben considerarse razonables por igual.

Los escenarios del IE-EE no incluyen otras iniciativas climáticas, lo cual significa que no se incluyen los escenarios que suponen explícitamente la aplicación de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas, o los objetivos de emisiones del Protocolo de Kioto.

- Distintas combinaciones de variables de fuerzas determinantes pueden traer aparejados niveles similares y una estructura similar en lo que respecta al uso de la energía, las modalidades de uso de la tierra y las emisiones.
- Dentro de cada familia de escenarios existen importantes posibilidades de nuevas bifurcaciones de las tendencias de desarrollo futuras.
- Los perfiles de emisiones son dinámicos en todos los escenarios del IE-EE. Describen inversiones de las tendencias e indican posibles cruzamientos entre las emisiones de distintos escenarios.
- La descripción de los posibles acontecimientos futuros entraña ambigüedades e incertidumbres intrínsecas. Una única y exclusiva trayectoria de desarrollo posible (como se deduce, por ejemplo, de conceptos como el de “escenario en condiciones habituales”) es algo que sencillamente no existe. El método de modelos múltiples aumenta el valor del conjunto de escenarios del IE-EE, ya que las incertidumbres en la elección de las hipótesis previstas en los modelos pueden separarse de manera más explícita del comportamiento específico de un modelo y de las incertidumbres de modelización conexas.

utilizando como valores de referencia iniciales los nuevos escenarios del IE-EE. Ello hizo posible que se evaluaran en este informe 76 “escenarios de mitigación posteriores al IE-EE” preparados por nueve equipos de modelización. Estos escenarios de mitigación se cuantificaron sobre la base de líneas evolutivas, que describen la relación entre la clase de mundo futuro y la capacidad de mitigación en cada uno de los seis escenarios del IE-EE.

Las cuantificaciones difieren en cuanto al escenario de referencia inicial, incluida la línea evolutiva que se toma como hipótesis, el objetivo de estabilización y el modelo utilizado. Los escenarios posteriores al IE-EE tienen un margen muy amplio de variación de la trayectoria de las emisiones, pero que está claramente por debajo del margen de variación previsto en el IE-EE. Todos los escenarios muestran que la reducción del CO₂ aumenta con el tiempo. La disminución de la energía muestra un margen de variación mucho más amplio que la reducción del CO₂, porque en muchos escenarios el uso de energía se desvincula de las emisiones de carbono como consecuencia de un cambio en las fuentes primarias de energía utilizadas.

En general, cuanto más bajo es el objetivo de estabilización y más alto el nivel de las emisiones de referencia iniciales, mayor es la divergencia entre el CO₂ y el valor de referencia inicial que se requiere y mayor la prontitud con que debe alcanzarse. Los mundos de los escenarios A1F1, A1B y A2 exigen una gama de medidas tecnológicas y/o de políticas más amplia y aplicada con mayor rigor que en los escenarios A1T, B1 y B2. En el caso de estabilización a 450 ppmv se requiere una

2.5 Examen de los escenarios de mitigación posteriores al IE-EE

Hay estudios recientes que, reconociendo la importancia de contar con múltiples valores de referencia iniciales al evaluar las estrategias de mitigación, analizan y comparan los escenarios de mitigación

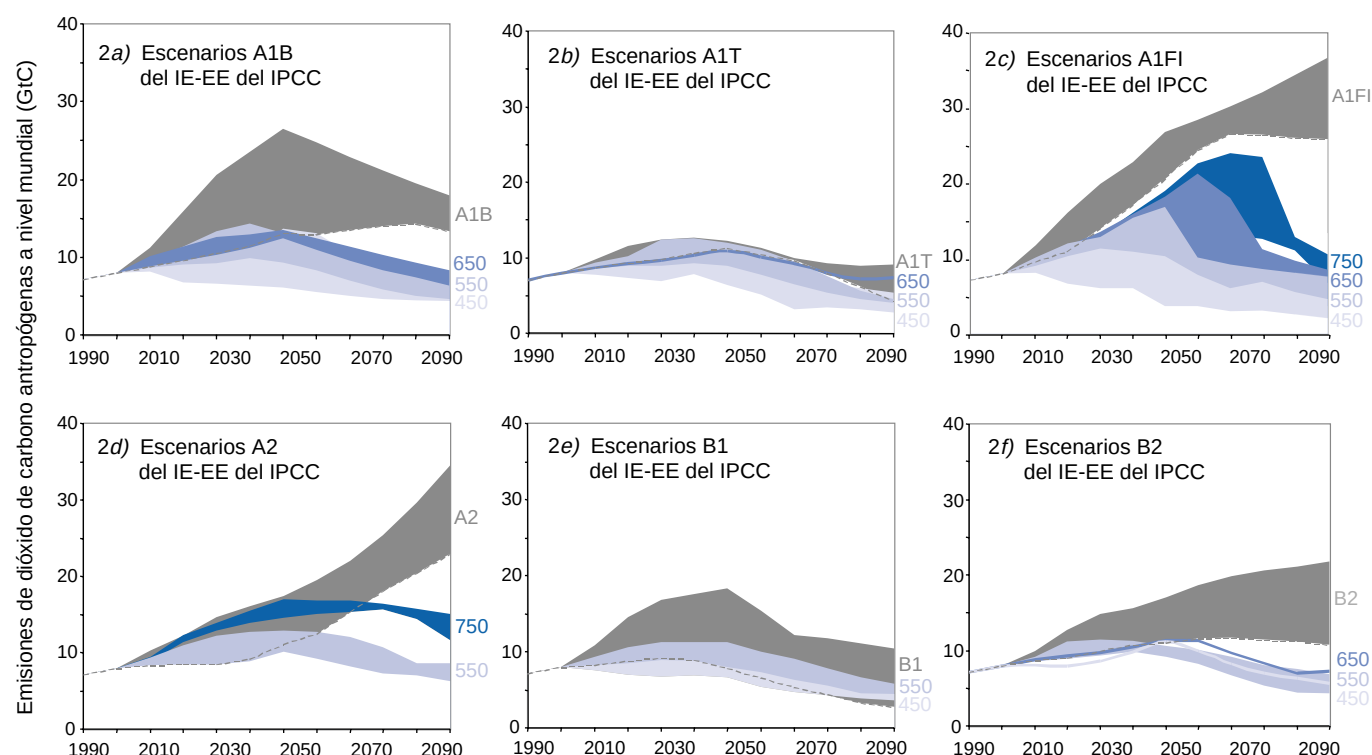


Figura RT-2: Comparación entre los escenarios de referencia y los escenarios de estabilización. La figura se divide en seis partes, una para cada grupo de escenarios de referencia del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE). Cada parte de la figura muestra la gama de valores correspondiente a las emisiones mundiales totales de CO₂ (gigatoneladas de carbono (GtC)) provenientes de todas las fuentes antropógenas en el grupo de escenarios de referencia del IE-EE (sombreada en gris) y la gama de valores correspondiente a los distintos escenarios de mitigación evaluados en el TIE que conducen a la estabilización de las concentraciones de CO₂ en diversos niveles (en color). Los escenarios se presentan de la siguiente manera: en el caso de la familia A1, se subdividen en tres grupos (el grupo equilibrado A1B (Figura 2a), el grupo de combustibles no de origen fósil A1T (Figura 2b), el grupo de utilización intensiva de combustibles de origen fósil A1F1 (Figura 2c) y las concentraciones de CO₂ se estabilizan a los 450, 550, 650 y 750 ppmv; en el grupo A2 la estabilización se alcanza a los 550 y 750 ppmv en la Figura 2d; en el grupo B1 las concentraciones se estabilizan a los 450 y 550 ppmv en la Figura 2e, y en el grupo B2 los valores de estabilización se ubican en los 450, 550 y 650 ppmv en la Figura 2f. En la bibliografía no se evalúan escenarios de estabilización a 1000 ppmv. La figura muestra que cuanto menor es el nivel de estabilización y mayor el nivel de las emisiones de referencia iniciales, más grande es la brecha. La diferencia entre las emisiones de los distintos grupos de escenarios puede ser tan grande como la brecha entre los escenarios de referencia y los escenarios de mitigación dentro de un mismo grupo de escenarios. Las líneas de puntos muestran el límite de las gamas de valores donde éstas se superponen (véase el Recuadro RT.1).

reducción de las emisiones más drástica y más temprana que en el caso de estabilización a 650 ppmv, con una reducción muy rápida de las emisiones en los próximos 20 a 30 años (véase la Figura RT.2).

Un aspecto clave de las políticas es qué tipo de reducción de las emisiones será necesario lograr en el mediano plazo (después del período de compromiso del Protocolo de Kioto). Un análisis de los escenarios posteriores al IE-EE (la mayoría de los cuales presumen que las emisiones de los países en desarrollo serán inferiores a los valores de referencia iniciales para el año 2020) sugiere que para poder estabilizar las emisiones a 450 ppmv será necesario reducirlas en los países comprendidos en el Anexo I después del año 2012 a niveles muy inferiores a los previstos en los compromisos del Protocolo de Kioto. También sugiere que, para el año 2020, los países comprendidos en el Anexo I no tendrían que reducir sus emisiones muy por debajo de lo previsto en los compromisos de Kioto a fin de alcanzar la estabilización a un nivel de 550 ppmv o más alto. Sin embargo, debería reconocerse que hay varios escenarios que señalan la necesidad de lograr reducciones importantes de las emisiones en los países comprendidos en el

Anexo I para el año 2020, y que ninguno de esos escenarios prevé otras restricciones, como un límite a la velocidad con que se produce el cambio de temperatura.

Una cuestión importante de política que ya fue mencionada se refiere a la participación de los países en desarrollo en la mitigación de las emisiones. Una conclusión preliminar del análisis de los escenarios posteriores al IE-EE es que, si se parte de la premisa de que la reducción de las emisiones de CO₂ que se requiere para lograr la estabilización se produce únicamente en los países comprendidos en el Anexo I, las emisiones de CO₂ per cápita en esos países disminuirían a niveles inferiores a los de las emisiones per cápita en los países no comprendidos en el Anexo I durante el siglo XXI en casi todos los escenarios de estabilización, y antes del año 2050 en los dos tercios de los escenarios, si las emisiones de los países en desarrollo coinciden con los valores de los escenarios de referencia iniciales. Esto sugiere que la meta de estabilización y el nivel inicial de las emisiones son factores importantes que determinan el momento en que las emisiones de los países en desarrollo

tendrían que comenzar a apartarse de sus valores de referencia iniciales.

La política climática reduciría el uso final de energía per cápita en los mundos que ponen énfasis en la economía (A1F1, A1B y A2), pero no en los mundos que hacen hincapié en el medio ambiente (B1 y B2). La reducción en el uso de la energía causada por las políticas climáticas sería mayor en los países comprendidos en el Anexo I que en los no comprendidos. Sin embargo, el impacto de las políticas climáticas en la equidad en el uso final de energía per cápita sería mucho menor que el de la trayectoria de desarrollo futura.

No hay un único camino que conduzca a un futuro con bajos niveles de emisiones, de manera que los países y las regiones tendrán que elegir su propio camino. La mayoría de los resultados de los modelos indican que las opciones tecnológicas conocidas podrían permitir alcanzar muy diversos niveles de estabilización del CO₂ atmosférico, como de 550 ppmv, 450 ppmv o menos en los próximos 100 años o más, pero para poner en práctica estas opciones habría que introducir cambios socioeconómicos e institucionales conexos.

Las opciones de mitigación que se toman como hipótesis difieren de un escenario a otro y dependen en gran medida de la estructura del modelo. Sin embargo, los escenarios de mitigación tienen algunas características en común⁵, entre ellas mejoras importantes y continuas en la eficiencia de la energía y la forestación, y fuentes de energía con bajo porcentaje de carbono, especialmente biomasa en los próximos 100 años y gas natural en la primera mitad del siglo XXI. La conservación de la energía y la reforestación son medidas razonables en una primera etapa, pero a la larga será necesario introducir tecnologías innovadoras del lado de la oferta. Otras opciones acertadas pueden ser el uso de gas natural y tecnologías de ciclo combinado durante el período de transición hacia tecnologías más avanzadas en el sector de los combustibles de origen fósil y tecnologías sin carbono, como las pilas de combustible de hidrógeno. La energía solar, así como la energía nuclear o la eliminación y el almacenamiento del carbono, van a adquirir una importancia cada vez mayor en un mundo con un nivel de emisiones más elevado o una meta de estabilización menos ambiciosa.

La integración entre las políticas climáticas mundiales y las políticas nacionales de reducción de la contaminación del aire podría dar lugar a una efectiva reducción de las emisiones de GEI en las regiones en desarrollo durante los próximos dos o tres decenios. No obstante, el control de las emisiones de azufre podría ampliar el alcance del posible cambio climático, y es probable que las políticas ambientales sigan recurriendo a las compensaciones recíprocas parciales en el mediano plazo.

Las políticas que rigen la agricultura, el uso de la tierra y los sistemas de energía podrían vincularse entre sí con miras a mitigar el cambio climático. El suministro de energía de biomasa, así como el secuestro biológico de CO₂, ampliarían las opciones disponibles para reducir las

emisiones de carbono, aunque los escenarios posteriores al IE-EE muestran que no pueden alcanzar el volumen global de reducción de las emisiones que se requiere. Para ello será necesario recurrir a otras opciones.

3 Potencial tecnológico y económico de las opciones de mitigación

3.1 Nuevos conocimientos de importancia clave adquiridos desde el Segundo Informe de Evaluación con respecto a las opciones tecnológicas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2010-2020

Las tecnologías y las prácticas destinadas a reducir las emisiones de GEI evolucionan constantemente. Muchas de las nuevas tecnologías apuntan principalmente a mejorar la eficiencia de la energía proveniente de los combustibles de origen fósil o del uso de la electricidad y la creación de fuentes de energía con bajo porcentaje de carbono, ya que la mayoría de las emisiones de GEI (en términos de CO₂ equivalentes) están relacionadas con el uso de la energía. La intensidad energética (energía consumida dividida por el producto interno bruto (PIB)) y la intensidad de carbono (CO₂ emitido a raíz de la quema de combustibles de origen fósil, dividido por la cantidad de energía producida) han venido disminuyendo desde hace más de 100 años en los países desarrollados sin políticas gubernamentales expresamente orientadas a la descarbonización, y es posible que sigan disminuyendo. Gran parte de este cambio es el resultado de la sustitución del uso de combustibles con alto contenido de carbono, como el carbón, por el petróleo y el gas natural, mediante el aumento de la eficiencia en la conversión de energía y la introducción de la energía hidroeléctrica y nuclear. También se están desarrollando y poniendo en práctica rápidamente otras fuentes de energía que no utilizan combustibles de origen fósil y que tienen un gran potencial de reducción de las emisiones de GEI. El secuestro biológico de CO₂ y la eliminación y el almacenamiento de CO₂ pueden también desempeñar un papel importante en cuanto a reducir las emisiones de GEI en el futuro (véase también la Sección 4 infra). Otras tecnologías y medidas centran la atención en otros sectores distintos de la energía para reducir las emisiones de los principales GEI restantes: el CH₄, el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

Desde que se publicó el SIE, varias tecnologías avanzaron más rápidamente de lo que se había previsto en los análisis anteriores. Cabe mencionar como ejemplos la introducción en el mercado de automóviles con motores híbridos eficientes, el rápido avance en el diseño de las turbinas de viento, la demostración del almacenamiento de dióxido de carbono bajo tierra, y la eliminación casi total de las emisiones de N₂O derivadas de la producción de ácido adípico. Hay más posibilidades de aumentar la eficiencia de la energía en los edificios, la industria, el transporte y el suministro de energía, a menudo a un costo menor de lo que se esperaba. Para el año 2010, la mayoría de las formas posibles de reducir las emisiones seguirán estando relacionadas con

5 Por "opciones tecnológicas conocidas" se entiende las tecnologías que existen actualmente en funcionamiento o en la fase de planta experimental, según se indica en los escenarios de mitigación considerados en el presente informe. No comprenden ninguna tecnología nueva que vaya a requerir importantes adelantos tecnológicos. En este sentido se puede considerar una estimación conservadora, habida cuenta de la duración del período del escenario.

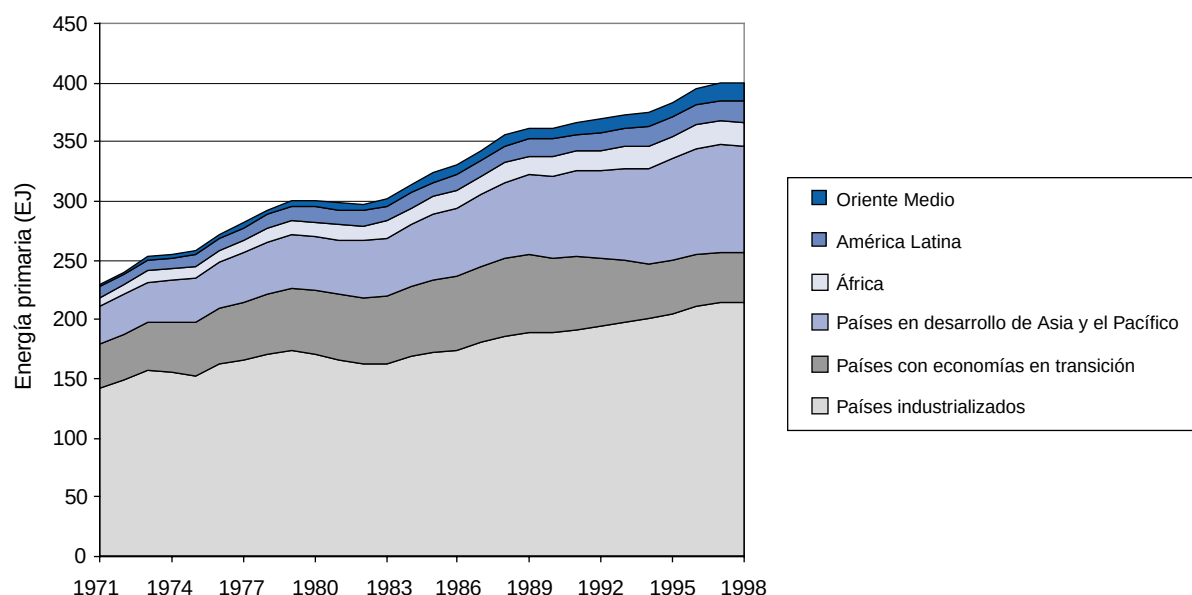


Figura RT-3: Uso mundial de energía primaria por región entre 1971 y 1988.

Nota: Energía primaria calculada de acuerdo con el método del contenido de energía física del OIE, sobre la base de las fuentes de energía primaria utilizadas para generar calor y electricidad.

el aumento de la eficiencia energética en los sectores de usuarios finales, mediante la introducción del gas natural en sustitución de otros combustibles en el sector de la energía eléctrica, y la reducción de la liberación de GEI derivados de procesos industriales, como el N_2O , el perfluorometano (CF_4) y los HFC. Para el año 2020, cuando se haya reemplazado una parte de las centrales eléctricas actualmente existentes en los países desarrollados y en los países con economías en transición (EET), y cuando comiencen a funcionar muchas centrales nuevas en los países en desarrollo, el uso de fuentes de energía renovables podrá empezar a contribuir a la reducción de las emisiones de CO_2 . A más largo plazo, las tecnologías de energía nuclear—con características pasivas inherentes que cumplen normas estrictas de seguridad, proliferación y almacenamiento de residuos—, junto con la eliminación y el almacenamiento físicos del carbono derivado de los combustibles de origen fósil y la biomasa, seguidos del secuestro, podrían convertirse en opciones disponibles.

El desarrollo económico rápido y el cambio acelerado de algunas tendencias socioeconómicas y de comportamiento que están provocando un aumento en el uso total de energía, especialmente en los países desarrollados y en grupos de altos ingresos de los países en desarrollo, menoscaban las posibilidades tecnológicas y económicas de reducir las emisiones de GEI. En muchos países está aumentando el tamaño de las viviendas y los vehículos, y se hace un uso cada vez más intenso de aparatos eléctricos. El uso de equipos eléctricos de oficina en los edificios comerciales está aumentando. En los países desarrollados, y especialmente en los Estados Unidos, se observa también un crecimiento en las ventas de vehículos más grandes, más pesados y menos eficientes. La continua reducción o estabilización de los precios de la energía al por menor en gran parte del mundo reducen los incentivos para el uso eficiente de la energía o la compra de tecnologías eficientes desde el punto de vista energético en todos los sectores. Con sólo algunas excepciones importantes, los países han hecho pocos esfuerzos para revitalizar las políticas o los programas tendientes a aumentar la eficiencia de la energía o a promover

tecnologías que utilicen fuentes de energía renovables. Asimismo, desde principios del decenio de 1990, tanto el sector público como el privado han venido destinando cada vez menos recursos a las actividades de investigación y desarrollo dirigidas a crear y aplicar nuevas tecnologías que reduzcan las emisiones de GEI.

Existen asimismo posibilidades importantes en el ámbito de la innovación social, generalmente relacionadas con las opciones de innovación tecnológica. En todas las regiones se dispone de numerosas opciones en lo que se refiere a estilos de vida que pueden mejorar la calidad de vida, a la vez de disminuir el consumo de recursos y las emisiones de GEI conexas. La elección de un estilo de vida determinado depende en gran medida de la cultura y las prioridades locales y regionales. También está vinculada muy estrechamente a los cambios tecnológicos, algunos de los cuales pueden entrañar profundos cambios en los estilos de vida, mientras que otros no suponen tales cambios. Mientras que en el SIE prácticamente no se hizo referencia a estas opciones, en el presente informe se empieza a analizar el tema.

3.2 Tendencias en el uso de la energía y sus consecuencias para las emisiones de gases de efecto invernadero

El consumo mundial de energía y las emisiones de CO_2 conexas mantuvieron una tendencia ascendente durante el decenio de 1990 (Figuras RT.3 y RT.4). Los combustibles de origen fósil siguen siendo la forma de energía predominante en el mundo y el uso de energía representa más de los dos tercios de las emisiones de GEI reguladas por el Protocolo de Kioto. En 1998, las economías del mundo consumieron 143 exajoules (EJ) de petróleo, 82 EJ de gas natural y 100 EJ de carbón. El consumo mundial de energía primaria aumentó en promedio a un ritmo de 1,3% anual entre 1990 y 1998. Las tasas medias de crecimiento anual fueron de 1,6% en los países desarrollados y de 2,3% a 5,5% en los países en desarrollo entre 1990 y 1998. El uso de energía primaria en los países con economías en transición disminuyó a un

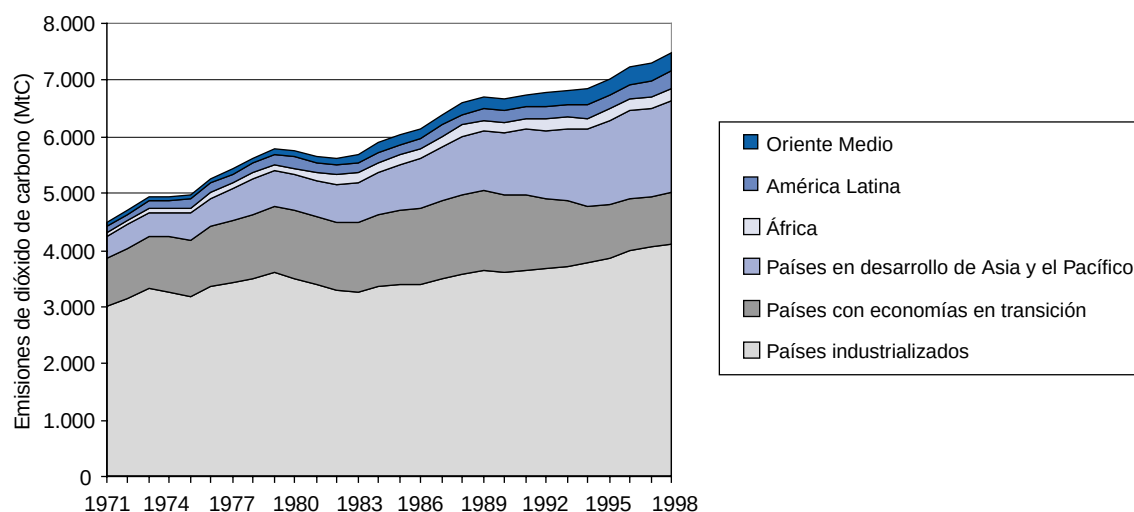


Figura RT-4: Emisiones mundiales de CO₂ por región, 1977-1998.

ritmo de 4,7% anual entre 1990 y 1998 debido a la reducción de la industria pesada, la disminución de la actividad económica general y la reestructuración del sector manufacturero.

El promedio mundial de emisiones de dióxido de carbono aumentó – aproximadamente al mismo ritmo que la energía primaria – en un 1,4% anual entre 1990 y 1998, es decir, a un ritmo mucho más lento que en los decenios de 1970 y 1980, en que el crecimiento fue del 2,1% anual. Ello se debe en gran parte a las reducciones registradas en los países con economías en transición y a los cambios estructurales en el sector industrial de los países desarrollados. Si se considera un período más largo, el crecimiento mundial de las emisiones de CO₂ derivadas del uso de energía fue del 1,9% anual entre 1971 y 1998. En 1998, los países desarrollados fueron los responsables de más del 50% de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía, que aumentaron a un ritmo de 1,6% anual desde 1990. Los países con economías en transición representaron el 13% de las emisiones en 1998, y desde 1990 sus emisiones han venido disminuyendo a un ritmo de 4,6% anual. Los países en desarrollo de la región de Asia y el Pacífico emitieron el 22% del total de dióxido de carbono a nivel mundial, y son los que han venido registrando los aumentos más rápidos, con incrementos de 4,9% anual desde 1990. El resto de los países en desarrollo representaron apenas un poco más del 10% del total de las emisiones, con un crecimiento anual de 4,3% desde 1990.

Durante el período de intensa industrialización comprendido entre 1860 y 1997, se calcula que se quemaron 13.000 EJ de combustibles de origen fósil, que liberaron 290 GtC en la atmósfera, lo que, sumado a los cambios en el uso de la tierra, elevó las concentraciones de CO₂ en la atmósfera en un 30%. En comparación, el volumen estimado de recursos de gas natural⁶ es similar al volumen estimado de petróleo,

que es de alrededor de 35.000 EJ. La base de recursos de carbón es aproximadamente cuatro veces mayor. Se estima que los clatratos de metano (no calculados en la base de recursos) ascienden aproximadamente a 780.000 EJ. Las reservas estimadas de combustibles de origen fósil contienen 1.500 GtC, es decir, más de cinco veces más que el carbono ya liberado, y si se le añaden los recursos estimados, sigue habiendo un total de 5.000 GtC bajo tierra. Los escenarios modelados por el IE-EE sin políticas específicas en materia de emisión de GEI prevén una liberación acumulada que oscila entre 1.000 y 2.100 GtC aproximadamente, como consecuencia del consumo de combustibles de origen fósil entre los años 2000 y 2100. Las emisiones acumuladas de carbono en los perfiles de estabilización de 450 a 750 ppmv en el mismo período oscilan entre 630 y 1.300 GtC (véase la Figura RT.5). La escasez de combustibles de origen fósil, por lo menos a nivel mundial, no es por lo tanto un factor de peso en lo que respecta a la mitigación del cambio climático. En cambio, y a diferencia de los depósitos relativamente grandes de carbono y de petróleo y gas no convencionales, el carbono existente en las reservas convencionales de petróleo y gas o en recursos petrolíferos convencionales es mucho menor que las emisiones acumuladas de carbono vinculadas a la estabilización a 450 ppmv o a niveles más altos (Figura RT.5). Además, existe también la posibilidad de contribuir con grandes cantidades de otros GEI. Al mismo tiempo, puede verse claramente en la Figura RT.5 que las reservas convencionales de petróleo y gas son apenas una pequeña fracción de la base total de recursos de combustibles de origen fósil. Esta información sobre los recursos puede traer aparejado un cambio en la combinación de fuentes de energía y la introducción de nuevas fuentes de energía durante el siglo XXI. La elección de la combinación de fuentes de energía y las inversiones conexas determinarán si las concentraciones de GEI pueden estabilizarse y, de ser así, a qué nivel. Actualmente, la mayor parte de esas inversiones están destinadas a

6 Se entiende por reservas las existencias que se identifican y miden como económica y técnicamente recuperables con las tecnologías y los precios actuales. Por recursos se entienden las existencias con características geológicas y/o económicas menos ciertas, pero que se consideran potencialmente recuperables en vista de la evolución tecnológica y económica previsible. La base de recursos abarca ambas categorías. Hay además otras cantidades adicionales cuya existencia no se conoce con certeza, o cuya importancia económica en el futuro previsible es nula o se desconoce, y que se denominan “existencias adicionales” (SIE). Son ejemplos de recursos de combustibles de origen fósil no convencionales las arenas alquitranadas y el aceite de esquistos, el gas bajo presión geostática y el gas en acuíferos.

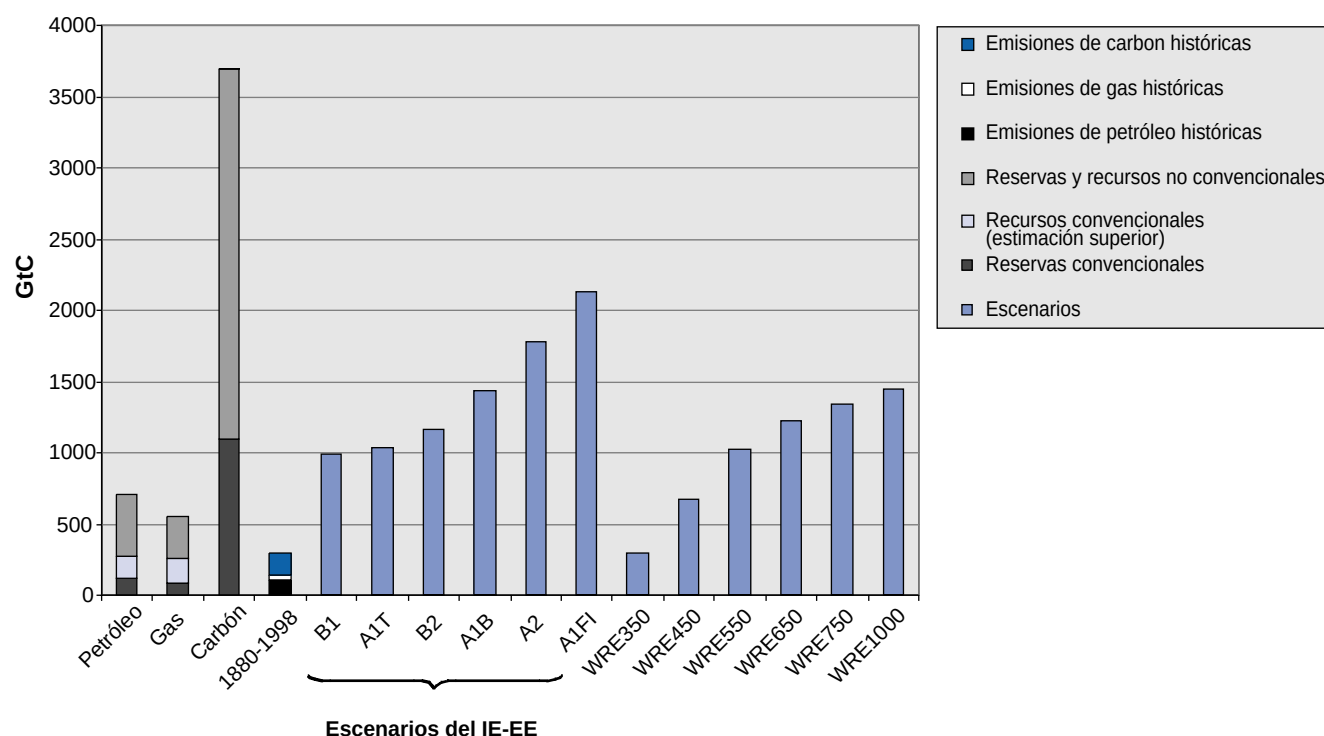


Figura RT-5: Carbono en reservas y recursos de petróleo, gas y carbón en comparación con las emisiones históricas de carbono provenientes de los combustibles de origen fósil entre 1860 y 1998, y con las emisiones acumuladas de carbono correspondientes a una serie de escenarios del IE-EE y de escenarios de estabilización del TIE hasta el año 2100. Los datos relativos a reservas y recursos se indican en las columnas de la izquierda. Las fuentes no convencionales de petróleo y gas incluyen las arenas alquitranadas, el aceite de esquistos, otros hidrocarburos pesados, metano de capas carboníferas, gas bajo presión geostática a gran profundidad, gas en acuíferos, etc. Los hidratos de gas (clatratos), que ascienden a una cifra estimada de 12.000 GtC, no se indican en esta figura. Las columnas correspondientes a los escenarios comprenden escenarios de referencia del IE-EE así como escenarios que conducen a la estabilización de las concentraciones de CO₂ en distintos niveles. Obsérvese que si para el año 2100, las emisiones acumuladas asociadas a los escenarios del IE-EE son iguales o menores a las de los escenarios de estabilización, ello no significa que estos escenarios también conduzcan a la estabilización.

descubrir y explotar más recursos convencionales y no convencionales de origen fósil.

3.3 Opciones tecnológicas de mitigación en distintos sectores⁷

El potencial⁸ de reducción de las emisiones de GEI se estima respecto de cada sector en función de distintos niveles de costos (Cuadro RT.1). En el sector industrial, se calcula que el costo de reducir las emisiones de carbono puede oscilar entre valores negativos (es decir, en las opciones “sin pesar”, en que las reducciones pueden generar ganancias) y unos 300 dólares EE.UU./tC⁹. En el sector de la construcción, la aplicación vigorosa de tecnologías y medidas de uso eficiente de la energía pueden dar lugar a una reducción de las emisiones de CO₂ en los edificios residenciales, para el año 2010, de 325 MtC por año en los países desarrollados y en los países con economías en transición a un costo que se sitúa entre –250 dólares EE.UU. y –150 dólares EE.UU./tC.

Asimismo, serán de 125 MtC en los países en desarrollo a un costo de entre –250 dólares EE.UU. y 50 dólares EE.UU./tC. De manera similar, las emisiones de CO₂ de los edificios comerciales en el año 2010 pueden reducirse en 185 MtC en los países desarrollados y en los países con economías en transición a un costo situado entre –400 dólares EE.UU. y –250 dólares EE.UU./tC evitada, y en 80 MtC en los países en desarrollo a un costo situado entre –400 dólares EE.UU. y 0 dólares EE.UU./tC. En el sector del transporte, los costos oscilan entre –200 dólares EE.UU. y 300 dólares EE.UU./tC, y en el sector agrícola entre –100 dólares EE.UU. y 300 dólares EE.UU./tC. La gestión de los materiales, incluidos el reciclaje y la recuperación del gas de vertederos, puede también generar ahorros a un costo negativo o modesto, de menos de 100 dólares EE.UU./tC. En el sector del suministro de energía es posible sustituir algunos combustibles y tecnologías a costos que oscilan entre –100 dólares EE.UU. y más de 200 dólares EE.UU./tC. La concreción de estas posibilidades dependerá de las condiciones del mercado, y de la

⁷ Las estadísticas internacionales de la energía (Organismo Internacional de Energía (OIE)) proporcionan información sectorial sobre los sectores de la industria y el transporte, pero no con respecto a los edificios y la agricultura, que se incluyen en el rubro “otros”. En esta sección, los datos correspondientes al uso de energía y a las emisiones de CO₂ en esos dos sectores se han calculado utilizando un sistema de distribución y un factor de conversión de la electricidad corriente de 33%. Además, los valores correspondientes a los países con economías en transición se han extraído de otra fuente (estadísticas de British Petroleum). Por lo tanto, los valores sectoriales pueden diferir de los valores agregados que figuran en la sección 3.2, aunque las tendencias generales son las mismas. En general, hay incertidumbre en cuanto a los datos relativos a los países con economías en transición y a las subcategorías de edificios comerciales y residenciales del sector de los edificios en todas las regiones.

⁸ El potencial difiere según los estudios que lo evalúan, pero el potencial agregado que se indica en las secciones 3 y 4 se refiere al potencial económico, indicado en la Figura RT.7.

⁹ Todos los costos están expresados en dólares EE.UU. ([US\$]).

Tabla RT-1: Estimaciones de las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y costo por tonelada de carbono equivalente evitada como consecuencia de la posible adopción socioeconómica de determinadas tecnologías de eficiencia y suministro de la energía prevista para 2010 y 2020, a nivel mundial o por región y con diversos grados de incertidumbre.

Región	dólares estadounidenses/tC evitada -400 -200 0 +200	2010		2020		Referencias, observaciones y sección pertinente al Capítulo 3 del presente informe
		Potencial ^a	Probabilidad ^b	Potencial ^a	Probabilidad ^b	
Edificios/aparatos electrodomésticos Sector residencia		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Acosta Moreno <i>et al.</i> , 1996; Brown <i>et al.</i> , 1998 Wang y Smith, 1999
	OECD/EET					
	Dev. cos.	◆◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
Sector comercial		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
	OECD/EIT					
	Dev. cos.	◆◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
Transporte Aumento de la eficiencia de los automóviles		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	Grupo de trabajo Interlab., 1997 Brown <i>et al.</i> , 1998 Dpto. de energía de los EE.UU./EIA, 1998 CEMT, 1997 (sólo 8 países) Kashiwagi <i>et al.</i> , 1999 Denis y Koopman, 1998 Worrell <i>et al.</i> , 1997b
	EE.UU.					
	Europa	◆◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	
	Japón	◆◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	
	Dev. cos.	◆◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	
Industria manufacturera Eliminación de CO ₂ - ; fertilizantes, refinерías Aumento de la eficiencia de los materiales Cementos mezclados Reducción del N ₂ O por la industria química Reducción de los PFC por la industria del aluminio Reducción del HFC-23 por industria química Aumento de la eficiencia de la energía		◆	◇◇◇◇◇	◆	◇◇◇◇◇	Cuadro 3.21
	Mundial					
		◆◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	Cuadro 3.21
	Mundial					
		◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	Cuadro 3.21
	Mundial					
		◆	◇◇◇◇◇	◆	◇◇◇	Cuadro 3.21
	Mundial					
		◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	Cuadro 3.21
	Mundial					
		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Cuadro 3.19
	Mundial					

Tabla RT-1: (continuación)

Región	dólares estadounidenses/tC evitada	2010		2020		Referencias, observaciones y sección pertinente al Capítulo 3 del presente informe
		Potencial ^a	Probabilidad ^b	Potencial ^a	Probabilidad ^b	
Agricultura	Mayor uso de las prácticas de labranza orientadas hacia la conservación y ordenación de tierras cultivadas	◆	◇◇	◆	◇◇	Zhou, 1998; Cuadro 3.27
	Secuestro de carbono en el suelo	◆◆◆	◇◇	◆◆◆	◇◇◇	Dick <i>et al.</i> , 1998 IPCC, 2000
	Gestión de fertilizantes nitrogenados	◆◆◆	◇◇	◆◆◆	◇◇◇	Lal y Bruce, 1999 Cuadro 3.27
	Reducción del metano entérico	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	Kroeze & Mosier, 1999 Cuadro 3.27
	Técnicas de riego y fertilizantes utilizados en los matorrales	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	OCDE, 1999; IPCC, 2000
		◆◆	◇◇	◆◆	◇◇◇	Kroeze & Mosier, 1999 Cuadro 3.27
		◆	◇◇	◆	◇◇◇	OCDE, 1998
		◆	◇	◆	◇◇	Reimer & Freund, 1999 Chipato, 1999
Desechos	Captación de metano de vertederos	◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	Riener & Freund, 1998 IPCC, 2000
		◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	Metano de vertederos USEPA, 1999
Suministro de energía	Sustitución de carbón por energía nuclear	◆◆◆	◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	Totales ^c – Véase la Sección 3.8.6
		◆◆	◇◇	◆◆◆	◇◇	Cuadro 3.35a
		◆◆	◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇	Cuadro 3.35b
		◆◆◆	◇	◆◆◆	◇	Cuadro 3.35c
		◆	◇	◆◆◆	◇	Cuadro 3.35d

Tabla RT-1: (continuación)

Región	dólares estadounidenses/tC evitada	2010		2020		Referencias, observaciones y sección pertinente al Capítulo 3 del presente informe
		Potencial ^a	Probabilidad ^b	Potencial ^a	Probabilidad ^b	
Sustitución de carbón por gas		◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	Cuadro 3.35a
Países no incluidos en el Anexo I		◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	Cuadro 3.35b
Mundial		◆	◇◇	◆◆	◇◇	Cuadros 3.35 a + b
Captación del CO ₂ del carbón		◆	◇◇	◆◆	◇◇	Cuadros 3.35 c + d
Captación del CO ₂ del gas		◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	Cuadros 3.35 a + b
Sustitución del carbón por biomasa		◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	Moore, 1998; G.T Interlab, 1997
Sustitución del gas por biomasa		◆	◇	◆	◇◇◇	Cuadros 3.35 c + d
Sustitución del carbón o gas por energía eólica		◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	Cuadros 3.35 a - d
Combustión de carbón combinada con un 10% de biomasa		◆	◇◇◇	◆◆	◇◇◇	Suilatu, 1998
Sustitución del carbón por energía solar		◆	◇	◆	◇	Cuadro 3.35 a
Países no incluidos en el Anexo I		◆	◇	◆	◇	Cuadro 3.35 b
Mundial		◆◆	◇	◆◆◆	◇◇	Cuadros 3.35 a + b
Sustitución del carbón por energía hidroeléctrica		◆	◇	◆◆	◇◇	Cuadros 3.35 c + d
Sustitución del gas por energía hidroeléctrica		◆	◇	◆◆	◇◇	Cuadros 3.35 c + d

Notas:

^a Potencial en términos de toneladas de carbono equivalente evitadas, a un costo que oscila entre los valores indicados en dólares de los EE.UU. por tonelada de carbono (dólares EE.UU./tC).

◆ = <20 MtC/año ◆◆ = 20-50 MtC/año ◆◆◆ = 50-100MtC/año ◆◆◆◆ = 100-200MtC/año ◆◆◆◆◆ = >200 MtC/año

^b Probabilidad de desarrollar efectivamente este potencial sobre la base de los costos indicados en la bibliografía.

◇ = Muy improbable ◇◇ = Improbable ◇◇◇ = Posible ◇◇◇◇ = Probable ◇◇◇◇◇ = Muy probable

^c En las opciones de mitigación total relacionadas con el suministro de energía se supone que no se logrará el potencial máximo por diversas razones, entre ellas la competencia entre las distintas tecnologías indicadas debajo de los totales

Tabla RT-2: Opciones tecnológicas, obstáculos, oportunidades y repercusiones en la producción en diversos sectores

Opciones tecnológicas	Obstáculos y oportunidades	Consecuencias de las políticas de mitigación para los distintos sectores
Edificios, hogares y servicios: Existen cientos de tecnologías y medidas que pueden mejorar la eficiencia energética de los aparatos electrodomésticos y los equipos, así como de las estructuras edilicias en todas las regiones del mundo. Se estima que las emisiones de CO₂ de todos los edificios residenciales pueden reducirse para el año 2010 en 325MtC en los países desarrollados y en los países con economías en transición, a un costo de entre -250 dólares EE.UU. y -150 dólares EE.UU./tC, y en 125 MtC en los países en desarrollo a un costo de entre -250 dólares EE.UU. y 50 dólares EE.UU./tC. De manera similar, las emisiones de CO₂ de los edificios comerciales pueden reducirse para el año 2010 en 185MtC en los países industrializados y en los países con economías en transición, a un costo de entre -400 dólares EE.UU. y -250 dólares EE.UU./tC, y en 80MtC en los países en desarrollo a un costo de entre -400 dólares EE.UU. y 0 dólares EE.UU./tC. Estos ahorros representan casi el 30% de las emisiones de CO₂ de los edificios en 2010 y 2020 en comparación con un escenario central como el escenario de referencia B2 del IE-EE.	Obstáculos: En los países desarrollados, una estructura de mercado no favorable al aumento de la eficiencia, incentivos mal asignados y falta de información; y en los países en desarrollo, la falta de financiación y personal calificado, la falta de información, las costumbres tradicionales y el control de los precios. Oportunidades: El desarrollo de métodos y habilidades de comercialización más apropiados, la comercialización basada en la información y las normas y programas voluntarios han demostrado ser medios idóneos para superar obstáculos en los países desarrollados. La capacidad para obtener créditos de bajo costo, el desarrollo de la capacidad, una base de información y la conciencia del consumidor; las normas, los incentivos para el desarrollo de la capacidad y la desregulación del sector de la energía son formas de afrontar los obstáculos en el mundo en desarrollo.	Sector de los servicios: En muchos casos se registrarán aumentos en la producción y el empleo dependiendo de la forma en que se apliquen las políticas de mitigación; no obstante, se prevé que en general los incrementos serán pequeños y difusos. Los hogares y el sector informal: Los efectos de la mitigación en los hogares se producen directamente a causa de los cambios en la tecnología y el precio de la energía que consumen los hogares, e indirectamente en virtud de los efectos macroeconómicos en el ingreso y el empleo. Un beneficio secundario importante es el mejoramiento de la calidad del aire tanto en locales cerrados como en el exterior, particularmente en los países en desarrollo y en ciudades de todo el mundo.
Transporte: La tecnología del transporte en los vehículos para trabajo ligero ha avanzado más rápidamente de lo que se preveía en el SIE, como consecuencia de los esfuerzos internacionales de investigación y desarrollo. Los vehículos eléctricos híbridos ya han aparecido en el mercado y la mayoría de los principales fabricantes han anunciado la introducción de los vehículos de pila de combustible para el año 2003. El efecto “rebote” reducirá en cierta medida los impactos del aumento de la eficiencia tecnológica en la mitigación de los GEI, a menos que sea contrarrestado por políticas que aumenten efectivamente los precios de los combustibles o de los viajes. En los países en que los precios de los combustibles son altos, como en Europa, el efecto “rebote” puede alcanzar al 40%; en los países en que esos precios son bajos, como en los EE.UU., el rebote no parece superar el 20%. Si se tienen en cuenta los efectos de rebote, las medidas tecnológicas pueden reducir las emisiones de GEI entre un 5% y un 15% para 2010, y entre un 15% y un 35% para 2020, en comparación con una situación inicial de referencia con un crecimiento continuo.	Obstáculos: Para los fabricantes de equipo de transporte, el riesgo es un obstáculo importante para la adopción más rápida de tecnologías eficientes desde el punto de vista energético en el sector del transporte. Para lograr mejoras importantes en la eficiencia de la energía, en general es necesario volver a diseñar los vehículos “a partir de cero”, y al mismo tiempo invertir muchos miles de millones de dólares en nuevas instalaciones de producción. Por otra parte, el valor de una mayor eficiencia para los clientes es la diferencia entre el valor actual de los ahorros de combustible y el aumento del precio de compra, que en cifras netas puede ser a menudo una cantidad pequeña. Si bien los mercados de vehículos de transporte están dominados por un número muy reducido de compañías en el aspecto técnico, son de todos modos muy competitivos en el sentido de que los errores estratégicos pueden resultar muy caros. Por último, muchos de los beneficios derivados de una mayor eficiencia energética son beneficios sociales más que particulares. Por todas estas razones, en general se considera que el riesgo para los fabricantes de adoptar cambios tecnológicos radicales con el fin de mejorar la eficiencia de la energía es mayor que los beneficios que puede obtener directamente del mercado. Las enormes inversiones públicas y privadas que requiere la infraestructura del transporte y la creación de un entorno edilicio adaptado al tránsito de los vehículos automotores constituyen importantes obstáculos para la modificación de la estructura modal del transporte en muchos países.	Transporte: Se proyecta que la demanda de transporte seguirá aumentando, ya que las políticas de mitigación de los GEI la afectan en forma muy limitada. En el corto a mediano plazo existen pocas posibilidades de sustituir los combustibles de carbono de origen fósil. El principal efecto de las políticas de mitigación será mejorar la eficiencia de la energía en todas las modalidades de transporte.

Tabla RT-2: (continuación)

Opciones tecnológicas	Obstáculos y oportunidades	Consecuencias de las políticas de mitigación para los distintos sectores
	Oportunidades: Las tecnologías de la información están creando nuevas oportunidades para determinar algunos de los costos externos del transporte, desde la congestión del tráfico hasta la contaminación ambiental. La aplicación de métodos más eficaces de cálculo de precios puede proporcionar mayores incentivos para mejorar la eficiencia energética tanto de los equipos como de la estructura modal. Los factores que impiden la adopción de tecnologías eficientes en relación con los combustibles en los mercados de vehículos de transporte crean condiciones propicias para la aplicación eficaz de normas voluntarias u obligatorias. La existencia de normas bien formuladas elimina gran parte del riesgo inherente a la introducción de cambios tecnológicos radicales, porque todos los competidores deben respetar las mismas normas. Los estudios han demostrado reiteradamente la existencia de tecnologías capaces de reducir la intensidad del carbono de los vehículos hasta en un 50%, o en un 100% a más largo plazo, de una manera más o menos eficaz en función de los costos. Por último, los intensos esfuerzos de investigación y desarrollo relacionados con los vehículos livianos para carretera han logrado adelantos espectaculares en las tecnologías de propulsión híbridas y de pila de combustible. Se podrían realizar esfuerzos similares en relación con la tecnología del transporte por carretera y del transporte aéreo, ferroviario y marítimo, posiblemente con resultados muy positivos.	
Industria: El aumento de la eficiencia de la energía es la principal opción de reducción de las emisiones en la industria. Ya se ha hecho mucho para mejorar la eficiencia de la energía, sobre todo en los países industrializados, pero todavía hay formas de reducir aún más las emisiones. Para 2010 y 2020 pueden lograrse reducciones de 300 a 500 MtC/año y de 700 y a 1.100 MtC/año respectivamente, en comparación con un escenario como el B2 del IE-E. La mayor parte de estas opciones tienen un costo negativo. Las emisiones de gases de efecto invernadero del CO₂ son en general relativamente pequeñas en el sector industrial y pueden reducirse en más de un 85%, en la mayoría de los casos a un costo moderado o a veces incluso negativo.	Obstáculos: La falta de una determinación completa de los costos, una contribución relativamente pequeña de la energía a los costos de producción, la falta de información por parte del consumidor y del productor, y la escasa disponibilidad de capital y personal calificado son los obstáculos más importantes para la penetración de la tecnología de mitigación en el sector industrial en todos los países, pero principalmente en los países en desarrollo. Oportunidades: La aprobación de leyes que contemplen las preocupaciones locales por el medio ambiente; la celebración de acuerdos voluntarios, especialmente si se complementan con una acción del gobierno, y el otorgamiento de subsidios directos y bonificaciones fiscales son métodos que han permitido superar los obstáculos antes mencionados. La aprobación de leyes y normas, y una mejor comercialización, son criterios particularmente adecuados para la industria liviana.	Industria: Se espera que la mitigación traiga aparejado un cambio estructural en el sector industrial de los países comprendidos en el Anexo I (en parte como consecuencia de los cambios en la demanda del consumo privado), en virtud del cual resultarán beneficiados los sectores que suministran equipos con bajo consumo de energía y tecnologías con bajo porcentaje de carbono, y los sectores que hacen un uso intensivo de energía tendrán que sustituir combustibles, adoptar nuevas tecnologías o subir los precios. Sin embargo, los efectos de rebote pueden producir resultados negativos inesperados.

Tabla RT-2: (continuación)

Opciones tecnológicas	Obstáculos y oportunidades	Consecuencias de las políticas de mitigación para los distintos sectores
Cambios en el uso de la tierra y silvicultura: El uso o la ordenación de las tierras puede contribuir de tres maneras fundamentales a mitigar el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera: mediante la protección, el secuestro o la sustitución⁴. Estas opciones tienen distintas escalas temporales; por lo tanto, la elección de las opciones y su eficacia potencial dependen del marco temporal al que se apunte así como de la productividad del lugar y de sus antecedentes en materia de perturbaciones. En el SIE se estimó que, a nivel mundial, estas medidas podrían conseguir una reducción del C atmosférico de entre 83 y 131 GtC para el año 2050 (60 a 87 GtC en los bosques y 23 a 44 GtC en las tierras agrícolas). En los estudios publicados desde entonces no se han modificado sustancialmente esas estimaciones. El costo de las prácticas de ordenación de la tierra son bastante bajos en comparación con el de otras opciones, y oscilan entre 0 (oportunidades en las que todos ganan) y dólares EE.UU. 12/tC.	Obstáculos: Constituyen obstáculos para la mitigación en este sector, entre otros la falta de financiación y de capacidad humana e institucional para vigilar y verificar; dificultades sociales como las relacionadas con el suministro de alimentos; la gente que extrae su sustento de los bosques naturales; los incentivos para el desmonte de terrenos; la presión demográfica, y la conversión de bosques en tierras de pastoreo debido a la demanda de carne. En los países tropicales, las actividades de silvicultura suelen estar dominadas por los organismos públicos encargados del sector, con una mínima participación de las comunidades locales y el sector privado. En algunas regiones tropicales, particularmente en África, es probable que disminuyan las oportunidades de mitigación como consecuencia de la baja productividad de los cultivos y la presión que ejercen sobre los bosques la demanda de tierras de labranza, por un lado, y la demanda de leña por el otro. Oportunidades: En el sector del uso de la tierra y la silvicultura se necesitan incentivos y políticas para aprovechar el potencial técnico disponible. Éstos pueden consistir en reglamentos del gobierno, impuestos o subsidios, o incentivos económicos como pagos en el mercado por la captación y el almacenamiento de carbono, como se sugiere en el Protocolo de Kioto, cuya aplicación dependerá de una decisión de la CP.	Las políticas de mitigación de los GEI pueden tener profundos efectos en el uso de la tierra, especialmente en lo que respecta al secuestro de carbono y la producción de biocombustibles. En los países tropicales, la adopción en gran escala de actividades de mitigación podría contribuir a la conservación de la diversidad biológica, a la generación de empleo rural y a la protección de las cuencas hidrográficas, promoviendo así el desarrollo sostenible. Para ello es necesario realizar cambios institucionales que apunten a lograr la participación de la industria y las comunidades locales, reduciendo de esa manera el papel de los gobiernos en la ordenación forestal.
Agricultura y gestión de desechos: El consumo de energía está aumentando en <1% anual a nivel mundial, y en mayor medida en los países que no son miembros de la OCDE, pero está disminuyendo en los países con economías en transición. Ya existen varias opciones para reducir las emisiones de GEI con una inversión de - 50 dólares EE.UU. por 150/tC. Entre ellas cabe mencionar el aumento de las reservas de carbono mediante la ordenación de las tierras de labranza (125 MtC/año para 2010) y la reducción de las emisiones de CH₄ como resultado de una gestión más adecuada del ganado (>30 MtC/año) y de la producción de arroz (70 MtC/año); el secuestro de carbono en el suelo (50-100 MtC/año) y la reducción de las emisiones de N₂O provenientes de desechos de origen animal y de la aplicación de medidas relacionadas con el N son opciones viables en la mayoría de las regiones si se transfiere la tecnología apropiada y se dan incentivos a los productores agropecuarios para que cambien sus métodos tradicionales. La plantación de cultivos energéticos con el fin de desplazar a los combustibles de origen fósil tiene buenas perspectivas si los costos se toman más competitivos y los cultivos se producen en forma sostenible. Una gestión más adecuada de los desechos puede reducir las emisiones de GEI en 200 MtC_{eq} en 2010 y en 320 MtC_{eq} en 2020, en comparación con el nivel de emisiones registrado en 1990, de 240 MtC_{eq}.	Obstáculos: En el sector de la agricultura y la gestión de desechos, los obstáculos son, entre otros, la insuficiencia de recursos financieros para actividades de investigación y desarrollo, el no reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual, la falta de capacidad humana e institucional a nivel nacional y de información en los países en desarrollo, las dificultades para adoptar opciones de mitigación a nivel de los establecimientos rurales, la falta de incentivos y de información para que los productores de los países desarrollados adopten nuevas técnicas de cría de ganado (necesitan otros beneficios, no simplemente la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI)). Oportunidades: La expansión de los planes de crédito, el cambio de prioridades en las actividades de investigación, la creación de vínculos institucionales entre los países, la comercialización del carbono del suelo y la integración de los alimentos, las fibras y los productos energéticos son algunas de las formas de superar los obstáculos. Estas medidas deberían ir acompañadas de una evolución hacia métodos de producción sostenibles. Los cultivos energéticos tienen la ventaja adicional de que permiten diversificar el uso de las tierras cultivables que tienen fácil acceso al agua pero que no se explotan al máximo de su capacidad para producir alimentos y fibras.	Energía: La ordenación de los bosques y las tierras puede permitir obtener una variedad de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos renovables, capaces de sustituir a los combustibles de origen fósil. Materiales: Los productos derivados de los bosques y otros materiales biológicos se utilizan para la construcción, el embalaje, la elaboración de papel y muchos otros fines, y a menudo consumen menos energía que otros materiales que cumplen la misma función. Agricultura/uso de la tierra: La dedicación de grandes extensiones de tierra al secuestro de carbono o a la ordenación del carbono puede complementarse o entrar en conflicto con la demanda de tierras para otros fines, entre ellos la agricultura. La mitigación de los GEI repercutirá en la agricultura como consecuencia del aumento de la demanda de producción de biocombustibles en muchas regiones. Al haber una mayor competencia por las tierras cultivables, es posible que suban los precios de los alimentos y otros productos agrícolas.

Tabla RT-2: (continuación)

Opciones tecnológicas	Obstáculos y oportunidades	Consecuencias de las políticas de mitigación para los distintos sectores
Gestión de desechos: Utilización de metano de vertederos y capas carboníferas. El uso del gas de vertederos para producir calor y energía eléctrica también está aumentando. En varios países industrializados, y especialmente en Europa y el Japón, las instalaciones de conversión de desechos en energía se han tornado más eficientes, al reducir sus emisiones de contaminantes atmosféricos, reciclar papel y fibras, o utilizar el papel de desecho como biocombustible en dichas instalaciones.	Obstáculos: Es poco lo que se está haciendo para aprovechar el gas de los vertederos o reducir los desechos que producen metano, o para el crecimiento de gran parte del mundo en desarrollo. Oportunidades: Países como los EE.UU. y Alemania tienen políticas específicas ya sea para reducir los desechos que producen metano, o para exigir el uso del metano de los vertederos como fuente de energía, o ambas cosas. Los costos de recuperación son negativos para la mitad del metano de los vertederos.	
Sector de la energía: En el sector de la energía se dispone de opciones tanto para aumentar la eficiencia de la conversión como para incrementar el uso de la energía primaria con menos GEI por unidad de energía producida, mediante el secuestro de carbono y la reducción de fugas de GEI. Las opciones en las que todos ganan, como la recuperación del metano de yacimientos carboníferos, el aumento de la eficiencia en la generación de energía eléctrica con carbón y gas, y la producción combinada de calor y electricidad, pueden ayudar a reducir las emisiones. A medida que avanza el proceso de desarrollo económico, el aumento de la eficiencia será insuficiente por sí solo para controlar las emisiones de GEI del sector de la energía. Una de las opciones para reducir las emisiones por unidad de energía producida son las fuentes nuevas de energía renovables, que están registrando un fuerte crecimiento pero que todavía representan menos del 1% de la energía producida en todo el mundo. Se han propuesto tecnologías de captación y eliminación de CO₂ para lograr una energía "limpia de origen fósil", que podrían contribuir en gran medida a la mitigación, a costos competitivos con las fuentes de energía renovables, pero es necesario investigar aún más la viabilidad y el posible impacto ambiental de estos métodos para determinar su formas de aplicación y uso. La energía nuclear y, en algunas regiones, la energía hidroeléctrica en mayor escala, podrían aportar una contribución mucho mayor, pero tienen problemas de costos y aceptabilidad. Se espera que las nuevas pilas de combustible permitan aumentar la eficiencia media de la conversión de energía en los próximos decenios.	Obstáculos: Son obstáculos fundamentales la falta de capacidad humana e institucional, las imperfecciones de los mercados de capitales que desalientan la inversión en pequeños sistemas descentralizados, la mayor incertidumbre en cuanto a las tasas de rendimiento de las inversiones, los aranceles comerciales elevados, la falta de información y el no reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual relacionados con las tecnologías de mitigación. En el caso de las fuentes de energía renovables, los principales obstáculos son los costos primarios elevados, la falta de acceso al capital y los subsidios a los combustibles de origen fósil. Oportunidades: Los países en desarrollo tienen la oportunidad de fomentar avances en la tecnología de oferta y demanda de energía; facilitar la transferencia de tecnología mediante la creación de un clima propicio; desarrollar la capacidad y aplicar mecanismos apropiados para la transferencia de tecnologías limpias y eficientes en materia de energía. Por su parte, los países desarrollados tienen oportunidades en lo que respecta a la determinación de los costos totales y los sistemas de información. Los beneficios secundarios asociados a los adelantos tecnológicos y a una disminución de la producción y el uso de combustibles de origen fósil pueden ser muy importantes.	Carbón: Es probable que la producción, el uso y el empleo del carbón disminuyan como consecuencia de las políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero, en comparación con las proyecciones del suministro de energía en ausencia de políticas climáticas adicionales. Sin embargo, los costos del ajuste serán mucho menores si las políticas relacionadas con una nueva producción de carbón también fomentan una tecnología limpia del carbón. Petróleo: Es probable que las políticas de mitigación mundiales traigan aparejada una disminución de la producción y el comercio de petróleo, y que los exportadores de energía vean reducidos sus ingresos reales en comparación con los que recibirían en ausencia de tales políticas. No obstante, los efectos que podría producir en el precio mundial del petróleo el cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Kioto tal vez no sean tan profundos como los que pronostican muchos modelos, debido a las opciones de incluir gases distintos del CO₂ y la posibilidad de aplicar mecanismos flexibles para alcanzar dichos objetivos, que a menudo no se tienen en cuenta en los modelos. Gás: En los próximos 20 años, la mitigación puede surtir efectos positivos o negativos en el uso del gas natural, dependiendo de las circunstancias regionales y locales. En los países comprendidos en el Anexo I, cualquier sustitución que se haga de carbón o petróleo, será por gas natural o por fuentes renovables de energía eléctrica. En el caso de los países no comprendidos en el Anexo I, las posibilidades de sustitución por gas natural son mucho mayores, aunque la seguridad de la energía y la disponibilidad de recursos nacionales son factores de peso, particularmente en países como China y la India, que tienen grandes reservas de carbón.

Tabla RT-2: (continuación)

Opciones tecnológicas	Obstáculos y oportunidades	Consecuencias de las políticas de mitigación para los distintos sectores
Halocarbonos: Las emisiones de HFC están aumentando debido a que se están utilizando HFC para sustituir algunas de las sustancias agotadoras del ozono que se están eliminando gradualmente. En comparación con las proyecciones del IE-EE relativas a los HFC para el año 2010, se estima que las emisiones podrían ser menores, hasta de 100 MtC_{eq} menos, a costos por debajo de los 200 dólares EE.UU./tC_{eq}. Aproximadamente la mitad de la reducción estimada se debe a que los valores de referencia del IE-EE son superiores a los valores de referencia considerados en el presente informe. El porcentaje restante de reducción de las emisiones podría lograrse mediante el confinamiento, la recuperación y el reciclaje de refrigerantes, y mediante el uso de otros líquidos y tecnologías.	Obstáculos: la incertidumbre en cuanto al futuro de las políticas relativas a los HFC en lo que respecta al calentamiento de la Tierra y el agotamiento de la capa de ozono. Oportunidades: aprovechar los nuevos adelantos tecnológicos.	Renovables: Las fuentes renovables son muy variadas, y el efecto de mitigación dependerá del desarrollo tecnológico. Variará de una región a otra de acuerdo con la dotación de recursos. Sin embargo, es muy probable que la mitigación dé origen a mercados más amplios en el sector de las fuentes de energía renovables. En tal situación, las actividades de investigación y desarrollo destinadas a reducir los costos y mejorar el desempeño y el aumento de las corrientes de recursos financieros hacia las fuentes renovables podría incrementar su aplicación, lo que a su vez haría bajar los costos. Energía nuclear: Hay grandes posibilidades técnicas de que el desarrollo de la energía nuclear reduzca las emisiones de GEI; que esto se concrete o no dependerá de los costos relativos, de factores políticos y de la aceptación por el público.
Geoingeniería: Las oportunidades de mitigación en los ecosistemas marinos y la geoingeniería^b, la comprensión humana de los sistemas biofísicos, así como muchas evaluaciones éticas, jurídicas y de equidad son aún rudimentarias.	Obstáculos: En la geoingeniería, los riesgos de que se produzcan consecuencias imprevistas son grandes y tal vez ni siquiera sea posible manipular con técnicas de ingeniería la distribución regional de la temperatura y las precipitaciones. Oportunidades: Parece pertinente hacer algunas indagaciones básicas.	Sector aún inexistente: no se aplica.
a Por "protección" se entiende las medidas energéticas destinadas a mantener y preservar las reservas actuales de C, incluidas las que existen en la vegetación, la materia orgánica del suelo y los productos exportados del ecosistema (por ejemplo, impedir la conversión de bosques tropicales con fines agrícolas y evitar la desecación de marismas). Por "secuestro" se entiende las medidas adoptadas deliberadamente con el fin de aumentar las reservas de C por encima de las ya existentes (por ejemplo, la forestación, la modificación de las prácticas de ordenación forestal, un mayor almacenamiento de C en los productos de la madera y la modificación de los sistemas de cultivo, inclusive una mayor cantidad de cultivos de forrajes y un menor laboreo de las tierras). Por "sustitución" se entiende las prácticas que sustituyen los combustibles de origen fósil o los productos de alto consumo de energía, por productos biológicos renovables, evitando así la emisión de CO₂ resultante de la combustión de combustibles de origen fósil. b La geoingeniería comprende los esfuerzos por estabilizar el sistema climático mediante la gestión directa del balance energético de la Tierra, superando así el efecto invernadero acentuado.		

influencia que ejerzan en ellas las preferencias de los seres humanos y las sociedades y la intervención de los gobiernos.

La Tabla RT.2 presenta una visión general de los obstáculos y los efectos de la mitigación y los vínculos entre ambos. A continuación se analizan en mayor detalle las opciones de mitigación en distintos sectores.

3.3.1 Principales opciones de mitigación en el sector de los edificios

El sector de los edificios contribuyó al 31% de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía en 1995, y estas emisiones han aumentado a un ritmo de 1,8% anual desde 1971. La tecnología de los edificios ha mantenido una trayectoria evolutiva con mejoras graduales en los últimos cinco años en la eficiencia energética de las ventanas, el alumbrado, los aparatos electrodomésticos, el aislamiento, la calefacción, la refrigeración y la climatización de los ambientes. También han habido progresos continuos en los controles edilicios, el diseño solar pasivo, el diseño integrado de edificios y la aplicación de sistemas fotovoltaicos en los edificios. Las emisiones de fluorocarbonos de los sistemas de refrigeración y climatización han ido disminuyendo con la eliminación gradual de los clorofluorocarbonos (CFC), principalmente debido a las mejoras alcanzadas en el confinamiento y la recuperación del fluorocarbono refrigerante y, en menor medida, al uso de hidrocarburos y otros líquidos refrigerantes que no contienen fluorocarbonos. El uso y la emisión de fluorocarbonos de las espumas aislantes han disminuido como consecuencia de la eliminación gradual de los CFC, y se prevé que seguirán disminuyendo a medida que se vayan eliminando los HCFC. Los esfuerzos de investigación y desarrollo han permitido aumentar la eficiencia de los refrigeradores y los sistemas de climatización y calefacción. A pesar de los continuos adelantos tecnológicos y la adopción de tecnologías más avanzadas en muchos países, el uso de la energía en los edificios aumentó más rápidamente que la demanda total de energía entre 1971 y 1995, y la energía consumida en los edificios comerciales registra el mayor porcentaje de crecimiento anual (3,0%, en comparación con el 2,2% en los edificios residenciales). Esto se debe principalmente a que, a medida que crecen las economías, los consumidores exigen más comodidades — en términos de un uso más intenso de aparatos electrodomésticos, viviendas más grandes y la modernización y la expansión del sector comercial. Actualmente existen muchas tecnologías capaces de frenar esta tendencia de manera eficaz en función de los costos. El potencial

técnico general de reducción de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en el sector de los edificios, utilizando las tecnologías existentes en combinación con adelantos técnicos futuros, es de 715 MtC/año en 2010 si el nivel inicial de emisiones de carbono es de 2.600 MtC/año (27%); de 950 MtC/año en 2020 si el nivel inicial de emisiones de carbono es de 3.000 MtC/año (31%), y de 2.025 MtC/año en 2050 si el nivel inicial de emisiones de carbono es de 3.900 MtC/año (52%). La expansión de las actividades de investigación y desarrollo puede garantizar el logro de mejoras tecnológicas continuas en este sector.

3.3.2 Principales opciones de mitigación en el sector del transporte

En 1995, el sector del transporte aportó el 22% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono relacionadas con la energía; a nivel mundial, las emisiones generadas por este sector están aumentando rápidamente, a un ritmo de aproximadamente 2,5% anual. Desde 1990, el mayor crecimiento se ha registrado en los países en desarrollo (7,3% anual en la región de Asia y el Pacífico), y de hecho está disminuyendo en los países con economías en transición, a un ritmo de 5,0% anual. Se han introducido vehículos híbridos —eléctricos y a gasolina— con carácter comercial, que permiten ahorrar entre 50% y 100% más de combustible que otros vehículos de tamaño similar para cuatro pasajeros. Los biocombustibles obtenidos de la madera, los cultivos energéticos y los desechos pueden también desempeñar un papel cada vez más importante en el sector del transporte, a medida que mejore la relación costo-eficacia de la hidrólisis enzimática del material celulósico en etanol. Mientras tanto, el biodiesel, con el respaldo de exenciones de impuestos, está ganando una mayor cuota de mercado en Europa. No obstante, las mejoras graduales en el diseño de los motores se han utilizado sobre todo para aumentar el rendimiento, más que para lograr un mayor ahorro de combustible, el cual no ha variado desde el SIE. Los vehículos de pila de combustible están evolucionando rápidamente, y su introducción en el mercado está prevista para el año 2003. Al parecer es posible, tanto desde el punto de vista técnico como económico, que en la próxima generación de aeronaves se logren mejoras sustanciales en la capacidad de ahorro de combustible de los aviones. Sin embargo, la mayoría de las evaluaciones de las mejoras tecnológicas de la eficiencia (Tabla RT.3) indican que, debido al crecimiento de la demanda de transporte, el aumento de la eficiencia no basta por sí solo para impedir el crecimiento de las emisiones de GEI. También hay pruebas de que, si las demás circunstancias no varían, los esfuerzos por

Tabla RT-3: Proyecciones del coeficiente energético en el transporte extraídas de un estudio realizado por 5 laboratorios en los EE.UU.

Factores determinantes	1997	2010		
		Condiciones habituales	Eficiencia energética	Mucha energía/poco carbono
Nuevo automóvil para pasajeros, 1/100km	8,6	8,5	6,3	5,5
Nueva camioneta liviana 1/100km	11,5	11,4	8,7	7,6
Flota de vehículos para trabajo ligero 1/100km ^a	12,0	12,1	10,9	10,1
Eficiencia de los aviones (asientos-1/100km)	4,5	4,0	3,8	3,6
Flota de camiones de transporte 1/100km	42,0	39,2	34,6	33,6
Eficiencia de los ferrocarriles (ton-km/MJ)	4,2	4,6	5,5	6,2

^a Incluye los automóviles para pasajeros y las camionetas livianas actualmente existentes.

mejorar la eficiencia de los combustibles influyen sólo parcialmente en la reducción de las emisiones, ya que cuando disminuyen determinados gastos operacionales, aumentan las distancias que deben recorrerse.

3.3.3 Principales opciones de mitigación en el sector de la industria

Las emisiones industriales representaron el 43% del carbono liberado en 1995. Las emisiones de carbono del sector industrial aumentaron a un ritmo de 1,5% anual entre 1971 y 1995, pero el crecimiento se tornó más lento a partir de 1990, con un índice de aumento de 0,4% anual. Las industrias siguen descubriendo procesos más eficientes desde el punto de vista energético y formas de reducir los GEI relacionados con los procesos industriales. Este es el único sector que ha registrado una disminución anual de las emisiones de carbono en los países miembros de la OCDE (–0,8% anual entre 1990 y 1995). La mayor reducción del CO₂ se observó en los países con economías en transición (–6,4% anual entre 1990 y 1995, cuando disminuyó la producción industrial total).

Sigue habiendo grandes diferencias en cuanto al nivel de eficiencia energética de los procesos industriales entre distintos países desarrollados, y entre los países desarrollados y los países en desarrollo, lo que significa que el potencial relativo de reducción de las emisiones difiere enormemente de un país a otro.

El mejoramiento de la eficiencia energética de los procesos industriales es la opción más importante para reducir las emisiones de GEI, y para ello existen cientos de tecnologías específicas para cada sector. Se estima que el potencial de aumento de la eficiencia energética a nivel mundial —comparado con una situación de referencia inicial— para el año 2010 es de 300 a 500 MtC, y para el año 2020 de 700 a 900 MtC. En el segundo caso se requiere un desarrollo tecnológico constante para que se concrete el potencial. La mayoría de las opciones de aumento de la eficiencia energética pueden aplicarse a un costo neto negativo.

Otra opción importante es la mejora de la eficiencia de los materiales (inclusive mediante el reciclaje, un diseño más eficiente de los productos y la sustitución de materiales); esta opción puede representar un potencial de 600 MtC en el año 2020. También es posible reducir las emisiones de CO₂ mediante la sustitución de combustibles, la eliminación y el almacenamiento de CO₂ y el uso de cementos mezclados.

Hay algunos procesos específicos que no sólo emiten CO₂, sino también otros GEI sin contenido de CO₂. Los fabricantes de ácido adípico han reducido en gran medida sus emisiones de N₂O, y la industria del aluminio ha hecho progresos importantes en cuanto a disminuir la liberación de PFC (CF₄, C₂F₆). Con frecuencia es posible reducir a niveles aún más bajos los GEI sin contenido de CO₂ emitidos por la industria manufacturera a un costo relativamente bajo por tonelada de C equivalente (tC_{eq}) mitigada.

Hoy en día se conocen suficientes opciones tecnológicas para reducir en términos absolutos las emisiones de GEI de la industria en la mayoría de los países desarrollados para el año 2010, y para limitar de manera importante el crecimiento de las emisiones de este sector en los países en desarrollo.

3.3.4 Principales opciones de mitigación en el sector de la agricultura

La agricultura genera solamente el 4% de las emisiones mundiales de carbono derivadas del uso de la energía, pero más del 20% de las emisiones antropógenas de GEI (en MtCeq/año), principalmente de CH₄ y N₂O y también de carbono resultante de las actividades de desmonte de terrenos. Se han registrado algunos progresos modestos en la eficiencia energética del sector agrícola desde el SIE, y adelantos biotecnológicos relacionados con la producción vegetal y animal que podrían generar mejoras adicionales, siempre y cuando puedan resolverse adecuadamente las preocupaciones relativas a los efectos perjudiciales para el medio ambiente. Si en el sector de los alimentos para consumo humano aumentara la producción de vegetales y disminuyera la producción de carne en la medida de lo posible, se podría mejorar la eficiencia de la energía y reducir las emisiones de GEI (especialmente de N₂O y CH₄ del sector agrícola). Las emisiones de GEI podrían reducirse considerablemente para el año 2010 si se introdujeran cambios en las prácticas agrícolas, como por ejemplo:

- aumentar la fijación de carbono en el suelo mediante el uso de técnicas de labranza orientadas hacia la conservación y la reducción de la intensidad de uso de la tierra;
- reducir el CH₄ mediante una gestión adecuada del riego de los arrozales, un mejor uso de los fertilizantes y una disminución de las emisiones de CH₄ entérico de animales rumiantes;
- evitar las emisiones antropógenas de N₂O de origen agrícola (que en el caso de la agricultura superan las emisiones de carbono resultantes del uso de combustibles de origen fósil) mediante el uso de fertilizantes de liberación lenta, estiércol orgánico, inhibidores de la nitrificación y plantas leguminosas que permitan la aplicación de técnicas de ingeniería genética. Los niveles más altos de emisiones de N₂O se registran en China y los Estados Unidos, principalmente debido al uso de fertilizantes en suelos destinados al cultivo de arroz y otras tierras agrícolas. Se espera que para el año 2020 se disponga de más opciones para controlar las emisiones de N₂O de los suelos fertilizados, lo que permitirá contribuir en mayor medida a la reducción de las emisiones.

Hay una gran incertidumbre en cuanto a la intensidad de uso de estas tecnologías por los agricultores, ya que su adopción puede entrañar costos adicionales. Es posible que deban eliminarse obstáculos económicos y de otra índole mediante políticas diseñadas concretamente con ese fin.

3.3.5 Principales opciones de mitigación en el sector de la gestión de desechos

Se ha venido registrando un aumento en la utilización de CH₄ de vertederos y capas carboníferas. El uso de gas de vertederos para producir calor y energía eléctrica también está aumentando debido a la existencia de mandatos normativos en países como Alemania, Suiza, la Unión Europea y los EE.UU. Los costos de recuperación son negativos para la mitad del CH₄ de vertederos. Las exigencias relacionadas con el período de vida de los productos en Alemania se han extendido de los envases a los vehículos y los artículos electrónicos. Si en todo el territorio de los EE.UU. aumentaran las tasas de reciclaje per cápita del promedio nacional a la tasa de reciclaje per cápita registrada en Seattle

(Estado de Washington), el resultado sería una reducción del 4% del total de las emisiones de GEI en los Estados Unidos. Hay un debate en cuanto a si el período de vida de las emisiones de GEI se reduce más con el reciclaje de papel y fibra, o mediante el uso de papel de desecho como biocombustible en las instalaciones de conversión de desechos en energía. Cualquiera de las dos opciones es mejor que descargar los desechos en vertederos en lo que respecta a las emisiones de GEI. En varios países desarrollados, y especialmente en Europa y el Japón, las instalaciones de conversión de desechos en energía se han tornado más eficientes, con un menor nivel de emisión de contaminantes atmosféricos.

3.3.6 Principales opciones de mitigación en el sector del suministro de energía

Los combustibles de origen fósil continúan dominando la producción de calor y energía eléctrica. La generación de electricidad representa 2,100 MtC por año o el 37,5% de las emisiones mundiales de carbono¹⁰. Los escenarios de referencia iniciales que no incluyen políticas relativas a la emisión de carbono proyectan emisiones de 3.500 y 4.000 MtCeq para el año 2010 y 2020 respectivamente. En el sector de la energía eléctrica, las turbinas de gas de ciclo combinado de bajo costo con una eficiencia de conversión cercana al 60% en el caso del último modelo se han convertido en la principal opción de las nuevas centrales de energía eléctrica en los lugares en que se dispone de un suministro suficiente y una infraestructura adecuada de gas natural. Las tecnologías de carbón avanzadas basadas en diseños de ciclo combinado de gasificación integrada o supercríticos tienen potencialmente la capacidad de reducir las emisiones a un costo modesto mediante el logro de una mayor eficiencia. La desregulación del sector de la energía eléctrica es actualmente uno de los principales impulsores de las opciones tecnológicas. La utilización de sistemas industriales y comerciales distribuidos de producción combinada de calor y electricidad para satisfacer necesidades de climatización de ambientes y de la industria manufacturera podrían traer aparejadas reducciones importantes de las emisiones. Las consecuencias ulteriores para las emisiones de CO₂ de la reestructuración del sector de las empresas públicas de energía eléctrica en muchos países desarrollados y en desarrollo actualmente siguen siendo inciertas, aunque hay un interés cada vez mayor en los sistemas distribuidos de suministro de energía basados en fuentes de energía renovables, y también en el uso de pilas de combustible, micro-turbinas y motores Stirling.

El sector de la energía nuclear ha logrado aumentar considerablemente el factor capacidad en las instalaciones existentes, y ello ha permitido mejorar su ecuación económica lo suficiente como para que la prolongación del período de vida de las instalaciones se haya tornado eficaz en función de los costos. Sin embargo, y salvo en el caso de Asia, son relativamente pocas las centrales nuevas que se están construyendo o que se proyecta construir. Se está tratando de producir reactores nucleares intrínsecamente seguros y menos costosos, con el fin de reducir los obstáculos socioeconómicos y las preocupaciones del público en lo que respecta a la seguridad, el almacenamiento de los desechos nucleares y la proliferación. Con excepción de unos pocos proyectos importantes en la India y China, la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas también se ha tornado más lenta debido a que existen

pocos lugares que tengan un gran potencial, o a veces porque los costos son muy elevados, o porque hay preocupaciones ambientales y sociales a nivel local. Otro hecho digno de mención es el rápido aumento de las turbinas de viento, cuyo índice de crecimiento anual ha superado el 25%, y que en el año 2000 superó los 13 GW de capacidad instalada. Otras fuentes de energía renovables, como la energía solar y la biomasa, siguen creciendo a medida que bajan los costos, pero la contribución total de las fuentes de energía renovables no hidroeléctricas a nivel mundial sigue siendo inferior al 2%. Las pilas de combustible pueden convertirse en una fuente combinada de electricidad y calor altamente eficiente a medida que aumente la densidad de la electricidad y continúen bajando los costos. Para el año 2010, la combustión combinada de carbón y biomasa, la gasificación de la leña, el uso de sistemas fotovoltaicos más eficientes, las plantas generadoras de energía eólica en alta mar y los biocombustibles basados en el etanol son algunas de las tecnologías capaces de penetrar en el mercado. Se prevé que su cuota de mercado habrá de aumentar para el año 2020, a medida que la curva de aprendizaje reduzca los costos y se sustituya el capital accionario de las centrales generadoras actualmente existentes.

La eliminación y el almacenamiento físicos del CO₂ constituyen potencialmente una opción más viable hoy en día que en el momento de la publicación del SIE. El uso de carbón o biomasa como fuente de hidrógeno y el almacenamiento de CO₂ residual representan un paso posible en dirección a la economía del hidrógeno. Se ha almacenado CO₂ en un acuífero y se está vigilando la integridad del almacenamiento. Sin embargo, aún se está en vías de demostrar que es posible almacenar CO₂ a largo plazo en ese reservorio en particular. También es necesario realizar investigaciones para determinar los efectos perjudiciales o beneficiosos en el medio ambiente y los peligros para la salud pública que podrían derivarse de una liberación no controlada en las diversas opciones de almacenamiento. Se espera que las instalaciones experimentales de captación y almacenamiento de CO₂ estén en funcionamiento para el año 2010 y que sean capaces de contribuir de manera importante a la mitigación para el año 2020. El secuestro biológico de carbono, así como la eliminación y el almacenamiento físicos, podrían complementar los esfuerzos actuales por mejorar la eficiencia, la sustitución de combustibles y el desarrollo de fuentes de energía renovables, pero deben ser capaces de competir económicamente con ellas.

En el informe se examinan las posibilidades que ofrecen las tecnologías de mitigación en este sector de reducir las emisiones de CO₂ producidas por las nuevas centrales de energía eléctrica para el año 2020. Se prevé que las turbinas de gas de ciclo combinado serán las principales proveedoras de capacidad nueva de aquí al año 2020 en todo el mundo, y serán un fuerte competidor para desplazar a las nuevas centrales eléctricas de carbón en los lugares en que sea posible obtener fuentes adicionales de gas. La energía nuclear puede reducir las emisiones si se torna políticamente aceptable, ya que puede reemplazar tanto al carbón como al gas en la producción de electricidad. La biomasa, obtenida principalmente de los desechos y de los subproductos de la agricultura y la silvicultura, y la energía eólica también son capaces de contribuir en gran medida a la mitigación para el año 2020. La energía hidroeléctrica es una tecnología establecida, y hay otras posibilidades, además de las previstas, de que contribuya a reducir las emisiones de CO₂ equivalente. Por

¹⁰ Véase que la suma de los porcentajes de cada rubro no es igual a 100%, ya que estas emisiones se han distribuido entre los cuatro sectores indicados en los párrafos precedentes.

último, si bien se espera que el costo de la energía solar disminuya considerablemente, es probable que siga siendo una opción costosa hasta el año 2020 para la generación de energía eléctrica central, pero también es probable que pueda contribuir en mayor medida a la mitigación en mercados especializados y sistemas de generación no tradicionales. La mejor opción de mitigación dependerá probablemente de las circunstancias locales, y es posible que una combinación de estas tecnologías sea capaz de reducir las emisiones de CO₂ en 350 a 700 MtC para el año 2020, en comparación con un nivel proyectado de emisiones de aproximadamente 4.000 MtC en ese sector.

3.3.7 Principales opciones de mitigación de las emisiones de hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos

El uso de HFC y, en menor grado, de PFC ha aumentado debido a que, en 1997, estas sustancias químicas reemplazaron alrededor del 8% del uso proyectado de CFC en términos de peso; en los países desarrollados, la producción de CFC y de otras sustancias agotadoras de la capa de ozono se detuvo en 1996, en cumplimiento de lo acordado en el Protocolo de Montreal, para proteger la capa de ozono estratosférico. Otro 12% de los CFC ha sido sustituido por HCFC. El 80% restante se ha eliminado gracias al control de las emisiones, la reducción de usos específicos o el empleo de otras tecnologías y líquidos, como el amoníaco, los hidrocarburos, el dióxido de carbono y el agua, y las tecnologías exentas de fluorocarbonos. La alternativa elegida para reemplazar a los CFC y a otras sustancias agotadoras de la capa de ozono varía ampliamente según las aplicaciones, que incluyen la refrigeración, la climatización de ambientes móviles y fijos, las bombas térmicas, los sistemas de suministro de aerosoles médicos y de otro tipo, los extintores de fuego y los solventes. Es importante encarar el tema de la eficiencia de la energía simultáneamente con el de la protección de la capa de ozono, sobre todo en el contexto de los países en desarrollo, donde los mercados apenas han comenzado a desarrollarse y se prevé que habrán de crecer rápidamente.

En vista de las tendencias actuales y suponiendo que no surgirán nuevos usos fuera del ámbito de sustitución de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, se proyecta que la producción de HFC será de 370 kt o de 170 MtC_{eq}/año para el año 2010, mientras que la producción de PFC será probablemente inferior a las 12 MtC_{eq}/año. Para el año 2010, las emisiones anuales son más difíciles de calcular. Es probable que el mayor volumen de emisiones corresponda a la climatización de ambientes móviles, seguida de la refrigeración comercial y la climatización de ambientes fijos. El uso de HFC en la inyección de espuma es bajo actualmente, pero si los HFC llegan a reemplazar una parte importante de los HCFC utilizados en este sector, se proyecta que su uso ascenderá a 30 MtC_{eq}/año para el año 2010, con un nivel de emisiones del orden de 5 a 10 MtC_{eq}/año.

3.4 Potencial tecnológico y económico de mitigación de los gases de efecto invernadero: Síntesis

Durante el período comprendido entre 1990 y 1998, las emisiones mundiales de GEI aumentaron en promedio a un ritmo de 1,4% anual. En muchos sectores, el progreso tecnológico relacionado con la reducción de las emisiones de GEI registrado desde el SIE ha sido de gran envergadura y más rápido de lo que se había previsto. El potencial de reducción de las emisiones de GEI a nivel mundial como consecuencia

de los adelantos tecnológicos y su puesta en práctica ascenderá a un total de 1.900 a 2.600 MtC/año para el año 2010, y de 3.600 a 5.050 MtC/año para el año 2020. Las pruebas en que se basa esta conclusión son abundantes, pero tienen varias limitaciones. Aún no se ha hecho ningún estudio amplio del potencial tecnológico a nivel mundial, y los estudios regionales y nacionales existentes tienen en general distinto alcance y parten de hipótesis diferentes con respecto a parámetros clave. Por lo tanto, las estimaciones que figuran en la Tabla RT.1 deben considerarse únicamente de carácter indicativo. Sin embargo, se puede llegar con un alto grado de confianza a la conclusión principal que figura en el párrafo precedente.

Los costos de las opciones varían de acuerdo con la tecnología y muestran diferencias regionales. La mitad de las reducciones potenciales de las emisiones se puede lograr para el año 2020, obteniendo beneficios directos (ahorros de energía) superiores a los costos directos (capital neto, gastos de funcionamiento y de mantenimiento), y la otra mitad se puede obtener a un costo neto directo de hasta 100 dólares EE.UU./tC_{eq} (a precios de 1998). Estos costos se calculan utilizando tasas de descuento de entre 5% y 12%, que concuerdan con las tasas de descuento del sector público. Las tasas de rendimiento interno privadas varían enormemente y a menudo son muy superiores, lo que influye en el índice de adopción de estas tecnologías por las empresas privadas. Según cuál sea el escenario de emisiones, esto podría permitir que las emisiones mundiales se redujeran por debajo de los niveles registrados en el año 2000 a estos costos netos directos en el período comprendido entre 2010 y 2020. Para poder lograr estas reducciones será necesario incurrir en gastos adicionales de aplicación, que en algunos casos pueden ser cuantiosos y que posiblemente requerirán políticas de apoyo (como las que se describen en la Sección 6), actividades más intensas de investigación y desarrollo y una transferencia efectiva de tecnología, y deberán superarse otros obstáculos (véase la Sección 5 para más detalles).

Hay cientos de tecnologías y prácticas capaces de reducir las emisiones de GEI en los sectores de los edificios, el transporte y la industria. Estas opciones de eficiencia energética representan más de la mitad del potencial total de reducción de las emisiones en esos sectores. El aumento de la eficiencia en el uso de materiales (incluido el reciclaje) también adquirirá mayor importancia en el largo plazo. En el sector del suministro y conversión de energía seguirán predominando los combustibles de origen fósil baratos y abundantes. Sin embargo, es posible reducir las emisiones en un alto porcentaje mediante la sustitución del carbón por el gas natural, el aumento de la eficiencia de la conversión en las centrales eléctricas, la expansión de las centrales de generación combinada distribuida en la industria, los edificios comerciales y las instituciones, y la recuperación y el secuestro de CO₂. El uso permanente de las centrales de energía nuclear (inclusive la prolongación de su período de vida) y la aplicación de fuentes de energía renovables podrían evitar algunas emisiones adicionales derivadas del uso de combustibles de origen fósil. La biomasa derivada de los subproductos y los desechos, como el gas de vertederos, son fuentes de energía potencialmente importantes que pueden complementarse con la producción de cultivos energéticos en los lugares en que se dispone de recursos hídricos y de tierra suficientes. La energía eólica y la energía hidroeléctrica también contribuirán, y en mayor medida que la energía solar, debido a sus costos relativamente altos. Ya se ha logrado reducir el N₂O y los GEI fluorados merced a importantes adelantos tecnológicos. Se han modificado los procesos, se ha mejorado el confinamiento y la recuperación y se ha puesto en práctica el uso de

compuestos y tecnologías alternativas. Existe un potencial de reducción futuro, inclusive de las emisiones relacionadas con los procesos de producción de espuma aislante y semiconductores, y de las emisiones secundarias derivadas del aluminio y el HCFC-22. El potencial de aumento de la eficiencia energética relacionada con el uso de gases fluorados tiene una magnitud similar a las reducciones de las emisiones directas. El secuestro de carbono en el suelo, el control del CH₄ entérico y las prácticas de labranza orientadas hacia la conservación pueden contribuir a mitigar las emisiones de GEI en el sector de la agricultura.

Es preciso contar con políticas adecuadas que permitan desarrollar todo este potencial. Además, se espera que las actuales actividades de investigación y desarrollo amplíen considerablemente la gama de tecnologías que ofrecen opciones de reducción de las emisiones. Será necesario seguir adelante con estas actividades de investigación y desarrollo junto con las medidas de transferencia de tecnología para que pueda hacerse realidad el potencial a largo plazo esbozado en la Tabla RT.1. Es fundamental que exista un equilibrio entre las actividades de mitigación en los distintos sectores con respecto a otros objetivos, como los relacionados con el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad.

4. El potencial tecnológico y económico de las opciones de ampliación, conservación y ordenación de los reservorios biológicos de carbono y la geoingeniería

4.1 Mitigación mediante la ordenación de las tierras y el ecosistema terrestre

Los bosques, las tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres albergan un potencial de mitigación importante, aunque a menudo temporal. La conservación y el secuestro permiten ganar tiempo mientras se perfeccionan y aplican otras opciones. En el SIE del IPCC se estimaba que alrededor de 60 a 87 GtC podrían conservarse o secuestrarse en los bosques para el año 2050, y que otras 23 a 44 GtC podrían secuestrar-

se en suelos agrícolas. La evaluación actual del potencial de las opciones de mitigación biológica es del orden de 100 GtC (acumuladas) para el año 2050, que equivale a un porcentaje de entre 10% y 20% de las emisiones proyectadas de los combustibles de origen fósil durante ese período. En esta sección se evalúan las medidas de mitigación biológica en los ecosistemas terrestres, y se centra la atención en el potencial de mitigación, las limitaciones ecológicas y ambientales, la economía y las consideraciones sociales. También se analizan brevemente las llamadas opciones de geoingeniería.

El aumento de los depósitos de carbono mediante la ordenación de los ecosistemas terrestres puede compensar sólo parcialmente las emisiones resultantes de los combustibles de origen fósil. Además, el aumento de las reservas de C puede entrañar un mayor riesgo de aumento de las emisiones de CO₂ en el futuro, si dejan de aplicarse las prácticas de conservación del C. Por ejemplo, si se suspenden las medidas de control de los incendios forestales, o se vuelve a las prácticas de labranza intensiva en la agricultura, puede perderse rápidamente al menos una parte del C acumulado en los años anteriores. En cambio, si se utiliza la biomasa como combustible o la leña para sustituir más materiales de alto consumo de energía se pueden obtener beneficios permanentes en términos de mitigación de las emisiones de carbono. Es útil evaluar las oportunidades de secuestro terrestre junto con las estrategias de reducción de las emisiones, ya que es probable que sea necesario aplicar ambos criterios para controlar los niveles de CO₂ atmosférico.

En la mayoría de los ecosistemas, los reservorios de carbono se acercarán en definitiva a un nivel máximo. La cantidad total de carbono almacenado, o de emisiones de carbono evitadas en virtud de un proyecto de ordenación forestal en un momento determinado, depende de las prácticas de ordenación específicas (véase la Figura RT.6). Por lo tanto, un ecosistema que haya perdido gran parte de su carbono a causa de acontecimientos pasados puede tener un alto índice potencial de acumulación de carbono, mientras que un ecosistema con un gran depósito de carbono tiende a tener un

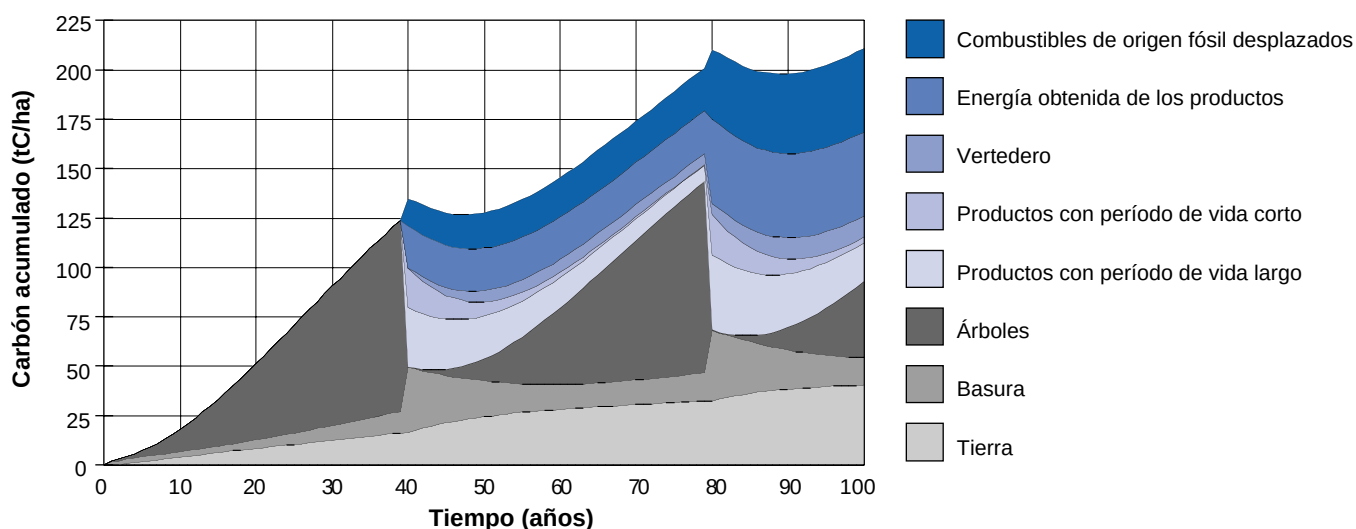


Figura RT-6: Balance de carbono en un proyecto hipotético de ordenación forestal.

Nota: La figura muestra los cambios en las reservas acumuladas de carbono en un escenario que incluye actividades de forestación y de extracción de una serie de productos forestales tradicionales, algunos de ellos utilizados como combustible. Los valores son ilustrativos de lo que podría observarse en el sureste de los EE.UU. o en Europa central. El rebrote devuelve carbono al bosque y la masa forestal (hipotética) se tala cada 40 años; queda un poco de basura en descomposición en el suelo, y los productos se acumulan o se descargan en vertederos. Se observan cambios netos, por ejemplo en el hecho de que el diagrama muestra ahorros en las emisiones de combustibles de origen fósil, en comparación con otro escenario que utiliza combustibles de origen fósil y otros productos, que consumen más energía, para prestar los mismos servicios.

índice bajo de secuestro de carbono. A medida que los ecosistemas se acercan en definitiva a su máximo nivel de depósito de carbono, la absorción (es decir, el índice de cambio del depósito) disminuye. Aunque tanto el índice de secuestro como el depósito de carbono pueden ser relativamente altos en algunos períodos, no pueden llegar a maximizarse en forma simultánea. En consecuencia, las estrategias de ordenación de un ecosistema pueden depender de si el objetivo es aumentar la acumulación a corto plazo o mantener los reservorios de carbono a lo largo del tiempo. El equilibrio que puede alcanzarse desde el punto de vista ecológico entre estos dos objetivos se ve limitado por los antecedentes en materia de perturbaciones, la productividad de cada sitio y el marco temporal de la meta que se desea alcanzar. Por ejemplo, las opciones para maximizar el secuestro para el año 2010 pueden no maximizar el secuestro para 2020 o 2050; en algunos casos, la maximización del secuestro para el año 2010 puede llevar a un menor almacenamiento de carbono a lo largo del tiempo.

Los cambios mundiales futuros repercutirán en la eficacia de las estrategias de mitigación del C y la seguridad de los depósitos ampliados de C, pero los impactos de estos cambios variarán de acuerdo con la región geográfica, el tipo de ecosistema y la capacidad de adaptación local. Por ejemplo, el aumento del CO₂ atmosférico, los cambios climáticos, la modificación de los ciclos de los nutrientes y las alteraciones de los regímenes (ya se trate de perturbaciones inducidas por factores naturales o por el ser humano) pueden tener efectos negativos o positivos en los depósitos de C de los ecosistemas terrestres.

Anteriormente, la ordenación de las tierras a menudo permitió reducir los depósitos de C, pero en muchas regiones, como en Europa occidental, los depósitos de C se han estabilizado y han comenzado a recuperarse. En la mayoría de los países de las regiones templadas y boreales los bosques se están multiplicando, aunque los depósitos actuales de C siguen siendo más reducidos que en la era preindustrial o en épocas prehistóricas. Si bien es improbable que se recuperen totalmente los depósitos prehistóricos de C, es posible que se registren aumentos sustanciales en las reservas de carbono. Las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas sugieren que el valor medio del aumento neto anual superó las actividades de desmonte en los bosques boreales y templados sujetos a ordenación a principios del decenio de 1990. Por ejemplo, las reservas de C en forma de biomasa de árboles vivos han aumentado en 0,17 GtC/año en los EE.UU. y 0,11 GtC/año en Europa occidental, absorbiendo alrededor del 10% de las emisiones mundiales de CO₂ de origen fósil en ese período. Si bien estas estimaciones no tienen en cuenta los cambios en los desechos y los suelos, indican que las superficies continentales desempeñan un papel significativo y cambiante en el balance del carbono atmosférico. El aumento de estos depósitos de carbono ofrece oportunidades potencialmente importantes de mitigación del cambio climático.

Sin embargo, en algunos países tropicales, la pérdida neta media de las reservas de carbono de los bosques continúa, si bien el índice de deforestación puede haber disminuido levemente durante el último

decenio. En las tierras agrícolas se dispone hoy en día de opciones para recuperar parcialmente el C perdido durante la conversión de bosques o tierras de pastizales.

4.2 Consideraciones sociales y económicas

La tierra es un recurso valioso y limitado que se utiliza para muchos fines en cada país. La relación entre las estrategias de mitigación del clima y otros usos de la tierra puede ser una relación de competencia, neutral o simbiótica. Un análisis de la bibliografía sugiere que las estrategias de mitigación del C pueden aplicarse como parte de una serie de estrategias más amplias destinadas a lograr el desarrollo sostenible, en las que el aumento de las reservas de C es apenas uno entre muchos otros objetivos. A menudo se pueden adoptar medidas en el ámbito de la forestación, la agricultura y otros usos de la tierra para permitir la mitigación del C y, al mismo tiempo, promover también otras metas sociales, económicas y ambientales. La mitigación del carbono puede añadir valor a la ordenación de las tierras y el desarrollo rural y generar ingresos adicionales. Las soluciones y los objetivos locales pueden adaptarse a las prioridades del desarrollo sostenible en los planos nacional, regional y mundial.

Un factor clave para lograr que las actividades de mitigación del C sean eficaces y sostenibles es equilibrarlas con otros objetivos ecológicos o ambientales, económicos y sociales del uso de la tierra. Muchas estrategias de mitigación biológica pueden ser neutrales o favorables a los tres objetivos y aceptarse como soluciones “sin pesar” o soluciones “en las que todos ganan”. En otros casos puede ser necesario adoptar soluciones de compromiso. Entre los posibles impactos ambientales importantes cabe mencionar los efectos en la diversidad biológica, los efectos en la cantidad y la calidad de los recursos hídricos (particularmente cuando son escasos) e impactos a largo plazo en la productividad de los ecosistemas. Los impactos ambientales, económicos y sociales acumulados podrían evaluarse en proyectos individuales y también desde una perspectiva más amplia, nacional e internacional. Una cuestión importante es la “fuga”—un depósito de carbono ampliado o conservado en un lugar, que provoca un aumento de las emisiones en todos los demás lugares. La aceptación social a nivel local, nacional y mundial también puede influir en la eficacia de la aplicación de las políticas de mitigación.

4.3 Opciones de mitigación

En las regiones tropicales hay grandes oportunidades de mitigación del C, aunque no pueden considerarse en forma independiente de las políticas más amplias en los sectores de la silvicultura, la agricultura y otros. Además, las opciones varían de acuerdo con las circunstancias sociales y económicas: en algunas regiones, la principal oportunidad de mitigación consiste en desacelerar o detener la deforestación; en otras regiones, donde las tasas de deforestación se han reducido a niveles mínimos, el mejoramiento de las prácticas de ordenación de los bosques naturales, la forestación y la reforestación de bosques degradados y tierras áridas son las oportunidades más atractivas. Sin embargo, la capacidad de mitigación¹¹ actual suele ser escasa y no siempre se dispone de tierra y agua en cantidades suficientes.

11 Capacidad de mitigación: estructuras y condiciones sociales, políticas y económicas necesarias para una mitigación eficaz.

Los países no tropicales también tienen oportunidades de mantener los actuales depósitos de C, aumentar los depósitos de C o utilizar biomasa para compensar el uso de combustibles de origen fósil. Cabe citar como ejemplos de estrategias el control de los incendios o de los insectos, la conservación de los bosques, la plantación de especies de rápido crecimiento, la modificación de las prácticas de silvicultura, la plantación de árboles en zonas urbanas, el mejoramiento de las prácticas de gestión de desechos, la ordenación de las tierras agrícolas para almacenar más C en el suelo, el mejoramiento de la ordenación de las tierras de pastoreo y la replantación de gramíneas o árboles en tierras cultivadas.

La madera y otros productos biológicos desempeñan varias funciones importantes en la mitigación del carbono: actúan como un reservorio de carbono; pueden sustituir materiales de construcción que suponen un mayor consumo de combustibles de origen fósil, y pueden quemarse en lugar de los combustibles fósiles para obtener una fuente de energía renovable. Los productos de la madera ya contribuyen en cierta medida a la mitigación del cambio climático, pero si pudieran desarrollarse las infraestructuras y los incentivos necesarios, la madera y los productos agrícolas podrían convertirse en un elemento fundamental de una economía sostenible, ya que están entre los pocos recursos renovables disponibles en gran escala.

4.4 Criterios de selección de las opciones de mitigación biológica del carbono

A fin de formular estrategias que permitan mitigar el CO₂ atmosférico y promover otros objetivos igualmente importantes, conviene considerar los siguientes criterios:

- contribuciones potenciales a los depósitos de C a lo largo del tiempo;
- sostenibilidad, seguridad, adaptabilidad, permanencia y solidez del depósito de C mantenido o creado;
- compatibilidad con otros objetivos de uso de la tierra;
- las “fugas” y otras cuestiones adicionales;
- costo económico;
- impactos ambientales que no sean la mitigación del clima;
- cuestiones sociales, culturales e intersectoriales, así como consideraciones de equidad; y
- los efectos a nivel de todo el sistema de las corrientes de C en el sector de la energía y los materiales.

Hay actividades realizadas con otros fines que pueden contribuir a la mitigación. Un ejemplo evidente es la disminución de las tasas de deforestación en las regiones tropicales. Además, como los países ricos tienen en general un patrimonio forestal estable, podría argumentarse que el desarrollo económico está vinculado a las actividades que incrementan los reservorios de carbono en los bosques.

4.5 Costo económico

La mayoría de los estudios sugieren que el costo económico de algunas opciones de mitigación biológica del carbono, particularmente las opciones relacionadas con la silvicultura, es bastante modesto en sus diversos valores. Los costos de la mitigación biológica calculados hasta el presente varían considerablemente, entre 0,1 dólares EE.UU./tC y

aproximadamente 20 dólares EE.UU./tC en varios países tropicales, y entre 20 dólares EE.UU. y 100 dólares EE.UU./tC en países no tropicales. Además, en muchos casos los cálculos de costos no abarcan, entre otras cosas, el costo de la infraestructura, los descuentos, los gastos de vigilancia, de reunión e interpretación de datos, los costos de oportunidad de la tierra y los gastos de mantenimiento, u otros costos periódicos que a menudo se excluyen o se pasan por alto. El límite inferior del margen de variación está sesgado hacia abajo, pero la comprensión y el tratamiento de los costos ha venido mejorando con el tiempo. Además, en muchos casos las actividades de mitigación biológica pueden tener otros efectos positivos, como la protección de los bosques tropicales o la plantación de nuevos bosques con efectos ambientales externos positivos. Sin embargo, los costos aumentan a medida que se ejercen más opciones de mitigación biológica y a medida que aumentan los costos de oportunidad de la tierra. El costo de la mitigación biológica parece ser más bajo en los países en desarrollo y más alto en los países desarrollados. Si las actividades de mitigación biológica son modestas, es probable que las “fugas” sean pequeñas. Sin embargo, la cantidad de fugas podría aumentar si las actividades de mitigación biológica fueran de gran envergadura y generalizadas.

4.6 Los ecosistemas marinos y la geoingeniería

Los ecosistemas marinos también pueden ofrecer posibilidades de eliminar CO₂ de la atmósfera. Sin embargo, las reservas permanentes de C en la biosfera marina son muy pequeñas, y los esfuerzos podrían concentrarse, no en incrementar las reservas biológicas de C sino en utilizar los procesos biosféricos para eliminar C de la atmósfera y transportarlo a las profundidades del océano. Se han realizado algunos experimentos iniciales, pero aún quedan por resolver algunas cuestiones fundamentales en cuanto a la permanencia y la estabilidad de la eliminación del C, y acerca de las consecuencias no deseadas de las manipulaciones en gran escala que se requieren para lograr un impacto considerable en la atmósfera. Además, aún no se han determinado los aspectos económicos de tales métodos.

La geoingeniería se refiere a los esfuerzos por estabilizar el sistema climático mediante el manejo directo del balance energético de la Tierra, superando así el efecto invernadero acentuado. Si bien parecen haber posibilidades de manipular con técnicas de ingeniería el balance energético de la Tierra, la comprensión humana del sistema es aún rudimentaria. El riesgo de que se produzcan consecuencias imprevistas es alto, y tal vez ni siquiera sea posible manipular la distribución regional de la temperatura, las precipitaciones, etc. La geoingeniería plantea interrogantes científicos y técnicos, y también muchas cuestiones éticas, jurídicas y de equidad. Aun así, parece oportuno hacer algunas investigaciones básicas.

En la práctica, para el año 2010, la mitigación en el uso de la tierra, los cambios en el uso de la tierra y las actividades de silvicultura puede traer aparejada una gran mitigación de las emisiones de CO₂. Muchas de estas actividades son compatibles con otros objetivos de la ordenación de las tierras, o los complementan. Los efectos generales de la alteración de los ecosistemas marinos para que funcionen como sumideros de carbono, o de la aplicación de la tecnología de geoingeniería en la mitigación del cambio climático, siguen siendo inciertos; por lo tanto, estos métodos aún no están listos para ser aplicados en el corto plazo.

5. Obstáculos, oportunidades y potencial de mercado de las tecnologías y prácticas

5.1 Introducción

La transferencia de tecnologías y prácticas que tienen potencial para reducir las emisiones de GEI suele verse dificultada por obstáculos¹² que retrasan su penetración. La oportunidad¹³ de mitigar las concentraciones de GEI eliminando o modificando esos obstáculos o acelerando de algún otro modo la difusión de tecnología puede considerarse dentro de un marco de diferentes potenciales de mitigación de GEI (Figura RT.7). A partir de la base, podemos imaginar que afrontamos obstáculos (a los que suele denominarse fallas del mercado) relativos a los mercados, las políticas públicas y otras instituciones que inhiben la difusión de tecnologías que son (o están previstas como) rentables para los usuarios, sin referencia a beneficio alguno que puedan generar con respecto a los GEI. Mejorar esta clase de “imperfecciones del mercado e institucionales” aumentaría la mitigación de GEI hacia el nivel llamado “potencial económico”. El potencial económico representa el nivel de mitigación de GEI que podría alcanzarse si se implantaran todas las tecnologías que son rentables desde el punto de vista de los consumidores. Como el potencial económico se evalúa desde el punto de vista del consumidor, evaluaríamos la eficacia en función de los costos usando los precios de mercado y la tasa privada de descuento temporal y también tendríamos en cuenta las preferencias de los consumidores acerca de la aceptabilidad de las características de rendimiento de las tecnologías.

Por supuesto, la eliminación de todos esos obstáculos del mercado e institucionales no produciría la difusión de tecnología en el nivel del “potencial técnico”. Conviene reunir los demás obstáculos, que definen la brecha entre el potencial económico y el potencial técnico, en dos grupos separados por un potencial socioeconómico. El primer grupo consiste en los obstáculos derivados de las preferencias de la gente y otros obstáculos sociales y culturales para la difusión de nuevas tecnologías. Es decir, que aunque se eliminen los obstáculos del mercado e institucionales, quizás no puedan utilizarse ampliamente algunas tecnologías de mitigación de GEI, simplemente porque a la gente no le gustan, porque es demasiado pobre para permitírselo o porque las fuerzas sociales y culturales existentes operan contra su aceptación. Si además de los obstáculos del mercado e institucionales dominantes pudiese superarse este segundo grupo de obstáculos, alcanzaríamos lo que denominamos “potencial socioeconómico”. El potencial socioeconómico representa, pues, el nivel de mitigación de GEI que se alcanzaría superando los obstáculos sociales y culturales al empleo de tecnologías que son eficaces en función de los costos.

Por último, aunque se eliminaran todos los obstáculos del mercado, institucionales, sociales y culturales, tal vez no pudiesen usarse ampliamente algunas tecnologías por el simple hecho de que son demasiado costosas. Por lo tanto, la eliminación de este requisito nos llevaría al nivel del “potencial tecnológico”, el grado máximo tecnológicamente factible de mitigación de GEI mediante la difusión de tecnología.

Surge la cuestión de cómo tratar los costos ambientales relativos de diferentes tecnologías dentro de este marco. Como la finalidad del ejercicio consiste en última instancia en identificar oportunidades para políticas mundiales de cambio climático, los potenciales tecnológicos se definen sin referencia a los impactos de los GEI. Los costos y beneficios asociados con otros impactos ambientales formarían parte del cálculo de rentabilidad que sustenta el potencial económico, sólo en la medida en que las reglamentaciones o políticas ambientales existentes internalicen esos efectos y los impongan, por lo tanto, a los consumidores. Las repercusiones más amplias podrían ser ignoradas por los consumidores, de modo que no entrarían en la determinación del potencial económico, pero serían incorporadas en un cálculo de la rentabilidad social. De modo que, en la medida en que otros beneficios ambientales hagan socialmente rentables algunas tecnologías, aunque no sean rentables desde el punto de vista de un consumidor, los beneficios de la difusión de esas tecnologías en cuanto a los GEI se incorporarían al potencial socioeconómico.

5.2 Fuentes de obstáculos y oportunidades

La innovación tecnológica y social es un proceso complejo de investigación, experimentación, aprendizaje y desarrollo que puede contribuir a la mitigación de los GEI. Se han formulado varias teorías y modelos para comprender sus características, motores e implicaciones. Pueden surgir nuevos conocimientos y capital humano a partir de gastos en IyD, mediante aprendizaje experimental y/o un proceso evolutivo. La mayoría de las innovaciones requieren algún cambio social o de comportamiento por parte de los usuarios. Las economías en rápida evolución, así como las estructuras sociales e institucionales, ofrecen oportunidades de inserción a tecnologías de mitigación de GEI que pueden llevar a los países por vías de desarrollo sostenible. Esas vías estarán sujetas a la influencia de determinado contexto socioeconómico que reflejará los precios, la financiación, el comercio internacional, la estructura del mercado, las instituciones, el suministro de información y factores sociales, culturales y de comportamiento, cuyos elementos clave se describen a continuación.

Las *condiciones macroeconómicas inestables* aumentan el riesgo para la inversión privada y la financiación. Una política gubernamental de empréstito y fiscal errónea conduce a déficit públicos crónicos y escasa liquidez en el sector privado. Los gobiernos pueden crear también incentivos microeconómicos perversos estimulando la búsqueda de ingresos y la corrupción, en vez de un uso eficiente de los recursos. Los obstáculos comerciales que favorecen las tecnologías ineficientes o impiden el acceso a la tecnología extranjera retrasan la difusión tecnológica. La ayuda condicionada sigue dominando la asistencia oficial para el desarrollo. Distorsiona la eficacia de la selección de tecnología y puede excluir modelos comerciales viables.

Las *instituciones de financiación comercial* afrontan grandes riesgos al desarrollar productos financieros “verdes”. Las tecnologías ecológicamente racionales, con proyectos relativamente pequeños y prolongados períodos de reembolso, desaniman a los bancos con sus

12 Un obstáculo es toda obstrucción para alcanzar un potencial que puede superarse mediante una política, un programa o una medida.

13 Una oportunidad es una situación o circunstancia para reducir la brecha entre el potencial de mercado de una tecnología o práctica y el potencial económico, socioeconómico o tecnológico.

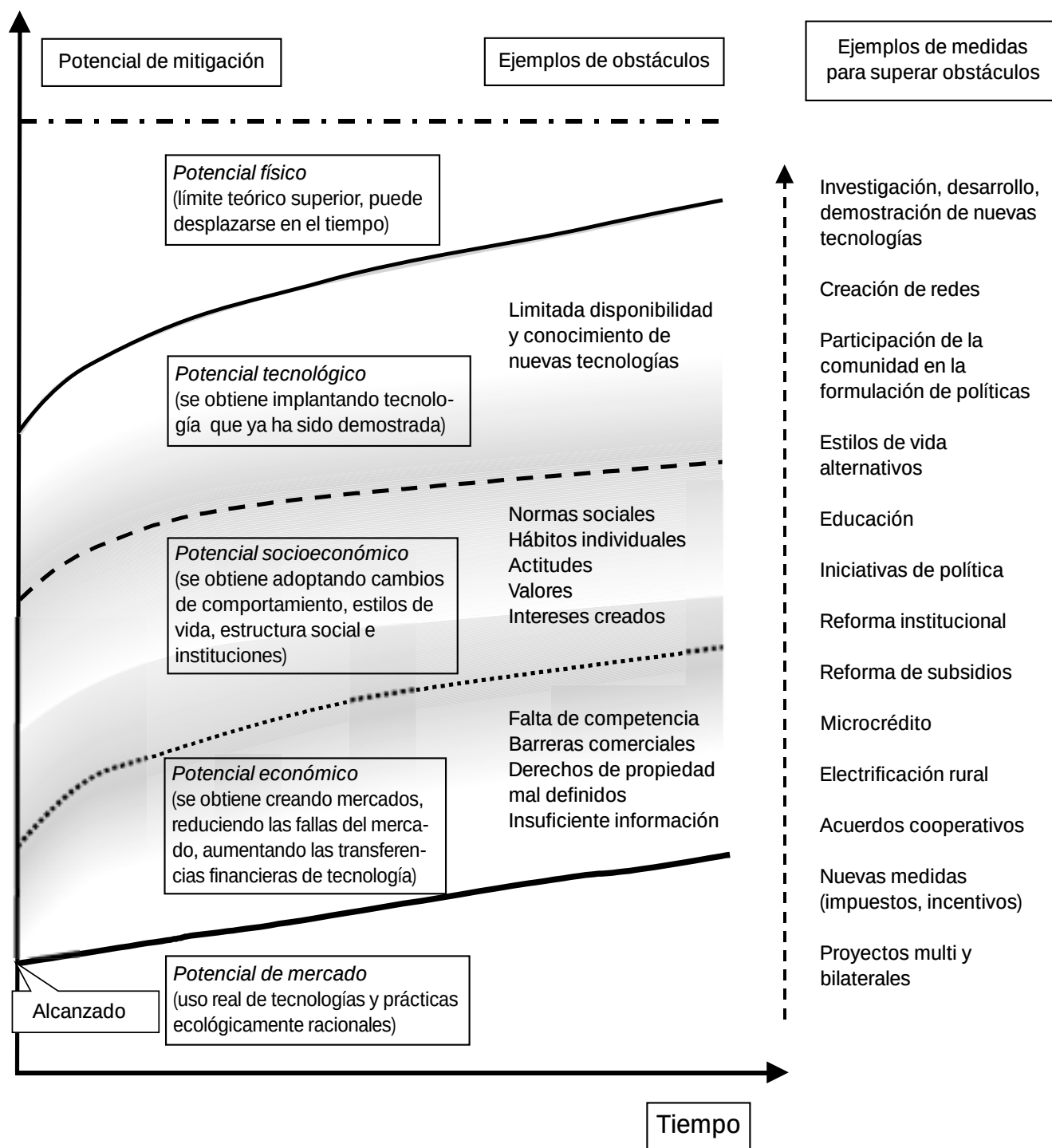


Figura RT-7: Penetración de tecnologías ecológicamente racionales; marco conceptual.

elevados costos de transacción. El reducido valor de garantía hace difícil usar instrumentos financieros, como la financiación de proyectos. Entre los enfoques innovadores en el sector privado para encarar estas cuestiones, cabe señalar el arrendamiento con opción a compra, los bancos ambientales y éticos, los microcréditos o las facilidades de pequeñas subvenciones destinadas a familias de bajos ingresos, los fondos ambientales, las empresas de servicios eléctricos (ESCO) y el capital de riesgo ecológico. La industria de los seguros ya ha comenzado a reaccionar ante los riesgos de cambio climático. Nuevas

instituciones financieras “verdes”, como los fondos de inversión en silvicultura, han aprovechado las oportunidades del mercado trabajando para captar los valores de los bosques permanentes.

Los *precios distorsionados o incompletos* también son obstáculos importantes. La falta de un precio de mercado para determinados impactos (factores externos), como el daño ambiental, constituye un obstáculo para la difusión de tecnologías ecológicamente ventajosas. La distorsión de los precios debida a los impuestos, subsidios u otras

intervenciones de política que encarecen o abaratan el consumo de recursos para los consumidores, también obstruyen la difusión de tecnologías conservadoras de recursos.

Algunos *factores externos a la red* pueden generar obstáculos. Ciertas tecnologías funcionan de modo que el equipo de un usuario determinado interactúa con el equipo de otros usuarios para crear “factores externos a la red”. Por ejemplo, el atractivo de los vehículos que emplean combustibles alternativos depende de la disponibilidad de sitios de reabastecimiento convenientes. En otro sentido, el desarrollo de una infraestructura de distribución de combustible depende de que exista una demanda de vehículos impulsados por combustible alternativo.

Pueden resultar *incentivos erróneos* entre propietarios e inquilinos cuando el inquilino es responsable del costo mensual del combustible y/o la electricidad y el propietario está dispuesto a proporcionar el equipo de mínimo costo inicial sin tener en cuenta su consumo mensual de energía. Se tropieza con problemas semejantes cuando las empresas adquieren vehículos para uso de sus empleados.

Intereses creados: un obstáculo importante para la difusión de los progresos técnicos reside en los intereses creados de quienes se especializan en tecnologías convencionales y por lo tanto, estarían tentados de conspirar y ejercer presión política sobre los gobiernos para imponer procedimientos administrativos, impuestos, obstáculos comerciales y reglamentos para demorar o incluso impedir la llegada de innovaciones que podrían destruir sus ingresos.

La *falta de organismos reguladores eficaces* es un obstáculo para la introducción de tecnologías ecológicamente racionales. Muchos países cuentan con excelentes disposiciones constitucionales y jurídicas de protección ambiental, pero que no se hacen cumplir. Sin embargo, la “regulación oficiosa” por presión comunitaria, por ejemplo de organismos no gubernamentales (ONG), sindicatos, organizaciones vecinales, etc., puede sustituir la falta de presión reguladora oficial.

La *información* suele ser considerada como un *bien público*. La información general acerca de la disponibilidad de diferentes clases de tecnologías y de sus características de rendimiento puede tener los atributos de un “bien público” y por lo tanto puede estar subprovisionada por el mercado privado. Este problema se exagera por el hecho de que aún después de que una tecnología esté instalada y se esté utilizando, suele ser difícil cuantificar las economías de energía que resultan de su instalación, debido a errores de medición y a la dificultad de problemas de referencia básica. Sólo saber que se mantendrá esta incertidumbre puede ser suficiente para inhibir la difusión de la tecnología.

Los *estilos de vida, comportamientos y pautas de consumo actuales* se han desarrollado dentro de los contextos socioculturales actuales e históricos. Pueden producirse cambios en las conductas y los estilos de vida, como resultado de varios procesos entrelazados, tales como:

- la evolución científica, tecnológica y económica;
- la evolución de los puntos de vista y el discurso público predominantes en el mundo;
- los cambios en las relaciones entre instituciones, las alianzas políticas o las redes de actores;

- los cambios en las estructuras o relaciones sociales dentro de las empresas y las familias; y
- los cambios en la motivación psicológica (p.ej., conveniencia, prestigio social, carrera, etc.).

Los obstáculos asumen diversas formas en asociación con cada uno de los procesos citados.

En algunas situaciones, la elaboración de políticas se basa en un modelo de psicología humana que ha sido ampliamente criticado. Se presume que las personas aspiran racionalmente a maximizar su bienestar y tienen una escala de valores determinados. Ese modelo no explica procesos como el aprendizaje, la creación de hábitos, la formación de valores o la limitada racionalidad observada en las elecciones humanas. Las estructuras sociales pueden afectar el consumo, por ejemplo, mediante la asociación de objetos con la condición y la clase. La adopción por las personas de pautas de consumo más sostenibles depende no sólo de la correlación entre esas pautas y las necesidades que perciben, sino también de la medida en que comprenden sus opciones de consumo y son capaces de elegir.

Incertidumbre. Otro obstáculo importante es la incertidumbre. Tal vez un consumidor no esté seguro acerca de los futuros precios de la energía, y por lo tanto, de los futuros ahorros de energía. Puede haber incertidumbre también acerca de la generación siguiente del equipo: ¿aparecerá el año siguiente un modelo más barato o mejor? Al adoptar decisiones prácticas, suele haber un obstáculo asociado con la cuestión del costo oculto y las vidas prolongadas de la infraestructura, y las correspondientes irreversibilidades de las inversiones en capital de infraestructura no fungible.

5.3 Obstáculos y oportunidades específicos de determinados sectores y tecnologías

En las secciones siguientes, se describen obstáculos y oportunidades particulares para cada sector de mitigación (véase también la Tabla RT.2).

Edificios: los pobres en todos los países están afectados por muchos más obstáculos en este sector que los ricos, por el insuficiente acceso a la financiación, los bajos índices de alfabetización, la adhesión a costumbres tradicionales y la necesidad de dedicar una fracción superior de su ingreso a satisfacer necesidades básicas, incluso la compra de combustibles. Otros obstáculos en este sector son la falta de formación y los obstáculos sociales, los incentivos erróneos, la estructura del mercado, la lenta renovación de existencias, los precios fijados administrativamente y la información imperfecta. Un diseño integral de los edificios para la construcción residencial permitiría ahorrar entre 40 y 60% en energía, lo cual reduciría a su vez el costo de vida (Sección 3.3.4).

Las *políticas*, programas y medidas para eliminar obstáculos y reducir los costos de la energía, el uso de energía y las emisiones de carbono en los edificios residenciales y comerciales entran en diez categorías generales: programas voluntarios, normas de eficiencia edilicia, normas de eficiencia de equipos, programas de transformación del mercado estatal, financiación, compras gubernamentales, créditos fiscales, planificación energética (producción, distribución y uso final), e IyD

acelerados. Se reconoce ampliamente que la financiación de créditos accesibles en África es una de las medidas críticas para eliminar el obstáculo del alto costo inicial. La mala gestión macroeconómica prisionera de las condiciones económicas inestables suele conducir a una represión financiera y a obstáculos más elevados. Como pueden observarse simultáneamente muchos obstáculos diversos en la cadena de innovación de una inversión o medida organizativa eficiente en el uso de la energía, las medidas de política tienen que aplicarse principalmente como un paquete para realizar el potencial económico de una tecnología determinada.

Transporte: el automóvil ha llegado a ser percibido ampliamente en las sociedades modernas como un medio de libertad, movilidad y seguridad, un símbolo de la condición e identidad personales, y como uno de los productos más importantes de la economía industrial. Varios estudios han comprobado que las personas que viven en las ciudades más densas y compactas dependen menos de los automóviles, pero no es fácil, ni siquiera tomando en cuenta los problemas de congestión, motivar el desplazamiento de la dispersión suburbana hacia las ciudades compactas, como se propugna en cierta bibliografía. Un enfoque integral de la planificación de la ciudad y el transporte y el uso de incentivos son clave para la eficiencia y el ahorro energéticos en el sector del transporte. Este es un aspecto en el que son muy importantes los efectos de bloqueo: cuando se ha optado por esquemas en el uso de la tierra, es muy difícil volver atrás. Esto representa una oportunidad, en especial para el mundo en desarrollo.

Los impuestos sobre el combustible para transporte se aplican corrientemente, pero han demostrado ser muy impopulares en algunos países, especialmente cuando se perciben como medidas para recaudar ingresos. Los derechos impuestos a los usuarios de caminos han sido aceptados cuando se afectan para cubrir los costos del suministro de transporte. Aunque los camiones y automóviles pueden estar sujetos a diferentes obstáculos y oportunidades debido a sus diferencias en cuanto a finalidad de uso y distancia de los viajes, una política tributaria que evalúe el costo total de las emisiones de GEI produciría un impacto semejante sobre las reducciones de CO₂ en el transporte vial. En varios estudios se ha explorado el potencial para ajustar el modo en que se recaudan los impuestos camineros, los derechos de permiso de conducir y las primas de seguros, y se han encontrado reducciones potenciales de emisiones del orden del 10% en los países de la OCDE. El insuficiente desarrollo y suministro de sistemas de transporte masivo conveniente y eficaz alientan el uso de más vehículos particulares que consumen energía. Es la combinación de políticas que protegen los intereses del transporte vial, sin embargo, lo que plantea el mayor obstáculo para el cambio, más que cualquier tipo individual de instrumento.

Los vehículos nuevos y usados y/o sus tecnologías afluyen, sobre todo, de los países desarrollados a los países en desarrollo. Por lo tanto, un enfoque global para reducir las emisiones que se oriente a la tecnología en los países desarrollados tendría un impacto importante sobre las futuras emisiones de los países en desarrollo.

Industria: en la industria, los obstáculos pueden adoptar muchas formas y están determinados por las características de la firma (tamaño y estructura) y por el ámbito empresarial. A menudo no se toman medidas rentables de eficiencia energética como resultado de la falta de

información y de los altos costos de transacción para obtener información fidedigna. El capital se usa para otras prioridades de inversión en competitividad y está expuesto a altas tasas de rendimiento mínimo para las inversiones orientadas a la eficiencia energética. La falta de personal competente, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), acarrea dificultades para instalar nuevos equipos eficientes en cuanto a la energía, comparados con la sencillez de comprar energía. Otros obstáculos son la dificultad de cuantificar los ahorros de energía y la lenta difusión de la tecnología innovadora en los mercados, a la vez que las empresas por lo general no invierten bastante en IyD, a pesar de los altos índices de rendimiento sobre la inversión.

Se ha usado y probado un amplio conjunto de políticas para reducir los obstáculos o la percepción de obstáculos en el sector industrial en los países desarrollados, con éxito diverso. Se conciben programas de información para ayudar a los consumidores de energía a comprender y emplear tecnologías y prácticas para usar más eficazmente la energía. Ciertas formas de legislación ambiental han sido un impulso para adoptar nuevas tecnologías. Entre los nuevos enfoques para mejorar la eficiencia energética industrial en los países desarrollados figuran los acuerdos voluntarios (AV).

En el *sector de suministro de energía*, virtualmente todos los obstáculos generales citados en la Sección 5.2 restringen la introducción de tecnologías y prácticas ecológicamente racionales. La creciente desregulación del suministro de energía, a la vez que lo hace más eficiente, ha suscitado especiales inquietudes. Los precios de entrega inmediata y de contrato volátiles, la perspectiva a corto plazo de los inversores privados y los riesgos que se advierten en las plantas nucleares e hidroeléctricas, han desplazado la elección de combustible y tecnologías hacia las plantas de gas natural y petróleo, alejándola de la energía renovable, incluso —en menor grado— de la energía hidroeléctrica, en muchos países.

La cogeneración o producción combinada de energía y calefacción (CEC) es mucho más eficaz que la producción de energía para cada uno de esos usos por separado. La implantación de CEC está estrechamente vinculada con la disponibilidad y densidad de las cargas térmicas industriales y las redes distritales de calefacción y refrigeración. Pero su implantación se ve obstruida por la falta de información, el carácter descentralizado de la tecnología, la actitud de los distribuidores, los términos de la conexión de distribución y la falta de políticas que fomenten la planificación a largo plazo. Se requieren una política pública y autoridades normativas firmes para instalar y salvaguardar condiciones armónicas, la transparencia y la separación de las principales funciones del suministro de energía.

Agricultura y silvicultura: la falta de suficiente capacidad de investigación y prestación de servicios de extensión dificultará la difusión de tecnologías adaptadas a las condiciones locales, y el decadente sistema del Grupo consultivo sobre investigación agrícola internacional (CGIAR) ha exacerbado el problema en el mundo en desarrollo. La adopción de nueva tecnología está limitada por el tamaño de las granjas pequeñas, las restricciones del crédito, el temor al riesgo, la falta de acceso a la información y de capital humano, la insuficiente infraestructura rural y los arreglos de tenencia de la tierra, y el suministro incierto de insumos complementarios. Los subsidios a insumos críticos

para la agricultura, como los abonos, el abastecimiento de agua, la electricidad y los combustibles, y a los productos para mantener sistemas agrícolas estables y una distribución equitativa de la riqueza, distorsionan los mercados de estos productos.

Entre las medidas para encarar los obstáculos citados, cabe mencionar:

- la expansión del crédito y de los planes de ahorro;
- los desplazamientos en la financiación internacional de la investigación hacia la eficiencia en el uso del agua, el diseño del riego, la gestión del riego, la adaptación a la salinidad y el efecto de los niveles más altos de CO₂ sobre los cultivos tropicales;
- el mejoramiento de la seguridad alimentaria y de los sistemas de pronto aviso en casos de desastres;
- el desarrollo de vínculos institucionales entre los países; y
- la racionalización de los precios de los insumos y productos de materias primas agrícolas, tomando en cuenta las cuestiones de DES.

El sector de la silvicultura afronta una regulación del uso de la tierra y otras políticas macroeconómicas que suelen favorecer la conversión a otros usos de la tierra, como la agricultura, la ganadería y la industria urbana. Los regímenes poco seguros de tenencia de la tierra y los derechos de tenencia y subsidios que favorecen la agricultura o la ganadería son algunos de los obstáculos más importantes para asegurar la gestión sostenible de los bosques, así como la sostenibilidad de la disminución del carbono. En relación con la mitigación del cambio climático, plantean difíciles retos otras cuestiones como la falta de capacitación técnica, la falta de credibilidad para fijar bases de referencia para los proyectos y la supervisión de las existencias de carbono.

Gestión de desechos: la eliminación y el tratamiento de los desechos sólidos y las aguas residuales representan alrededor del 20 % de las emisiones de metano de origen humano. Las principales obstáculos a la transferencia de tecnología en este sector incluyen la limitada capacidad financiera e institucional, la complejidad jurisdiccional y la necesidad de participación comunitaria. Los proyectos de mitigación del cambio climático afrontan otros obstáculos, resultantes de la escasa familiaridad con la captura de CH₄ y el potencial de generación de electricidad, la renuencia a comprometer más capacidad humana en la mitigación climática y la mayor complejidad institucional que suponen no sólo el tratamiento de los desechos, sino también la generación y el suministro de energía. La falta de marcos normativos y de inversión claros puede plantear importantes desafíos para la preparación de proyectos.

Para superar las obstáculos y aprovechar las oportunidades en materia de gestión de desechos, es necesario tener un enfoque multi-proyectos, entre cuyos componentes figuran los siguientes:

- construcción de bases de datos sobre la disponibilidad de desechos, sus características, distribución, accesibilidad, prácticas actuales de utilización y/o tecnologías de eliminación, y su viabilidad económica;
- un mecanismo institucional para la transferencia de tecnología mediante un programa coordinado con intervención de instituciones de IyD, organismos de financiación y la industria; y
- definir la función de los interesados, entre ellos las autoridades locales, los propietarios de casas particulares, las industrias, las instituciones de IyD y el gobierno.

Consideraciones regionales: cambiar las pautas mundiales ofrece una oportunidad para introducir tecnologías y prácticas de mitigación de GEI compatibles con los objetivos de DES. Una cultura de subsidios a la energía, inercia institucional, mercados de capital fragmentados, intereses creados, etc., sin embargo, presenta obstáculos importantes para su implantación y puede haber cuestiones particulares en los países en desarrollo y en los de economías en transición. Las situaciones en esos dos grupos de países requieren un análisis más cuidadoso de los obstáculos y oportunidades comerciales, institucionales, financieras y de ingresos, los precios distorsionados y las lagunas en la información. En los países desarrollados, otros obstáculos, como los esquemas actuales de estilo de vida y consumo con intenso gasto de carbono, estructuras sociales, aspectos externos de la red e incentivos engañosos, ofrecen oportunidades de intervención para controlar el aumento de las emisiones de GEI. Por último, las tecnologías nuevas y usadas fluyen sobre todo de los países desarrollados a los países en desarrollo y en transición. Un enfoque mundial para reducir las emisiones que apunte a la tecnología transferida de los países desarrollados a los países en desarrollo podría tener una incidencia importante sobre las futuras emisiones.

6. Políticas, medidas e instrumentos

6.1 Instrumentos de política y posibles criterios para su evaluación

El objetivo de esta sección consiste en examinar los principales tipos de políticas y medidas que pueden usarse para aplicar opciones con el fin de mitigar las concentraciones netas de GEI en la atmósfera. Para mantenernos dentro del alcance definido de este informe, no se examinan las políticas y medidas que pueden usarse para implantar o reducir los costos de adaptación al cambio climático. Se exponen y evalúan instrumentos de política alternativos en términos de criterios específicos, todo ello a base de la bibliografía más reciente. Existe, naturalmente, cierto énfasis en los instrumentos mencionados en el Protocolo de Kioto (los mecanismos de Kioto), porque son nuevos y se concentran en fijar límites a las emisiones de GEI, y la medida en que se prevé su aplicación internacional no tiene precedentes. Además de las dimensiones económicas, se examinan elementos de economía política, jurídicos e institucionales, mientras son pertinentes para el análisis de esas políticas y medidas.

Todo país individual puede elegir entre un gran conjunto de políticas, medidas e instrumentos posibles, que comprenden (en orden arbitrario): impuestos a las emisiones, al carbono o la energía, permisos negociables, subsidios, sistemas de reintegro de depósitos, acuerdos voluntarios, permisos no negociables, normas de tecnología y de rendimiento, prohibiciones de productos y gastos directos del gobierno, incluso inversión en IyD. Del mismo modo, un grupo de países que quiera limitar sus emisiones colectivas de GEI podría convenir en implantar uno o varios de los siguientes instrumentos (en orden arbitrario): cuotas negociables, implantación conjunta, mecanismo de desarrollo limpio, emisiones armonizadas o impuestos al carbono o a la energía, un impuesto internacional a las emisiones, al carbono o a la energía, cuotas no negociables, normas internacionales sobre tecnología y productos, acuerdos voluntarios y transferencias internacionales directas de recursos financieros y tecnología.

Entre los posibles criterios para evaluar los instrumentos de política cabe señalar: la eficacia ambiental; la eficacia en función de los costos; consideraciones de distribución, entre ellas la preocupación por la competencia; la factibilidad administrativa y política; las rentas del gobierno; los efectos económicos más amplios, incluso las implicaciones para las reglas del comercio internacional; los efectos ambientales más amplios, incluso el derrame de carbono; y los efectos sobre los cambios de actitud, la sensibilización, el aprendizaje, la innovación, el progreso técnico y la difusión de la tecnología. Cada gobierno puede aplicar diferentes pesos a los diversos criterios cuando evalúa las opciones de política de mitigación de GEI, según las circunstancias en los niveles nacional y sectorial. Además, un gobierno puede aplicar diferentes conjuntos de pesos a los criterios cuando evalúa los instrumentos de política nacional (interior) frente a los internacionales. Las medidas coordinadas podrían ayudar a afrontar las inquietudes de competitividad, los conflictos potenciales con las normas del comercio internacional y el derrame de carbono.

La bibliografía económica sobre la selección de políticas adoptadas ha puesto de relieve la importancia de las presiones de los grupos de interés, concentrándose en la demanda de regulación. Pero ha tendido a descuidar el “lado oferta” de la ecuación política, destacado en la bibliografía de la ciencia política: los legisladores y el gobierno y los funcionarios de los partidos que conciben y aplican la política normativa, y que en última instancia deciden qué instrumentos o combinación de instrumentos se utilizará. Sin embargo, es probable que el punto de conformidad de los instrumentos de política alternativos, que se apliquen a los usuarios o a los fabricantes de combustibles de origen fósil, por ejemplo, sea políticamente crucial para la elección del instrumento de política. Y una perspectiva clave es que algunas formas de regulación pueden en realidad beneficiar a la industria regulada, por ejemplo, limitando la entrada en la industria o imponiendo costos más elevados a los recién llegados. Una política que imponga costos a la industria en general podría todavía tener el apoyo de las firmas que estuviesen en mejor situación que sus competidores. Las firmas reguladas, por supuesto, no son el único grupo interesado en la regulación: los grupos de intereses opuestos pelearán por sus propios intereses.

6.2 Políticas, medidas e instrumentos nacionales

En el caso de los países en proceso de una reforma estructural, es importante comprender el contexto de la nueva política para formular evaluaciones razonables de la factibilidad de implantar políticas de mitigación de los GEI. Medidas recientes adoptadas para liberalizar los mercados de la energía se han inspirado en su mayor parte en el deseo de aumentar la competencia en los mercados de la energía y la electricidad, pero también pueden tener importantes implicaciones para las emisiones, por su impacto en los patrones de producción y tecnología del suministro de energía o electricidad. A la larga, el cambio en los patrones de consumo podría ser más importante que la sola implantación de medidas de mitigación del cambio climático.

Los instrumentos basados en el mercado —principalmente, los impuestos internos y los sistemas de permisos negociables nacionales— serán atractivos para los gobiernos en muchos casos, porque son eficaces. Frecuentemente, serán introducidos de concierto con medidas reguladoras convencionales. Cuando se aplica un impuesto interior sobre las

emisiones, los responsables de la política deben considerar el punto de recaudación, la base fiscal, la variación entre sectores, la relación con el comercio, el empleo, los ingresos, y la forma exacta del mecanismo. Cada uno de esos factores puede influir en el diseño apropiado de un impuesto interno sobre las emisiones, y es probable que desempeñen también algún papel las inquietudes políticas o de otra índole. Por ejemplo, un impuesto aplicado sobre el contenido de energía de los combustibles podría ser mucho más costoso que un impuesto sobre el carbono para una reducción equivalente de las emisiones, porque un impuesto sobre la energía eleva el precio de todas las formas de energía, sin tener en cuenta su contribución a las emisiones de CO₂. Y sin embargo, muchas naciones pueden optar por usar los impuestos sobre la energía por otras razones que la rentabilidad, y gran parte del análisis de esta sección se aplica a los impuestos sobre la energía tanto como a los impuestos sobre el carbono.

Un país empeñado en limitar sus emisiones de GEI puede también obtener ese límite implantando un sistema de permisos negociables que limite directa o indirectamente las emisiones de fuentes internas. Al igual que un impuesto, un sistema de permisos negociables plantea varias cuestiones de concepción, entre ellas el tipo de permiso, el modo de asignar los permisos, las fuentes incluidas, el punto de conformidad y el empleo de bancos. La posibilidad de cubrir todas las fuentes con un solo régimen de permisos nacionales es improbable. La certidumbre que aporta un sistema de permisos negociables de lograr un nivel determinado de emisiones para las fuentes participantes se obtiene a costa de la incertidumbre en los precios de los permisos (y por lo tanto, de los costos de la conformidad). Para resolver esta inquietud, podría adoptarse una política híbrida que ponga un tope a los costos de conformidad, pero ya no estaría garantizado el nivel de las emisiones.

Por diversas razones, en la mayoría de los países la gestión de las emisiones de GEI no se encarará con un solo instrumento de política, sino con una cartera de instrumentos. Además de una o más políticas orientadas por el mercado, una cartera debería incluir normas y otras reglamentaciones, acuerdos voluntarios y programas de información:

- las normas sobre eficiencia energética han sido eficaces para reducir el uso de energía en un número creciente de países. Pueden ser especialmente eficaces en muchos países en que la capacidad de administrar instrumentos de mercado es relativamente limitada, de manera que ayuden a desarrollar esa infraestructura administrativa. Para que mantengan su eficacia, es necesario actualizarlas. El principal inconveniente de las normas es que pueden ser ineficaces, pero la eficiencia puede mejorarse si la norma se concentra en los resultados deseados y deja la mayor flexibilidad posible en la elección de los medios para obtener los resultados.
- los acuerdos voluntarios (AV) pueden adoptar diversas formas. Quienes proponen los AV señalan los bajos costos de transacción y elementos de consenso, mientras los escépticos insisten en el riesgo de la extensión de beneficios automáticos y en el riesgo de que el sector privado no busque una verdadera reducción de las emisiones, a falta de supervisión y cumplimiento obligatorio. A veces, los acuerdos voluntarios preceden la introducción de medidas más estrictas.
- suele admitirse ampliamente que la información imperfecta es una falla clave del mercado, que puede tener efectos importantes sobre una mejor eficiencia energética y por lo tanto sobre las

emisiones. Entre los instrumentos de información, hay que señalar la caracterización ecológica, las auditorías de energía y los requisitos de notificación industrial, y las campañas de información son elementos de comercialización en muchos programas con eficiencia energética.

Una bibliografía en aumento ha demostrado teóricamente y con modelos de simulación numérica que la economía de encarar objetivos de descontaminación de GEI con instrumentos de política interior depende categóricamente de la elección de esos instrumentos. Las políticas basadas en los precios tienden a provocar costos de mitigación marginales positivos y totales positivos. En cada caso, es importante la interacción de esos costos de descontaminación con la estructura tributaria existente, y en términos más generales, con los factores de precios existentes. Las políticas basadas en los precios que generan ingresos pueden ir acompañadas de medidas para mejorar la eficiencia del mercado. Sin embargo, suele seguir siendo decisiva la función de las políticas sin precios, que afectan el signo del cambio en el precio unitario de los servicios de energía.

6.3 Políticas y medidas internacionales

Pasando a las políticas y medidas internacionales, el Protocolo de Kioto define tres instrumentos de política internacional, los llamados mecanismos de Kioto: el comercio de emisiones internacionales (CEI), la implantación conjunta (IC) y el mecanismo de desarrollo limpio (MDL). Cada uno de estos instrumentos de política internacional ofrece oportunidades para que las Partes en el Anexo I cumplan con sus compromisos de manera eficaz en función de los costos. El CEI permitiría esencialmente a las Partes en el Anexo I intercambiar parte de los niveles permitidos de emisiones nacionales que se les han asignado (metas). El CEI implica que los países con elevados costos marginales de descontaminación (CMD) puedan adquirir unidades de reducción de emisiones de países con bajos CMD. Igualmente, la IC permitiría a las Partes que figuran en el Anexo I intercambiar unidades de reducción entre sí, proyecto por proyecto. En virtud del MDL, las Partes en el Anexo I recibirían créditos —proyecto por proyecto— por las reducciones cumplidas en países no incluidos en el Anexo I.

Los análisis económicos indican que los mecanismos de Kioto podrían reducir considerablemente el costo general de cumplir con los compromisos de limitación de las emisiones contraídos en Kioto. Sin embargo, para obtener los potenciales de economía de costos se requiere la adopción de políticas internas que permitan a las entidades individuales utilizar los mecanismos para cumplir con sus obligaciones en materia de limitación de las emisiones nacionales. Si las políticas interiores limitan el uso de los mecanismos de Kioto, o las normas internacionales que rigen los mecanismos limitan su empleo, pueden reducirse las economías de costos.

En el caso de la IC, los gobiernos anfitriones tienen incentivos para asegurar que las unidades de reducción de emisiones (URE) se emitan sólo para reducciones reales de emisiones, suponiendo que afronten severas sanciones por incumplimiento de los compromisos nacionales de limitación de emisiones. En el caso del MDL, es fundamental un proceso de certificación independiente de las reducciones de emisiones, porque los gobiernos anfitriones no tienen compromisos de

limitación de emisiones y por lo tanto pueden tener menos incentivos para asegurar que sólo se emiten certificados de reducción de emisiones (CRE) para las reducciones reales de emisiones. La principal dificultad para implantar un mecanismo basado en los proyectos, tanto de IC como de MDL, consiste en determinar la reducción de emisiones adicionales netas (o el aumento de absorción) obtenidos; la definición de la situación inicial puede ser extremadamente compleja. Varios otros aspectos de los mecanismos de Kioto aguardan decisiones adicionales, entre ellos: los procedimientos de supervisión y verificación, la suplementaridad financiera (garantía de que los proyectos de MDL no desplazarán las corrientes tradicionales de asistencia para el desarrollo) y los posibles medios de normalizar las metodologías para determinar las situaciones iniciales de proyecto.

La medida en que las Partes que son países en desarrollo (no incluidos en el Anexo I) llevarán a la práctica efectivamente sus compromisos en virtud de la CMCC puede depender, entre otras cosas, de la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales (TER).

6.4 Aplicación de instrumentos de política nacional e internacional

Todo instrumento de política internacional o interior sólo puede ser efectivo si está acompañado por sistemas adecuados de supervisión y obligación del cumplimiento. Existe un vínculo entre el cumplimiento de conformidad y la cantidad de cooperación internacional que se sustentará realmente. Muchos acuerdos ambientales multilaterales hacen referencia a la necesidad de coordinar las restricciones sobre el comportamiento adoptadas en cumplimiento de las obligaciones que allí se imponen y del régimen jurídico en expansión bajo la égida de la OMC y/o el GATT. Ni en la CMCC ni en el Protocolo de Kioto se prevén actualmente medidas concretas de comercio en respuesta al incumplimiento. Pero varias políticas y medidas internas que podrían desarrollarse y aplicarse conjuntamente con el Protocolo de Kioto podrían entrar en conflicto con disposiciones de la OMC. Las diferencias internacionales en la regulación ambiental pueden tener repercusiones sobre el comercio.

Una de las principales preocupaciones en los acuerdos ambientales (comprendidos la CMCC y el Protocolo de Kioto) ha sido la de obtener una participación más amplia. La bibliografía sobre los acuerdos ambientales internacionales predice que esa participación será incompleta y que quizá sean necesarios algunos incentivos para aumentar la participación (véase también la Sección 10).

7. Métodos de cálculo de costos

7.1 Base conceptual

Usar los recursos para mitigar los gases de efecto invernadero (GEI) genera costos de oportunidad que debería considerarse que ayudan a adoptar decisiones políticas razonables. Las medidas adoptadas para reducir las emisiones de GEI o para aumentar los sumideros de carbono desvían recursos de otros usos alternativos. Al evaluar los costos de esas medidas, debería tenerse en cuenta idealmente el valor total que otorga la sociedad a los bienes y servicios postergados por la derivación de recursos hacia la protección del clima. En algunos

casos, la suma de los beneficios y los costos será negativa, lo cual significa que la sociedad saldrá ganando al emprender las medidas de mitigación.

En esta sección se tratan las cuestiones metodológicas que surgen al estimar los costos monetarios del cambio climático. El enfoque se centra en la evaluación correcta de los costos de las medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI. La evaluación de los costos y los beneficios debería basarse en un marco analítico sistemático para asegurar la comparabilidad y transparencia de los cálculos. Un marco bien elaborado evalúa los costos como cambios en el bienestar social basados en valores individuales. Esos valores individuales se reflejan en la voluntad de pagar (VDP) por las mejoras o en la voluntad de aceptar (VDA) una compensación. De estas medidas de valores pueden derivarse medidas tales como los excedentes sociales ganados o perdidos por una política, los costos totales de los recursos y los costos de oportunidad.

Si bien las medidas en que se basa el bienestar tienen límites y el uso de valores monetarios sigue siendo motivo de controversia, se adopta el punto de vista de que los métodos para “convertir” insumos no incluidos en el mercado en términos monetarios proporciona valiosa información a los responsables de políticas. Deberían adoptarse esos métodos cuando y donde sea apropiado. También se considera útil complementar esta metodología de costos basados en el bienestar con una evaluación más amplia que incluya las dimensiones de equidad y sostenibilidad de las políticas de mitigación del cambio climático. En la práctica, el desafío consiste en formular una definición coherente y amplia de los impactos clave que hay que medir.

Una crítica frecuente de este método de cálculo de costos es que no es equitativo, ya que concede mayor peso a los “ricos”. Esto se debe, típicamente, a que una persona rica tiene más VDP o VDA que una persona menos rica, y de ahí que las elecciones que se hagan reflejen más las preferencias de los más ricos. Esta crítica es válida, pero no hay ningún método coherente y congruente de evaluación que pueda sustituir al existente en su totalidad. Las inquietudes, por ejemplo, acerca de la equidad pueden encararse junto con la estimación del costo básico. Los costos estimados son un fragmento de información en el proceso de toma de decisiones para el cambio climático que puede complementarse con otra información sobre otros objetivos sociales, por ejemplo los impactos sobre los participantes clave y la satisfacción de objetivos en cuanto a la pobreza.

En esta sección se pasa revista a la metodología de cálculo de costos y se tratan las cuestiones que se plantean al usar esos métodos.

7.2 Enfoques analíticos

La evaluación de costos es un aporte a una o más normas para la adopción de decisiones, comprendidos el análisis de costo-beneficio (ACB), el análisis de costo-eficacia (ACE) o rentabilidad y el análisis de atributos múltiples. Los enfoques analíticos difieren principalmente con respecto al modo de seleccionar, especificar y evaluar los objetivos del marco de toma de decisiones. Algunos objetivos de las políticas de mitigación pueden especificarse en unidades económicas (p.ej., los costos y beneficios medidos en unidades monetarias) y otros en unidades físicas (p.ej., la cantidad de contaminantes dispersos en toneladas de CO₂). En la práctica, sin embargo, el desafío consiste en

formular una definición coherente y amplia de cada impacto importante que debe medirse.

7.2.1. Co-beneficios y costos, y beneficios y costos subsidiarios

En la bibliografía se emplean varias expresiones para describir los beneficios y costos asociados que surgen conjuntamente con las políticas de mitigación de GEI. Por ejemplo: co-beneficios, beneficios subsidiarios, beneficios laterales, beneficios secundarios, beneficios colaterales y beneficios asociados. En esta exposición, el término “co-beneficios” se refiere a los beneficios ajenos al clima que se derivan de las políticas de mitigación de GEI incorporadas explícitamente a la creación inicial de políticas de mitigación. De modo que el término co-beneficios refleja que la mayoría de las políticas concebidas para encarar la mitigación de GEI también tienen otras justificaciones, a menudo por lo menos igualmente importantes, que intervienen en la adopción de esas políticas (p.ej., relacionadas con objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad). En cambio, la expresión beneficios subsidiarios connota los efectos secundarios o laterales de las políticas de mitigación del cambio climático sobre problemas que surgen posteriormente a cualquier política de mitigación de GEI propuesta.

Las políticas destinadas a mitigar los GEI, como ya se ha declarado, pueden aportar otros beneficios y costos sociales (aquí llamados subsidiarios o co-beneficios y costos), y en varios estudios empíricos se ha hecho una tentativa preliminar por evaluar esos impactos. Es evidente que la magnitud actual de los beneficios subsidiarios o co-beneficios evaluados críticamente depende de la estructura del escenario del análisis, en particular de los supuestos acerca de la gestión de las políticas en el caso de referencia. Esto implica que el hecho de que se incluya o no un impacto determinado depende del objetivo principal del programa. Además, algo que se percibe como un programa de reducción de GEI desde una perspectiva internacional puede verse, desde una perspectiva nacional, como algo en que los contaminantes locales y los GEI son igualmente importantes.

7.2.2. Costos de implantación

Todas las políticas de cambio climático necesitan algunos costos de implantación, es decir, los costos de cambiar las normas y regulaciones existentes, asegurarse de que estará disponible la infraestructura necesaria, capacitando y educando a quienes deberán aplicar la política, así como a los afectados por las medidas, etc. Desgraciadamente, esos costos no están totalmente cubiertos en los análisis de costos convencionales. Los costos de implantación, en este contexto, están destinados a reflejar los aspectos institucionales más permanentes de poner en marcha un programa y son diferentes de los costos considerados convencionalmente como costos de transacción. Estos últimos, por definición, son costos transitorios. Es necesario realizar una considerable labor para cuantificar los programas institucionales y otros costos de los programas, de modo que las cifras notificadas sean una mejor representación de los verdaderos costos en que se incurrirá si los programas se implantan realmente.

7.2.3. Descuentos

En términos generales, existen dos enfoques de los descuentos: un enfoque ético o prescriptivo basado en qué tasas de descuento deberían

aplicarse, y un enfoque descriptivo, basado en qué tasas de descuento aplica realmente la gente (tanto ahorristas como inversores) en sus decisiones cotidianas. Para el análisis de la mitigación, el país debe basar sus decisiones, por lo menos parcialmente, en tasas de descuento que reflejen el costo de oportunidad del capital. En los países desarrollados, probablemente se justificarían tasas del orden del 4% al 6%. La tasa podría ser de 10–12% o incluso más alta en los países en desarrollo. Es más que un desafío sostener que los proyectos de mitigación del cambio climático deberían afrontar tasas diferentes, salvo que el proyecto de mitigación sea de muy larga duración. En la bibliografía se observa una creciente atención a las tasas que se reducen con el tiempo y por lo tanto se da más peso a los beneficios que se producen a largo plazo. Adviértase que esas tasas no reflejan las tasas de ganancia privadas, que típicamente pueden ser superiores para justificar un proyecto, de alrededor del 10–25%.

7.2.4. Los costos de adaptación y mitigación y el nexo entre ellos

Si bien la mayoría de la gente reconoce que las opciones de adaptación afectan los costos de la mitigación, con frecuencia no se encara este aspecto obvio al formular políticas sobre el clima. La política es fragmentada: se considera que la mitigación se ocupa del cambio climático y la adaptación es un medio de reaccionar ante los riesgos naturales. Habitualmente, la mitigación y la adaptación se modelan por separado como una simplificación necesaria para ganar tracción sobre una cuestión inmensa y compleja. En consecuencia, los costos de las medidas de reducción del riesgo se calculan con frecuencia separadamente y por lo tanto cada medida resulta potencialmente tendenciosa. Comprender esto sugiere que merece la pena prestar más atención a la interacción de mitigación y adaptación, y a su ramificación empírica, aunque la incertidumbre acerca de la naturaleza y la oportunidad de los impactos, incluso las sorpresas, restringirá la medida en que pueden internalizarse plenamente los costos asociados.

7.3 Las fronteras del sistema: análisis de proyecto, sectorial y macroeconómico

Los investigadores distinguen entre los análisis de proyecto, de sector y a escala de la economía. El análisis en el nivel de proyecto considera una inversión “autónoma” que se supone tiene impactos secundarios insignificantes sobre los mercados. Entre los métodos empleados para este nivel se cuentan el ACB, el ACE y el análisis de ciclo de vida. El análisis en el nivel de sector examina las políticas sectoriales en un contexto de “equilibrio parcial”, en el cual se supone que todas las demás variables son exógenas. El análisis a escala de la economía explora cómo afectan las políticas a todos los sectores y mercados, usando diversos modelos macroeconómicos y de equilibrio general. Existe una compensación entre el nivel de detalle en la evaluación y la complejidad del sistema considerado. En esta sección se presentan algunos de los supuestos clave que se formulan en el análisis de costos.

Para una evaluación efectiva de las opciones de mitigación del cambio climático se requiere una combinación de diferentes enfoques de modelización. Por ejemplo, se ha combinado una evaluación de proyecto detallada con un análisis más general de los impactos sectoriales, así como estudios macroeconómicos de impuestos sobre el carbono con la modelización sectorial de programas más amplios de inversión en tecnología.

7.3.1. Situaciones iniciales

El caso inicial de referencia, que por definición indica las emisiones de GEI en caso de no aplicarse las intervenciones sobre el cambio climático que se están estudiando, es crítico para evaluar los costos de la mitigación del cambio climático. Esto se debe a que la definición del escenario inicial determina el potencial de futuras reducciones de las emisiones de GEI, así como los costos de implantar esas políticas de descontaminación. El escenario inicial tiene también varios supuestos implícitos importantes acerca de las futuras políticas económicas en los niveles macroeconómico y sectorial, entre ellos la estructura sectorial, la intensidad de los recursos, los precios y por lo tanto la opción tecnológica.

7.3.2. Consideración de opciones sin pesar

Las opciones sin pesar son, por definición, medidas para reducir las emisiones de GEI que tienen costos netos negativos. Los costos netos son negativos porque esas opciones generan beneficios directos o indirectos, como los resultantes de reducciones en fallas del mercado, dobles dividendos mediante reciclaje de ingresos y beneficios subsidiarios, lo suficientemente amplios como para compensar los costos de implantar las opciones. La cuestión sin pesar refleja supuestos concretos acerca del funcionamiento y la eficiencia de la economía, especialmente la existencia y estabilidad de una función de bienestar social, basada en un concepto de costo social:

- la disminución de las fallas del mercado o institucionales existentes y de otros obstáculos que obstruyen la adopción de medidas eficaces en función de los costos de reducción de las emisiones, puede reducir los costos privados en comparación con la práctica actual. Eso puede reducir los costos privados en general.
- un doble dividendo relacionado con el reciclaje del ingreso por impuestos sobre el carbono, de modo que compense los impuestos distorsivos.
- beneficios y costos subsidiarios (o impactos subsidiarios), que pueden ser sinergias o trueques en los casos en que la reducción de las emisiones de GEI tengan impactos conjuntos sobre otras políticas ambientales (o sea, relativas a la contaminación de la atmósfera local, la congestión urbana o la degradación de la tierra y de los recursos naturales).

Las imperfecciones del mercado

La existencia de un potencial sin pesar implica que el mercado y las instituciones no se comportan perfectamente, por imperfecciones del mercado tales como la falta de información, señales de distorsión en los precios, la falta de competencia y/o fallas institucionales relativas a una regulación inadecuada, una descripción insuficiente de los derechos de propiedad, sistemas fiscales que provocan distorsiones y la limitación de los mercados financieros. La reducción de las imperfecciones del mercado sugiere la posibilidad de identificar e implantar políticas que puedan corregir esas fallas del mercado e institucionales sin incurrir en costos superiores a los beneficios obtenidos.

El doble dividendo

El potencial de un doble dividendo dimanante de las políticas de mitigación del clima se ha estudiado ampliamente en los años noventa.

Además del objetivo principal de mejorar el medio ambiente (el primer dividendo), esas políticas, si se aplican mediante instrumentos generadores de ingresos como los impuestos sobre el carbono o los permisos de emisión subastados, rinden un segundo dividendo, que puede ser aplicado para compensar los costos brutos de esas políticas. Todas las políticas nacionales sobre GEI tienen un costo económico indirecto por las interacciones de los instrumentos de política con el sistema fiscal, pero en el caso de las políticas generadoras de ingresos este costo queda compensado en parte (o más que compensado) si, por ejemplo, el ingreso se usa para reducir los impuestos distorsivos. Que esas políticas generadoras de ingresos puedan reducir distorsiones en la práctica, depende de que los ingresos puedan ser “reciclados” o no a la reducción de impuestos.

Beneficios y costos subsidiarios (impactos subsidiarios)

Más arriba se ha dado la definición de impactos subsidiarios. Como se señaló allí, pueden ser tanto positivos como negativos. Es importante reconocer que no pueden establecerse los costos brutos y netos de la mitigación como simple suma de los impactos positivos y negativos, porque estos últimos están enlazados de modo muy complejo. Los costos de la mitigación del cambio climático (tanto los costos brutos como los netos) sólo son válidos en relación con una amplia estructura de escenario específico y supuestos de política.

La existencia de potenciales sin pesar es una condición necesaria, pero no suficiente, para la implantación potencial de esas opciones. La implantación real también requiere la elaboración de una estrategia de política que sea lo bastante compleja y amplia como para afrontar esas fallas y obstáculos del mercado e institucionales.

7.3.3. Flexibilidad

Para una gran variedad de opciones, los costos de la mitigación dependen del marco normativo que adopten los gobiernos nacionales para reducir los GEI. En general, cuanto más flexibilidad permita el marco, menores serán los costos de obtener una reducción determinada. Más flexibilidad y más socios comerciales pueden reducir los costos. Cabe esperar lo contrario si las normas son inflexibles y hay pocos socios comerciales. La flexibilidad puede medirse como la capacidad de reducir las emisiones de carbono al costo mínimo, tanto a escala nacional como internacional.

7.3.4 Cuestiones de desarrollo, equidad y sostenibilidad

Las políticas de mitigación del cambio climático implantadas a nivel nacional tendrán repercusiones, en la mayoría de los casos, sobre el desarrollo económico y social a corto plazo, la calidad del medio ambiente local y la equidad intrageneracional. Las evaluaciones del costo de la mitigación que siguen esta línea pueden encarar esos impactos basándose en un marco de toma de decisiones que incluye varios impactos secundarios del objetivo de la política de reducción de las emisiones de GEI. Esa evaluación apunta a informar a los responsables de tomar decisiones acerca del modo de adoptar con eficacia diferentes objetivos de política, dadas las prioridades de equidad y otras limitaciones para la política (recursos naturales, objetivos ambientales). Varios estudios internacionales han aplicado un amplio marco de toma de decisiones de ese tipo a la evaluación de las implicaciones para el desarrollo de los proyectos de MDL.

Existen varias conexiones clave entre las cuestiones del costo de la mitigación y los impactos más amplios para el desarrollo de las políticas, comprendidos los impactos macroeconómicos, la creación de empleos, la inflación, los costos marginales de los fondos públicos, la disponibilidad de capital, los efectos derivados y el comercio.

7.4. Cuestiones especiales relativas a los países en desarrollo y aquellos con economías en transición

Hay varias cuestiones especiales relativas al uso de la tecnología que deberían ser estudiadas para los países en desarrollo como los determinantes críticos para su potencial de mitigación del cambio climático y los costos correspondientes. Entre ellas, los niveles actuales de desarrollo tecnológico, las cuestiones de transferencia de tecnología, la capacidad de innovación y difusión, las obstáculos para un empleo eficiente de la tecnología, la estructura institucional, aspectos de la capacidad humana y las ganancias en el cambio de divisas.

Es necesario fortalecer los estudios sobre el cambio climático en los países en desarrollo y aquellos con economías en transición, en términos de metodología, datos y marcos de política. Aunque no es posible una uniformación de los métodos, para lograr una comparación de los resultados que tenga sentido es fundamental usar metodologías, perspectivas y escenarios de políticas coherentes en las diferentes naciones.

Se sugieren las siguientes modificaciones a los enfoques convencionales:

- deberían analizarse vías de desarrollo alternativas con diferentes pautas de inversión en infraestructura, riego, combinación de combustibles y políticas de uso de la tierra.
- los estudios macroeconómicos deberían considerar los procesos de transformación del mercado en los mercados de capital, de trabajo y de energía.
- deberían incluirse las transacciones de los sectores informal y tradicional en las estadísticas macroeconómicas nacionales. El valor del consumo de energía no comercial y del trabajo no retribuido de las tareas domésticas para la acumulación de energía no comercial es muy importante y es necesario considerarlo explícitamente en el análisis económico.
- deberían considerarse explícitamente los costos de eliminar los obstáculos del mercado.

7.5. Enfoques de modelización de la evaluación de los costos

La modelización de las estrategias de mitigación del clima es compleja y se han aplicado varias técnicas de modelización, entre ellas los modelos de insumo-producto, los modelos macroeconómicos, los modelos de equilibrio general computable (CGE) y los modelos basados en el sector de la energía. También se han elaborado modelos híbridos para brindar más detalle sobre la estructura de la economía y del sector de la energía. El uso apropiado de esos modelos depende del tema de la evaluación y de la disponibilidad de datos.

Como se ha expuesto en la Sección 6, las principales categorías de las políticas de mitigación del cambio climático comprenden: políticas orientadas por el mercado, políticas orientadas por la tecnología, políticas voluntarias y políticas de investigación y desarrollo. Las

políticas de mitigación del cambio pueden incluir los cuatro elementos de políticas citados. Sin embargo, la mayoría de los enfoques analíticos sólo consideran alguno de los cuatro elementos. Los modelos económicos, por ejemplo, evalúan sobre todo las políticas orientadas por el mercado y en algunos casos las políticas tecnológicas, principalmente las relativas a las opciones de suministro de energía, mientras que los enfoques de ingeniería se concentran sobre todo en las políticas tecnológicas del lado de la oferta y la demanda. Ambos enfoques son relativamente débiles en la representación de las políticas de investigación y desarrollo y de acuerdos voluntarios.

8. Los costos mundiales, regionales y nacionales y los beneficios subsidiarios

8.1. Introducción

La CMCC (Artículo 2) tiene como objetivo último “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”.¹⁴ Además, en la Convención (Artículo 3.3) se declara 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”.¹⁵ En esta sección se informa sobre la bibliografía acerca de los costos de las políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero en los niveles nacional, regional y mundial. Se notifican las ganancias o pérdidas de bienestar netas, incluso (cuando están disponibles) los beneficios subsidiarios de las políticas de mitigación. En estos estudios se emplea la gama completa de instrumentos analíticos descritos en el capítulo anterior. Estos van de los modelos inductivos (de lo particular a lo general) tecnológicamente detallados a modelos deductivos globales (de lo general a lo particular), que vinculan al sector de la energía con el resto de la economía.

8.2. Costos brutos de la reducción de GEI en modelos de tecnología detallada

En los modelos y enfoques “de lo particular a lo general” de tecnología detallada, el costo de la mitigación se deriva de la suma de costos tecnológicos y de combustible, tales como: costos de inversión, funcionamiento y mantenimiento, compra de combustible, pero también (y esta es una tendencia reciente) los ingresos y costos de las importaciones y exportaciones.

Los modelos pueden ordenarse según dos ejes de clasificación. Primero, van de los simples cálculos de ingeniería-economía efectuados

tecnología por tecnología a modelos integrales de equilibrio parcial de sistemas completos de energía. En segundo término, van del cálculo estricto de los costos técnicos directos de la descontaminación a la consideración del comportamiento observado de adopción de tecnologías por los mercados y de las pérdidas de bienestar debidas a la demanda de reducciones y a las ganancias y pérdidas de ingresos debidas a los cambios en el comercio.

Esto lleva a contrastar dos enfoques generales, a saber: el enfoque de ingeniería-economía y la modelización del equilibrio con costo mínimo. En el primer enfoque, se evalúa independientemente cada tecnología mediante una contabilidad de sus costos y ahorros. Una vez estimados esos elementos, puede calcularse un costo unitario para cada medida y cada medida puede ordenarse según sus costos. Este enfoque es muy útil para señalar los potenciales de reducciones de costos negativas debido a la ‘brecha de eficiencia’ entre las mejores tecnologías disponibles y las tecnologías utilizadas actualmente. Pero su limitación más importante es que los estudios descuidan o no tratan de manera sistemática la interdependencia de las diversas medidas bajo examen.

Los modelos de costo mínimo de equilibrio parcial han sido contruidos para remediar este defecto, considerando todas las medidas simultáneamente y seleccionando el paquete de medidas óptimo en todos los sectores y en todas las épocas. Estos estudios más integrales llegan a la conclusión de costos totales de la mitigación de GEI superiores a los estudios estrictos tecnología por tecnología. A partir de un marco de optimización, dan resultados muy fácilmente interpretables comparando una respuesta óptima con una situación de referencia óptima; sin embargo, su limitación es que raramente calibran el año de base del modelo con la situación no óptima existente e implícitamente suponen una referencia óptima. En consecuencia, no aportan información acerca de los potenciales de costos negativos.

Desde la publicación del SIE, los enfoques de lo particular a lo general han producido abundantes nuevos resultados, tanto para países del Anexo I como otros no incluidos en el Anexo I, así como para grupos de países. Además, han extendido su alcance mucho más allá de los clásicos cómputos de costos de descontaminación directa, incluyendo los efectos de la demanda y algunos efectos comerciales.

Sin embargo, los resultados de la modelización muestran considerables variaciones de un estudio a otro, que se explican por varios factores, algunos de los cuales reflejan las condiciones muy diferentes que prevalecen en los países estudiados (p.ej., la dotación de recursos energéticos, el crecimiento económico, la intensidad de la energía, la estructura industrial y comercial) y otros debidos a los supuestos de la modelización y a los supuestos acerca de los potenciales de costos negativos.

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

15 “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, tomando 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.”

Pero, como en el SIE, existe acuerdo sobre un potencial sin pesar que resulta de la reducción de las imperfecciones existentes en el mercado, la consideración de beneficios subsidiarios y la inclusión de dobles dividendos. Esto significa que pueden realizarse algunas medidas de mitigación con costos negativos. El potencial sin pesar se debe a las imperfecciones existentes en el mercado o institucionales, que impiden que se adopten medidas de reducción de emisiones eficaces en función de los costos. La cuestión clave es si esas imperfecciones pueden ser eliminadas mediante medidas de política que sean eficaces en función de los costos.

El segundo mensaje importante de política es que los costos marginales de la descontaminación a corto y mediano plazo, que rigen la mayor parte de los impactos macroeconómicos de las políticas sobre el clima, son muy sensibles a la incertidumbre en cuanto a los escenarios de referencia (índice de crecimiento e intensidad energética) y a los costos técnicos. Aun con opciones de costos negativos importantes, los costos marginales pueden aumentar rápidamente más allá de cierto nivel de mitigación previsto. Este riesgo es mucho menor en los modelos que permiten el comercio de carbono. A largo plazo, este riesgo se reduce, ya que el cambio tecnológico rebaja la pendiente de las curvas de costos marginales.

8.3 Costos de la política nacional para mitigar las emisiones de carbono

Particularmente importante para determinar los costos brutos de la mitigación es la magnitud de las reducciones de emisiones requeridas para cumplir con una meta determinada, de modo que la situación inicial de las emisiones es un factor crítico. El índice de aumento del CO₂ depende del índice de aumento del PIB, del índice de reducción del uso de energía por unidad de producción y del índice de reducción de las emisiones de CO₂ por unidad de uso de energía.

En un proyecto de comparación multimodelos en el que intervinieron más de una docena de equipos de modelización a escala internacional, se han examinado los costos brutos de cumplir con el Protocolo de Kioto, usando modelos del sector energético. Se aplican impuestos sobre el carbono para reducir las emisiones y el ingreso tributario es una suma global reciclada. La magnitud del impuesto sobre el carbono ofrece una indicación aproximada de la cantidad de intervención del mercado que sería necesaria y es igual al costo marginal de la descontaminación para cumplir con una meta de emisiones prescrita. La magnitud del impuesto requerido para cumplir con una meta específica estará determinada por la fuente marginal de abastecimiento (incluso la conservación) con y sin la meta. Esta a su vez dependerá de factores tales como el volumen de las reducciones de emisiones necesarias, los supuestos acerca del costo y la disponibilidad de tecnologías basadas en el carbono y sin carbono, la base de recursos de combustibles de origen fósil y las elasticidades de los precios a corto y largo plazo.

De no haber comercio internacional de emisiones, el impuesto sobre el carbono necesario para cumplir con las restricciones de Kioto en 2010 varía mucho entre los modelos. Obsérvese en la Tabla RT-4¹⁶ que para los Estados Unidos se calcula que están en el orden de los 76 dólares

EE.UU. y 322 dólares EE.UU., para la Europa de la OCDE entre 20 dólares EE.UU. y 665 dólares EE.UU., para Japón entre 97 dólares EE.UU. y 645 dólares EE.UU. y por último, para el resto de la OCDE (CANZ) entre 46 dólares EE.UU. y 425 dólares EE.UU.. Todas las cifras se indican en dólares de 1990. Los costos marginales de la descontaminación son del orden de los 20 dólares EE.UU. -135 dólares EE.UU./tC si se permite el comercio internacional. Esos modelos no incluyen, por lo general, medidas sin pesar ni tienen en cuenta el potencial de mitigación de los sumideros de CO₂ y otros gases de efecto invernadero aparte del CO₂.

Sin embargo, no existe ninguna correlación estricta entre el nivel del impuesto sobre el carbono y la variación del PBI y el bienestar, por la influencia de las circunstancias específicas del país (los países con escasa proporción de energía de origen fósil en su consumo final sufren menos que otros con el mismo nivel de impuesto sobre el carbono) y debido al contenido de las políticas.

En los estudios citados se supone, para permitir una comparación fácil entre los países, que los ingresos derivados del impuesto sobre el carbono (o de permisos de emisiones subastados) se reciclan a modo de suma única para la economía. El costo social neto que resulta de un costo marginal determinado de las restricciones a las emisiones puede reducirse si los ingresos se destinan a financiar reducciones de las tasas marginales de impuestos distorsivos preexistentes, tales como los impuestos sobre los réditos, los sueldos y las ventas. Mientras reciclar los ingresos a modo de suma única no confiere ningún beneficio de eficiencia, reciclar mediante reducciones de las tasas marginales ayuda a evitar parte de los costos de eficiencia o la carga de peso muerto de los impuestos existentes. Esto plantea la posibilidad de que los impuestos sobre el carbono neutros en cuanto a los ingresos puedan ofrecer un doble dividendo, al 1) mejorar el medio ambiente, y 2) reducir los costos del sistema impositivo.

Pueden distinguirse una forma débil y una forma fuerte de doble dividendo. La forma débil afirma que los costos de una determinada reforma ambiental neutra en cuanto a los ingresos, cuando las rentas se destinan a reducir las tasas marginales de impuestos anteriores distorsivos, se reducen en relación con los costos cuando las rentas se devuelven a modo de suma única a las familias o a las empresas. La forma fuerte de la afirmación de doble dividendo es que los costos de la reforma impositiva ambiental neutra en cuanto a los ingresos son cero o negativos. Mientras la forma débil del reclamo de doble dividendo recibe apoyo virtualmente universal, la forma fuerte de la afirmación de doble dividendo suscita controversias.

Dónde reciclar las rentas de los impuestos sobre el carbono o de los permisos subastados depende de las circunstancias específicas de cada país. Los resultados de la simulación demuestran que en economías que son especialmente ineficaces o están distorsionadas en líneas no ambientales, el efecto de reciclar las rentas puede ser en realidad lo bastante fuerte como para superar el costo primario y el efecto de la interacción tributaria, de modo que puede materializarse el doble dividendo fuerte. Así pues, en varios estudios que abarcan economías europeas en que los sistemas tributarios pueden estar muy distorsionados en términos

16 Las cifras más altas citadas en este párrafo son todas resultados de un solo modelo: ABARE-GTEM.

Tabla RT-4: Principales resultados del Foro de modelización energética. Costos marginales de la descontaminación (en dólares EE.UU. de 1990/tC; meta 2010 de Kioto)

Modelo	Sin comercio				Comercio Anexo I	Comercio mundial
	EE.UU.	OCDE-E	Japón	CANZ		
ABARE-GTEM	322	665	645	425	106	23
AIM	153	198	234	147	65	38
CETA	168				46	26
Fund					14	10
G-Cubed	76	227	97	157	53	20
GRAPE		204	304		70	44
MERGE3	264	218	500	250	135	86
MIT-EPPA	193	276	501	247	76	
MS-MRT	236	179	402	213	77	27
Oxford	410	966	1074		224	123
RICE	132	159	251	145	62	18
SGM	188	407	357	201	84	22
WorldScan	85	20	122	46	20	5
Administration	154				43	18
EIA	251				110	57
POLES	135,8	135,3	194,6	131,4	52,9	18,4

Nota: Los resultados del modelo de Oxford no se incluyen en los márgenes citados en el RT y el RPP porque ese modelo no ha sido sometido a un examen académico de fondo (y por lo tanto, no es apropiado para que lo evalúe el IPCC), y se apoya en datos de principios de los años ochenta para una parametrización clave que determina los resultados del modelo. Ese modelo no tiene relación alguna con el modelo CLIMOX, del Instituto de Estudios Energéticos de Oxford, mencionado en la Tabla RT-6.

EMF-16. Pérdidas de PIB (como porcentaje del PIB total) relacionadas con el cumplimiento de las metas prescritas en virtud del Protocolo de Kioto. Las cuatro regiones comprenden los Estados Unidos (EE.UU.), la Europa de la OCDE (OCDE-E), Japón y Canadá, Australia y Nueva Zelandia (CANZ). Los escenarios incluyen sin comercio, con comercio exclusivamente del Anexo B y con pleno comercio mundial.

de la tributación relativa sobre el trabajo, puede obtenerse un doble dividendo fuerte, en todo caso más frecuentemente que en otras opciones de reciclaje. En cambio, la mayoría de los estudios sobre las políticas de impuestos o permisos sobre el carbono en los Estados Unidos demuestran que reciclar mediante una reducción de los impuestos sobre el trabajo es menos eficaz que mediante la tributación sobre el capital; pero generalmente no encuentran un doble dividendo fuerte. Otra conclusión es que aun en los casos en que no hay efecto de doble dividendo fuerte, funciona considerablemente mejor una política de reciclaje de rentas en la cual las rentas se usen para reducir las tasas marginales de impuestos anteriores, que una política sin reciclaje de las rentas, como por ejemplo las cuotas de derechos adquiridos.

En todos los países donde se han introducido impuestos sobre el CO₂, se ha eximido del impuesto a algunos sectores, o el impuesto es diferenciado en distintos sectores. La mayoría de los estudios llegan a la conclusión de que las exenciones de impuestos elevan los costos de la economía en relación con una política que suponga impuestos uniformes. Pero los resultados difieren en cuanto a la magnitud de los costos de las exenciones.

8.4 Efectos distributivos de los impuestos sobre el carbono

Para la evaluación general de las políticas climáticas, no sólo son importantes los costos totales, sino también la distribución de los costos.

Quizás una política que conduce a aumentar la eficiencia no mejore el bienestar general, si algunas personas quedan en peor situación que antes y viceversa. Sobre todo, si existe el deseo de reducir las diferencias de ingresos en la sociedad, debería tenerse en cuenta en la evaluación el efecto sobre la distribución del ingreso.

Los efectos distributivos de un impuesto sobre el carbono parecen ser regresivos, a menos que las rentas del impuesto se usen directa o indirectamente en favor de los grupos de bajos ingresos. Reciclar las rentas del impuesto reduciendo el impuesto sobre el trabajo puede tener consecuencias distributivas más interesantes que un reciclaje con suma única, cuando el ingreso reciclado se orienta tanto a los asalariados como a los dueños del capital. La reducción del impuesto sobre el trabajo representa aumentos de sueldos y favorece a quienes derivan sus ingresos principalmente de su trabajo. Pero quizás los grupos más pobres de la sociedad ni siquiera tengan ingresos por su trabajo. En este sentido, reducir los impuestos sobre el trabajo tal vez no sea siempre mejor que los planes de reciclaje que se distribuyen a todos los grupos de la sociedad y podría reducir el carácter regresivo de los impuestos sobre el carbono.

8.5 Aspectos del comercio internacional de emisiones

Se ha reconocido desde hace tiempo que el comercio internacional de cuotas de emisiones puede reducir los costos de la mitigación. Esto se producirá cuando los países con elevados costos marginales

Tabla RT-5: Principales resultados del Foro de modelización energética. Pérdidas en el PIB en 2010 (en % del PIB; meta 2010 de Kioto)

Modelo	Sin comercio				Comercio Anexo I				Comercio mundial			
	EE.UU.	OCDE-E	Japón	CANZ	EE.UU.	OCDE-E	Japón	CANZ	EE.UU.	OCDE-E	Japón	CANZ
ABARE-GTEM	1,96	0,94	0,72	1,96	0,47	0,13	0,05	0,23	0,09	0,03	0,01	0,04
AIM	0,45	0,31	0,25	0,59	0,31	0,17	0,13	0,36	0,20	0,08	0,01	0,35
CETA	1,93				0,67				0,43			
G-CUBED	0,42	1,50	0,57	1,83	0,24	0,61	0,45	0,72	0,06	0,26	0,14	0,32
GRAPE		0,81	0,19			0,81	0,10			0,54	0,05	
MERGE3	1,06	0,99	0,80	2,02	0,51	0,47	0,19	1,14	0,20	0,20	0,01	0,67
MS-MRT	1,88	0,63	1,20	1,83	0,91	0,13	0,22	0,88	0,29	0,03	0,02	0,32
Oxford	1,78	2,08	1,88		1,03	0,73	0,52		0,66	0,47	0,33	
RICE	0,94	0,55	0,78	0,96	0,56	0,28	0,30	0,54	0,19	0,09	0,09	0,19

Nota: Los resultados del modelo de Oxford no se incluyen en los márgenes citados en el RT y el RPP porque ese modelo no ha sido sometido a un examen académico de fondo (y por lo tanto, no es apropiado para que lo evalúe el IPCC), y se apoya en datos de principios de los años ochenta para una parametrización clave que determina los resultados del modelo. Ese modelo no tiene relación alguna con el modelo CLIMOX, del Instituto de Estudios Energéticos de Oxford, mencionado en la Tabla RT-6.

nacionales de descontaminación adquieren cuotas de emisión a los países con bajos costos marginales de emisión. Esto suele denominarse “flexibilidad espacial”. Es decir, permitir que se produzcan reducciones donde sea más barato hacerlo, independientemente de la ubicación geográfica. Es importante señalar que el lugar donde se produzcan las reducciones es independiente de quién pagará las reducciones.

La “flexibilidad espacial” puede presentarse en varias escalas. Puede ser mundial, regional o en el nivel de los países. En el caso teórico de un pleno comercio mundial, todos los países convienen en fijar topes a las emisiones y participan en el mercado internacional como vendedores o compradores de cuotas de emisiones. El MDL puede permitir captar algunas de esas reducciones de costos. Cuando el mercado se define en el nivel regional (p.ej., los países del Anexo B), el mercado de comercio es más limitado. Por último, el comercio puede realizarse internamente cuando todas las reducciones de emisiones se producen en el país de origen.

En la Tabla RT-5 se muestran las reducciones de costos derivadas del comercio de emisiones para el Anexo B y el pleno comercio mundial comparado con un caso sin comercio. El cálculo se hace mediante diversos modelos, con detalles mundiales y regionales. En cada caso, el objetivo es cumplir con las metas de reducción de emisiones que figuran en el Protocolo de Kioto. Todos los modelos muestran importantes beneficios a medida que se amplía el tamaño del mercado de comercio. La diferencia entre los modelos se debe en parte a las diferencias en su referencia inicial, los supuestos acerca del costo y la disponibilidad de productos sustitutivos de bajo costo, tanto del lado de la oferta como de la demanda del sector energético, y el tratamiento de los macroshocks a corto plazo. En general, todos los costos brutos calculados para el caso sin comercio son inferiores al 2 % del PIB (que se supone que ha

aumentado considerablemente en el período considerado) y en la mayoría de los casos son inferiores al 1 %. El comercio del Anexo B reduce los costos para la región de la OCDE en general a menos del 0,5 % y los impactos regionales dentro de esto varían entre 0,1 y 1,1 %. El comercio mundial en general disminuiría esos costos hasta muy por debajo del 0,5 % del PIB, y el promedio en la OCDE sería inferior al 0,2 %.

La cuestión del llamado “aire caliente”¹⁷ influye también sobre el costo de implantar el Protocolo de Kioto. La reciente caída de la actividad económica en Europa oriental y en la ex Unión Soviética ha provocado una disminución de sus emisiones de GEI. Aunque se prevé que esta tendencia finalmente se revertirá, todavía se proyecta que para algunos países las emisiones quedarán por debajo de las restricciones impuestas por el Protocolo de Kioto. Si esto ocurre, esos países tendrán un excedente de cuotas de emisión que podrán vender a los países que busquen opciones de bajo costo para cumplir con sus propias metas. Las economías de costos generadas por el comercio son sensibles a la magnitud del “aire caliente”.

Numerosas evaluaciones de la descontaminación en proyecciones de PIB han sido asociadas al cumplimiento de los límites de tipo Kioto. La mayoría de los análisis económicos se han concentrado en los costos brutos de las actividades de emisión de carbono,¹⁸ ignorando el potencial de economía de costos de mitigar otros gases aparte del CO₂ y de usar el secuestro de carbono y no tomar en cuenta los beneficios ambientales (beneficios subsidiarios y cambio climático evitado) ni usar las rentas para eliminar distorsiones. Incluir esas posibilidades podría reducir los costos.

Una restricción llevaría a reasignar recursos al margen del esquema preferido, a falta de un límite y a una conservación potencialmente costosa

17 Aire caliente: algunos países, sobre todo aquellos con economías en transición, tienen asignadas unidades de cantidad que parecen muy superiores a sus emisiones previstas (como resultado de una depresión económica). A este excedente se le llama aire caliente.

18 Aunque algunos estudios incluyen análisis multigases, hace falta mucha investigación sobre este potencial, tanto intertemporalmente como regionalmente.

y la sustitución de combustibles. También cambiarán los precios relativos. Estos ajustes forzados conducen a reducciones en el rendimiento económico, que inciden en el PIB. Claramente, cuanto más amplio sea el mercado de comercio de permisos, mayor será la oportunidad de reducir los costos generales de la mitigación. A la inversa, los límites a la medida en que un país pueda satisfacer sus obligaciones comprando cuotas de emisión pueden aumentar los costos de la mitigación. Varios estudios han calculado que la magnitud del incremento sería considerable y recaería en particular sobre los países con mayores costos marginales de descontaminación. Pero otro parámetro que probablemente limitaría las economías dimanantes del comercio de carbono es el funcionamiento mismo de los sistemas de comercio (costos de transacción, costos de gestión, seguros contra la incertidumbre y el comportamiento estratégico en el uso de los permisos).

8.6 Beneficios subsidiarios de la mitigación de los gases de efecto invernadero

Las políticas destinadas a mitigar los gases de efecto invernadero pueden tener efectos secundarios positivos y negativos sobre la sociedad, sin tener en cuenta los beneficios del cambio climático evitado. En esta sección se aprecian en particular los estudios que evalúan los efectos laterales de la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, se empleará la expresión “beneficios o costos subsidiarios”. No hay mucho acuerdo acerca de la definición, el alcance y la magnitud de esos beneficios subsidiarios ni sobre las metodologías para integrarlos en una política del clima. Se han establecido criterios para examinar la creciente bibliografía que vincula políticas específicas de mitigación del carbono con beneficios subsidiarios monetizados. Se describen en el informe estudios recientes que adoptan un enfoque económico general, más que sectorial, de los beneficios subsidiarios y se examina su credibilidad (en el Capítulo 9 se presentan análisis sectoriales). Pese a recientes progresos en la elaboración de métodos, sigue constituyendo un desafío preparar cálculos cuantitativos de los efectos, beneficios y costos subsidiarios de las políticas de mitigación de GEI. A pesar de esas dificultades, a corto plazo, los beneficios subsidiarios de las políticas sobre GEI en algunas circunstancias pueden constituir una fracción importante de los costos de mitigación (directos) privados y en algunos casos quizás sean comparables a los costos de mitigación. Según la bibliografía, los beneficios subsidiarios pueden ser de particular importancia en los países en desarrollo, pero esta bibliografía aún es limitada.

La magnitud, escala y alcance exactos de estos beneficios y costos subsidiarios variará con las condiciones geográficas locales y las situaciones iniciales. En algunas circunstancias, cuando las condiciones iniciales suponen emisiones de carbono y densidad de población relativamente escasas, los beneficios pueden ser magros. Los modelos más usados para estimar los beneficios subsidiarios —los modelos de equilibrio general computable (CGE)— presentan dificultades para calcular los beneficios subsidiarios, porque raramente tienen, y quizás no puedan tener, los detalles espaciales necesarios.

Con respecto a las consideraciones sobre la situación inicial de referencia, la mayor parte de la bibliografía sobre beneficios subsidiarios

trata sistemáticamente sólo las políticas y reglamentos gubernamentales con respecto al medio ambiente. En cambio, otras cuestiones sobre la situación inicial en la política normativa, como las relacionadas con la energía, el transporte y la salud, han sido ignoradas por lo general, al igual que las cuestiones de situación inicial que no son normativas, como las vinculadas a la tecnología, la demografía y la base de recursos naturales. En los estudios reseñados aquí, la mayor parte de los beneficios subsidiarios se refiere a la salud pública. Un componente importante de la incertidumbre para modelizar los beneficios subsidiarios en materia de salud pública es el nexo entre las emisiones y las concentraciones en la atmósfera, en particular teniendo en cuenta la importancia de los contaminantes secundarios. Sin embargo, se admite que existen importantes beneficios subsidiarios, además de los vinculados con la salud pública, que no han sido cuantificados ni monetizados. Al mismo tiempo, parece que hay grandes lagunas en los métodos y modelos para estimar los costos subsidiarios.

8.7 Efectos de “desbordamiento”¹⁹ de las medidas adoptadas en países del Anexo B o no incluidos en el Anexo B

En un mundo en el que las economías están ligadas por el comercio internacional y los flujos de capital, la descontaminación que aplique una economía tendrá efectos de bienestar sobre otros países, reduzcan o no reduzcan sus emisiones. Esas repercusiones se denominan efectos de desbordamiento, e incluyen efectos sobre el comercio, el derrame de carbono, la transferencia y difusión de tecnología ecológicamente racional y otras cuestiones (Figura RT.8).

En cuanto a los efectos sobre el comercio, el resultado dominante de los efectos de las restricciones a las emisiones en países del Anexo B o países no incluidos en el Anexo B en estudios de simulación anteriores al Protocolo de Kioto, fue que la descontaminación del Anexo B ejercería un impacto predominantemente adverso sobre las regiones no incluidas en el Anexo B. En simulaciones del Protocolo de Kioto, los resultados son más mezclados, y algunas regiones no incluidas en el Anexo B experimentan ganancias de bienestar y otras, pérdidas. Esto se debe sobre todo a un objetivo más moderado en las simulaciones de Kioto que en las simulaciones anteriores a Kioto. También se comprobó universalmente que la mayoría de las economías no incluidas en el Anexo B que sufrían pérdidas de bienestar por obra de la descontaminación independiente uniforme sufrirían pérdidas de bienestar más reducidas en virtud del comercio de emisiones.

Una reducción en las emisiones del Anexo B tenderá a provocar un aumento en las emisiones no incluidas en el Anexo B, reduciendo la eficacia ambiental de la descontaminación del Anexo B. Esto se denomina “derrame de carbono” y puede producirse en el orden del 5-20% mediante una posible reubicación de las industrias con uso intenso de carbono, debido a la reducida competitividad del Anexo B en el mercado internacional, los precios más bajos para el productor de combustibles de origen fósil en el mercado internacional y los cambios en el ingreso debidos a mejores términos de comercio.

19 Los “desbordamientos” de las estrategias nacionales de mitigación son los efectos que tienen esas estrategias sobre otros países. Los efectos de desbordamiento pueden ser positivos o negativos, e incluyen los efectos sobre el comercio, el derrame de carbono, la transferencia y difusión de tecnología ambiental segura y otras cuestiones.

Desbordamientos Políticas y medidas	Beneficios de los adelantos tecnológicos	Impactos sobre las industrias y precios de la industria de energía	Impactos sobre las industrias de gran consumo de energía	Transferencia de recursos a otros sectores
Políticas públicas de I y D	Aumento en la base de conocimientos científicos			
Política de "acceso al mercado" para nuevas tecnologías	Aumento de conocimientos y aprendizaje por experiencia			
Normas, subsidios acuerdos voluntarios	Nuevas normas de industrias y productos más limpios			
Impuestos sobre el carbono		Reducción de actividad en industrias c/combustible fósil. Precios internacionales, más bajos, impactos nega- tivos para los exportadores, positivos para los impor- tadores, posibilidad de un "efecto de rebote"	Derrames de carbono, impactos posit. para la acti- vidad, negativo para el am- biente en países receptores	
Eliminación subsidios a energía			Menos distorsiones en la competencia industrial	
Imp. s/carbono armonizados				
Comercio nacional de emisiones			Distorsión en competencia si hay planes diferenciados (adquiridos vs. subastados)	
Implementación conjunta, Mecanismo para un desarrollo limpio				Transferencia de tecnología
Comercio internacional de emisiones				Beneficio neto con precio de permiso superior (no igual) al costo medio de reducción

Figura RT-8: Los "desbordamientos" de las estrategias nacionales de mitigación son los efectos que tienen esas estrategias sobre otros países. Los efectos de desbordamiento pueden ser positivos o negativos, e incluyen los efectos sobre el comercio, el derrame de carbono, la transferencia y difusión de tecnología ambiental segura y otras cuestiones.

Mientras en el SIE se informó que existía una gran variación en los cálculos del derrame de carbono según los modelos disponibles, en los años posteriores ha habido cierta disminución de las diferencias en los cálculos. Pero esto puede deberse en gran medida a la elaboración de nuevos modelos basados en supuestos y fuentes de datos bastante semejantes. Esas formulaciones no reflejan necesariamente un acuerdo más extendido acerca de supuestos de comportamiento apropiados. Un resultado sólido parece ser que el derrame de carbono está en función creciente de la estrictez de la estrategia de descontaminación. Esto significa que el derrame puede ser un problema menos grave en virtud de los objetivos de Kioto que bajo los objetivos más estrictos que se habían estudiado antes. También el derrame de las emisiones es inferior en virtud del comercio de emisiones que bajo la descontaminación independiente. Exenciones que se encuentran en la práctica para las industrias que emplean intensamente energía y otros factores tornan improbables los cálculos superiores para el derrame de carbono, pero elevarían los costos totales.

El derrame de carbono también puede recibir la influencia del grado supuesto de competitividad en el mercado mundial del petróleo. Mientras la mayoría de los estudios suponen un mercado petrolero competitivo, los estudios que consideran una competencia imperfecta encuentran un derrame inferior si la OPEP puede ejercer cierto grado

de poder en el mercado sobre el abastecimiento de petróleo y por lo tanto reducir la caída del precio internacional del petróleo. Que la OPEP actúe o no como un cartel, puede ejercer un efecto bastante importante sobre la pérdida de riqueza para los productores de petróleo reunidos o no en la OPEP y sobre el nivel de los precios de los permisos en las regiones del Anexo B (véase también la Sección 9.2).

El tercer efecto de desbordamiento antes mencionado, la transferencia y difusión de tecnología ecológicamente racional, está relacionado con los cambios técnicos inducidos (véase la Sección 8.10). La transferencia de tecnologías y conocimientos especializados ecológicamente racionales, no incluidos en los modelos, puede llevar a reducir el derrame y especialmente a largo plazo puede compensar con creces ese derrame.

8.8. Resumen de los principales resultados de las metas de Kioto

Los cálculos de costos para que los países del Anexo B apliquen el Protocolo de Kioto difieren de un estudio y de una región a otro, y dependen mucho de los supuestos con respecto al uso de los mecanismos de Kioto y sus interacciones con las medidas nacionales. En la gran mayoría de los estudios mundiales que notifican y comparan esos

costos se usan modelos internacionales con economía de energía. Nueve de esos estudios sugieren los siguientes impactos sobre el PIB²⁰:

*Países del Anexo II*²¹: A falta de un comercio de emisiones entre los países del Anexo B²², la mayoría de los estudios mundiales muestran reducciones en el PIB de alrededor del 0,2 al 2 % en 2010 para diferentes regiones del Anexo II. Con pleno comercio de emisiones entre países del Anexo B, las reducciones estimadas en 2010 están entre el 0,1 y el 1,1 % del PIB proyectado.²³ Esos estudios engloban una amplia gama de supuestos. En los modelos cuyos resultados se exponen aquí, se supone el uso pleno del comercio de emisiones sin costo de transacción. Los resultados para los casos que no permiten el comercio del Anexo B suponen que existe pleno comercio nacional dentro de cada región. Los modelos no incluyen sumideros ni gases de efecto invernadero que no sean el CO₂. No incluyen el MDL, las opciones de costo negativo, los beneficios subsidiarios ni el reciclaje de ingresos orientado. En todas las regiones, los costos están influidos también por los siguientes factores:

- las restricciones en el uso del comercio del Anexo B, los altos costos de transacción para implantar los mecanismos y la ineficiente implantación nacional, podrían elevar los costos.
- la inclusión en la política y las medidas nacionales de las posibilidades sin pesar², el uso del MDL, los sumideros y la inclusión de otros gases de efecto invernadero aparte del CO₂, podrían reducir los costos. Los costos en los diferentes países pueden variar mucho más.

Los modelos muestran que los mecanismos de Kioto son importantes para controlar los riesgos de costos elevados en determinados países y de ese modo pueden complementar los mecanismos de política doméstica. Igualmente, pueden minimizar los riesgos de impactos internacionales injustos y ayudar a nivelar los costos marginales. Los estudios de modelización mundial aquí reseñados demuestran que los costos marginales nacionales cumplen con las metas de Kioto de unos 20 dólares EE.UU./tC hasta 600 dólares EE.UU./tC sin comercio, y con una gama entre unos 15 dólares EE.UU./tC y 150 dólares EE.UU./tC con comercio del Anexo B. Tal vez las reducciones de costos obtenidas con estos mecanismos dependan de los detalles de ejecución, incluso de la compatibilidad de los mecanismos, restricciones y costos de transacción nacionales e internacionales.

Economías en transición: En la mayoría de estos países, los efectos del PIB van de lo insignificante a un aumento de varios puntos porcentuales. Esto refleja oportunidades de mejoras en la eficiencia energética que no están al alcance de los países del Anexo II. En virtud de supuestos de una drástica mejora de la eficiencia energética y/o de las continuas recesiones económicas en algunos países, los montos asignados pueden ser superiores a las emisiones proyectadas en el primer período de compromiso. En ese caso, los modelos muestran un aumento del PIB debido a los ingresos provenientes de las cantidades asignadas para comercio. Sin embargo, para algunas economías en transición, implantar el Protocolo de Kioto tendrá un impacto semejante sobre el PIB que para los países del Anexo II.

Países no incluidos en el Anexo I: Las restricciones a las emisiones en los países del Anexo I tienen efectos de “desbordamiento”²⁴ bien establecidos, aunque diversos, sobre los países no incluidos en el Anexo I.

- Países no incluidos en el Anexo I exportadores de petróleo: Los análisis dan informes diferentes sobre los costos, incluso, entre otras cosas, reducciones en el PIB proyectado y reducciones en los ingresos proyectados para el petróleo.²⁵ El estudio que notifica los costos más bajos muestra reducciones del 0,2 % del PIB proyectado sin comercio de emisiones, y menos del 0,05 % del PIB proyectado con comercio de emisiones del Anexo B en 2010.²⁶ El estudio que notifica los costos más altos muestra reducciones del 25% de los ingresos por petróleo proyectados sin comercio de emisiones y del 13% de los ingresos por petróleo proyectados con comercio de emisiones del Anexo B en 2010. Esos estudios no consideran otras políticas y medidas²⁷ aparte del comercio de emisiones del Anexo B que puedan reducir el impacto sobre los países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I, y por lo tanto tienden a sobrestimar tanto los costos de esos países como los costos generales.
- Los efectos sobre esos países pueden reducirse más eliminando los subsidios a los combustibles de origen fósil, reestructurando el impuesto a la energía según el contenido de carbono, aumentando el uso de gas natural y diversificando las economías de los países exportadores de petróleo no incluidos en el Anexo I.
- Otros países no incluidos en el Anexo I: Pueden verse afectados negativamente por las reducciones en la demanda de sus exportaciones hacia naciones de la OCDE y por el aumento de precio de

20 Muchos otros estudios que incorporan con más precisión características específicas de los países y la diversidad de las políticas orientadas presentan una gama más amplia de cálculos de costos netos.

21 Países del Anexo II: Grupo de países incluidos en el Anexo II de la CMCC, que comprenden todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

22 Países del Anexo B: Grupo de países incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto, que han convenido en poner límite a sus emisiones de gases de efecto invernadero, comprendidos todos los países del Anexo I (enmendado en 1998), excepto Turquía y Belarús.

23 En los costos actuales, pueden usarse muchas medidas métricas. Por ejemplo, si los costos anuales que representa para los países desarrollados cumplir con las metas de Kioto con pleno comercio del Anexo B son del orden del 0,5% del PIB, esto representa 125.000 millones de dólares EE.UU. anuales, o sea 125 dólares EE.UU. por persona por año antes de 2010 en el Anexo II (supuestos del IE-EE). Esto corresponde a un impacto sobre los índices de crecimiento económico de más de diez años o menos de 0,1 de punto porcentual.

24 Los efectos de desbordamiento sólo comprenden aquí los efectos económicos, no los efectos ambientales.

25 Los detalles sobre los seis estudios examinados figuran en la Tabla 9.4 del informe fundamental.

26 Estos costos estimados pueden expresarse como diferencias en los índices de crecimiento del PIB durante el período 2000-2010. Sin comercio de emisiones, el índice de crecimiento del PIB se reduce en 0,02 puntos porcentuales/año; con comercio de emisiones del Anexo B, el índice de crecimiento se reduce en menos de 0,005 puntos porcentuales/año.

27 Tales políticas y medidas incluyen: las relativas a otros gases aparte del CO₂ y las fuentes no energéticas de todos los gases; la compensación por los sumideros; la reestructuración industrial (p.ej., de productores de energía a proveedores de servicios de energía); el uso del poder de mercado de la OPEP y las medidas (p.ej. de Partes del Anexo B) relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología. Además, los estudios no incluyen, en general, las siguientes políticas y efectos que pueden reducir el costo total de la mitigación: el empleo de las rentas tributarias para reducir las cargas impositivas o financiar otras medidas de mitigación; los beneficios subsidiarios ambientales de las reducciones en el uso de combustibles de origen fósil y el cambio tecnológico inducido por las políticas de mitigación.

los productos con alto consumo de carbono y otros productos que continúan importando. Esos países pueden beneficiarse de la reducción en los precios del combustible, de las mayores exportaciones de productos con alto consumo de carbono y de la transferencia de tecnologías y conocimientos especializados ecológicamente racionales. El saldo neto para un país determinado depende de cuál de esos factores sea dominante. Debido a estas complejidades, sigue siendo incierta la división entre ganadores y perdedores.

- **Derrame de carbono²⁸:** La posible reubicación de algunas industrias con gran consumo de carbono en países no incluidos en el Anexo I y las repercusiones más amplias sobre los flujos comerciales en respuesta a los cambios en los precios pueden provocar un derrame del orden del 5-20%. Las exenciones, por ejemplo para las industrias de gran consumo de energía, tornan improbables los cálculos modelizados más elevados para el derrame de carbono, pero aumentarían los costos totales. La transferencia de tecnologías y conocimientos especializados ecológicamente racionales pueden reducir el derrame y especialmente a más largo plazo compensar con creces el derrame.

8.9. Los costos de cumplir con una serie de objetivos de estabilización

Los estudios de rentabilidad en una escala de un siglo estiman que los costos de estabilizar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera aumentan a medida que disminuye el nivel de estabilización de la concentración. Las diferentes situaciones iniciales de referencia pueden tener gran influencia sobre los costos absolutos. Aunque existe un moderado aumento en los costos cuando se pasa de un nivel de estabilización de la concentración en 750 ppmv a otro de 550 ppmv, el aumento en los costos es mayor al pasar de 550 ppmv a 450 ppmv, salvo que las emisiones en el escenario de referencia sean muy bajas. Pero estos resultados no incluyen el secuestro de carbono, otros gases aparte del CO₂ y tampoco examinan el posible efecto de metas más ambiciosas sobre el cambio tecnológico inducido.²⁹ En particular, la elección del escenario de referencia ejerce una gran influencia. Estudios recientes en que se emplean escenarios de referencia del IE-EE del IPCC como base inicial con respecto a la cual analizar la estabilización, demuestran claramente que la reducción media en el PIB proyectado en la mayoría de los escenarios de estabilización aquí examinados es inferior al 3 % del valor inicial (la máxima reducción en todos los escenarios de estabilización alcanzó el 6,1 % en un año determinado). Al mismo tiempo, algunos escenarios (especialmente en el grupo A1T) mostraron un aumento en el PIB comparado con la referencia, debido a aparentes respuestas económicas positivas del desarrollo y transferencia de tecnología. La reducción del PIB (promediada a través de líneas evolutivas y niveles de estabilización) llega a su nivel más bajo en 2020 (1%), alcanza un máximo en 2050 (1,5%) y desciende para 2100 (1,3%). Pero en los grupos de escenarios con las emisiones iniciales de

referencia más altas (A2 y A1FI), la magnitud de la reducción del PIB aumenta durante todo el período de modelización. Debido a su escala relativamente pequeña cuando se compara con niveles de PIB absolutos, las reducciones del PIB en los escenarios de estabilización posteriores al IE-EE no provocan caídas importantes en los índices de crecimiento del PIB durante este siglo. Por ejemplo, el índice de crecimiento anual del PIB entre 1990-2100 en todos los escenarios de estabilización se redujo en promedio sólo un 0,003% por año, y la reducción máxima alcanzó 0,06% por año.

La concentración de CO₂ en la atmósfera está determinada por las emisiones acumulativas más que por las anuales. Es decir, que puede alcanzarse una meta determinada de concentración mediante diversas trayectorias de emisiones. Varios estudios sugieren que la elección de una trayectoria de emisiones puede ser tan importante como la propia meta para determinar los costos generales de la mitigación. Los estudios se inscriben en dos categorías: los que suponen que la meta se conoce y los que caracterizan la cuestión como una toma de decisiones bajo incertidumbre.

En los estudios que suponen que se conoce la meta, la cuestión consiste en identificar la trayectoria de mitigación de mínimo costo para lograr esa meta prescrita. De ahí que pueda verse la elección de la trayectoria como un problema de balance de carbono. Este problema ha sido encarado casi siempre en términos de CO₂ exclusivamente y se ha prestado muy limitada atención a otros GEI aparte del CO₂. Una meta de concentración se define como la cantidad admisible de carbono que se emitirá a la atmósfera entre el momento actual y la fecha en que debe lograrse esa meta. La cuestión es cómo asignar mejor el balance de carbono a lo largo del tiempo.

La mayoría de los estudios que han tratado de identificar la trayectoria de costo mínimo para alcanzar una meta determinada llegan a la conclusión de que la trayectoria de costo mínimo tiende a apartarse gradualmente de la referencia inicial del modelo en los primeros años, con reducciones más rápidas posteriormente. Hay varias razones por las que ocurre esto. Una transición gradual a corto plazo a partir del sistema energético actual en el mundo minimiza el retiro prematuro de las reservas de capital existentes, da tiempo al desarrollo tecnológico y evita apegarse prematuramente a las primeras versiones de una tecnología de bajas emisiones en rápida evolución. En cambio, medidas más enérgicas a corto plazo reducirían los riesgos ambientales vinculados con los rápidos cambios climáticos, estimularían un despliegue más rápido de las tecnologías de bajas emisiones existentes (véase también la Sección 8.10), brindaría fuertes incentivos a corto plazo para futuros cambios tecnológicos que podrían ayudar a evitar el aferrarse a tecnologías con gran consumo de carbono y permitiría ajustar más adelante las metas, si eso se estimase conveniente a la luz de la evolución de los conocimientos científicos.

²⁸ El derrame de carbono se define aquí como el aumento en las emisiones en países no incluidos en el Anexo B debido a la implantación de reducciones en el Anexo B, expresado como porcentaje de las reducciones del Anexo B.

²⁹ El cambio tecnológico inducido es un campo nuevo de investigación. Ninguno de los estudios citados en la bibliografía examinada en el TIE sobre la relación entre las concentraciones de CO₂ y los costos a escala del siglo notificó resultados acerca de modelos que emplearan el cambio tecnológico inducido. Los modelos que incluyen el cambio tecnológico inducido en algunas circunstancias demuestran que las concentraciones a escala del siglo pueden diferir, con crecimiento similar del PIB pero bajo regímenes de políticas distintas (Sección 8.4.1.4).

Habría que advertir también que cuanto más baja sea la concentración, menor será el balance de carbono y más rápido, por ende, se producirá el alejamiento de la referencia inicial. Sin embargo, aun con metas más altas de concentración, la transición más gradual a partir de la referencia inicial no niega la necesidad de adoptar prontas medidas. Todas las metas de estabilización requieren que la futura acumulación de capital reduzca el alto consumo de carbono. Esto tiene consecuencias inmediatas para las decisiones de inversión a corto plazo. Las nuevas opciones de abastecimiento requieren típicamente muchos años para entrar en el mercado. Hace falta un compromiso inmediato y sostenido de IyD para que haya productos sustitutivos de bajo costo y con bajo consumo de carbono disponibles cuando sean necesarios.

Se ha expuesto hasta aquí la cuestión de los costos de la mitigación. Es importante también examinar las repercusiones ambientales de elegir una trayectoria de emisión en vez de otra. Esto se debe a que diferentes trayectorias de emisión no sólo implican diferentes costos de reducción de las emisiones, sino también diferentes beneficios en términos de repercusiones ambientales evitadas (véase la Sección 10).

Naturalmente, el supuesto de que la meta se conoce con certeza es una simplificación exagerada. Afortunadamente, la CMCC reconoce la naturaleza dinámica del problema de la decisión. Requiere exámenes periódicos “a la luz de las informaciones y evaluaciones científicas más exactas de que se disponga sobre el cambio climático y sus repercusiones”. Ese proceso de adopción de decisiones en serie apunta a identificar estrategias compensatorias a corto plazo frente a las incertidumbres a largo plazo. La pregunta pertinente no es “¿cuál es la mejor línea de conducta para los próximos cien años?”, sino más bien “¿cuál es la mejor línea de conducta a corto plazo, dadas las incertidumbres a largo plazo?”.

Varios estudios han tratado de identificar la estrategia compensatoria óptima a corto plazo basada en la incertidumbre con respecto al objetivo a largo plazo. Esos estudios encuentran que la cantidad conveniente de compensación depende de la evaluación que uno haga de las apuestas, las probabilidades y el costo de la mitigación. La prima de riesgo —el monto que la sociedad está dispuesta a pagar para evitar el riesgo— es, en definitiva, una decisión política que varía de un país a otro.

8.10 La cuestión del cambio tecnológico inducido

La mayoría de los modelos empleados para evaluar los costos de cumplir con un objetivo de mitigación determinado tienden a simplificar excesivamente el proceso del cambio técnico. Típicamente, se supone que el índice de cambio técnico es independiente del nivel de control de las emisiones. Ese cambio suele denominarse autónomo. En los últimos años, ha recibido creciente atención la cuestión del cambio tecnológico inducido. Algunos sostienen que ese cambio podría reducir sustancialmente, e incluso quizás eliminar, los costos de las políticas de reducción del CO₂. Otros son mucho menos optimistas acerca del impacto del cambio tecnológico inducido.

Investigaciones recientes sugieren que el efecto sobre la oportunidad depende de la fuente del cambio tecnológico. Cuando el canal del cambio tecnológico es la IyD, el cambio tecnológico inducido hace

preferible concentrar más esfuerzos de descontaminación en el futuro. La razón es que el cambio tecnológico disminuye los costos de la descontaminación futura en relación con la actual, haciendo más rentable poner más énfasis en la descontaminación futura. Pero cuando el canal del cambio tecnológico es el aprendizaje por la experiencia, la presencia del cambio tecnológico inducido tiene un impacto ambiguo sobre la oportunidad óptima de la descontaminación. Por otra parte, el cambio tecnológico inducido reduce el costo de la descontaminación futura, lo cual sugiere que se ponga el acento en las actividades de descontaminación en el futuro. Pero existe un valor agregado en la reducción de las emisiones actuales, porque esta descontaminación contribuye a la experiencia o el aprendizaje y ayuda a reducir los costos de la descontaminación futura. Cuál de estos dos efectos es dominante depende de la naturaleza particular de las tecnologías y de las funciones de los costos.

Algunas prácticas sociales pueden resistirse al cambio tecnológico o valorizarlo. Por lo tanto, el despertar de las conciencias y la educación del público pueden contribuir a fomentar el cambio social para obtener un ambiente favorable a la innovación y a la difusión tecnológicas. Este es un aspecto que requiere más investigación.

9. Costos sectoriales y beneficios subsidiarios de la mitigación

9.1 Diferencias entre los costos de la mitigación del cambio climático evaluados nacionalmente y por sectores

Las políticas adoptadas para mitigar el calentamiento del planeta tendrán repercusiones en sectores específicos, como la industria del carbón, la industria del petróleo y el gas, la electricidad, la producción fabril, el transporte y las familias. Una evaluación sectorial contribuye a poner los costos en perspectiva, a identificar los perdedores potenciales y la extensión y localización de las pérdidas, así como a identificar los sectores que pueden beneficiarse. Sin embargo, merece señalarse que la bibliografía disponible para proceder a esta evaluación es limitada: hay pocos estudios amplios de los efectos sectoriales de la mitigación, comparados con los que existen sobre efectos macro en el PIB, y tienden a referirse a países y regiones del Anexo I.

Existe un problema fundamental con las políticas de mitigación. Está bien establecido que en comparación con lo que ocurre con los potenciales ganadores, es más fácil identificar a los potenciales perdedores sectoriales y es probable que sus pérdidas sean más inmediatas, más concentradas y más seguras. Los potenciales ganadores sectoriales (aparte del sector de las energías renovables y quizás del sector del gas natural) sólo pueden esperar un beneficio pequeño, difuso y bastante incierto, distribuido en un período prolongado. En realidad, muchos de los que podrán obtener beneficios no existen todavía, son las generaciones del futuro y las industrias que tienen que desarrollarse aún.

También está bien establecido que los efectos generales sobre el PIB de las políticas y medidas de mitigación, ya sean positivos o negativos, ocultan grandes diferencias entre sectores. En general, la intensidad energética y la intensidad de carbono de las economías disminuirá. Se

prevé que la industria del carbón y quizás la del petróleo pierdan considerables proporciones de su producción tradicional en relación con las de los escenarios de referencia, aunque el impacto de esto sobre las industrias dependerá de la diversificación, y quizás otros sectores aumenten su producción, pero en proporciones mucho menores. Las reducciones en la producción de combustibles de origen fósil por debajo de la línea inicial de referencia no repercutirán igualmente sobre todos los combustibles fósiles. Los combustibles tienen diferentes costos y sensibilidades a los precios, responden de manera diferente a las políticas de mitigación. La tecnología de eficiencia energética está específicamente adaptada a determinados combustibles y dispositivos de combustión y las reducciones en la demanda pueden afectar a las importaciones de manera diferente que a la producción. Los sectores de gran consumo energético, como los productos químicos pesados, el hierro y el acero, y los productos minerales, afrontarán costos más elevados, cambios acelerados de orden técnico o de organización, o pérdidas de producción (una vez más, en relación con el escenario de referencia), según el uso que hagan de la energía y las políticas de mitigación que adopten.

Es probable que las industrias directamente involucradas en la mitigación se beneficien con las medidas. Esas industrias incluyen la electricidad renovable y nuclear, los productores de equipo de mitigación (que incorporan tecnologías economizadoras de energía y de carbono), la agricultura y la silvicultura productoras de cultivos para fines energéticos y los servicios de investigación productores de IyD para economizar energía y carbono. Pueden beneficiarse a largo plazo con la disponibilidad de recursos financieros y de otro tipo, que de otro modo se habrían dedicado a la producción de combustibles de origen fósil. Pueden beneficiarse también de las reducciones en las cargas tributarias, si los impuestos se emplean para la mitigación y los ingresos se reciclan como reducciones en los impuestos patronales o sobre las sociedades, u otros. Los estudios que mencionan reducciones en el PIB no siempre ofrecen una gama de opciones de reciclaje, lo cual sugiere que no se han explorado los paquetes de políticas que incrementarían el PIB. La extensión y el carácter de los beneficios variará según las políticas que se sigan. Algunas políticas de mitigación pueden conducir a beneficios económicos generales netos, lo cual implica que las ganancias de muchos sectores excederán las pérdidas del carbón y otros combustibles fósiles y de las industrias de gran consumo energético. En cambio, otras políticas menos bien diseñadas pueden ocasionar pérdidas en general.

Conviene colocar la tarea que afronta la política de mitigación en una perspectiva histórica. Las emisiones de CO₂ han tendido a crecer más lentamente que el PIB en varios países durante los últimos 40 años. Hay diferentes razones para esas tendencias, entre ellas:

- un desplazamiento del carbón y el petróleo hacia la energía nuclear y el gas como fuentes energéticas;
- las mejoras en la eficiencia energética que han experimentado la industria y las familias; y
- un desplazamiento de la industria fabril pesada a una actividad económica más basada en los servicios y la información.

Estas tendencias se verán alentadas y reforzadas por las políticas de mitigación.

9.2 Algunos resultados sectoriales específicos sobre los costos de la mitigación del cambio climático

9.2.1. Carbón

Dentro de este amplio cuadro, algunos sectores se verán sustancialmente afectados por la mitigación. Con respecto al caso de referencia, la industria del carbón, que genera los productos de mayor consumo de carbono, afronta una decadencia casi inevitable a largo plazo, en relación con la proyección inicial. Ciertas tecnologías todavía en desarrollo, como la eliminación y almacenamiento del CO₂ en las plantas que queman carbón y la gasificación in-situ, podrían desempeñar un papel en el futuro para mantener la producción de carbón, evitando a la vez las emisiones de CO₂ y de otros gases. Se prevén efectos particularmente importantes en el sector del carbón, derivados de políticas tales como la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles o la reestructuración de los impuestos sobre la energía, de modo de gravar el contenido de carbono más que el contenido de energía de los combustibles. Es un resultado bien establecido que la eliminación de los subsidios provocaría sustanciales reducciones en las emisiones de GEI y estimularía a la vez el crecimiento económico. Pero los efectos en cada país dependerán en gran medida del tipo de subsidio eliminado y de la viabilidad comercial de las fuentes alternativas de energía, incluso del carbón importado.

9.2.2. Petróleo

La industria del petróleo enfrenta también una potencial decadencia relativa, aunque pueda resultar moderada por la falta de productos sustitutivos para el petróleo en el transporte, la sustitución de los combustibles sólidos por combustibles líquidos en la generación de electricidad y la diversificación de la industria en el suministro de energía en general.

En la Tabla RT.6 se muestran varios resultados de modelos sobre los impactos de la implantación del Protocolo de Kioto en los países exportadores de petróleo. Cada modelo utiliza una medida diferente de impacto, y muchos emplean diferentes grupos de países en su definición de exportadores de petróleo. Pero todos los estudios demuestran que el uso de los mecanismos de flexibilidad reducirá el costo económico para los productores de petróleo.

Los estudios muestran, pues, una amplia gama de cálculos acerca del impacto de las políticas de mitigación sobre la producción y las rentas del petróleo. Gran parte de esas diferencias son atribuibles a los supuestos acerca de: la disponibilidad de reservas de petróleo convencionales, el grado de mitigación necesario, el empleo del comercio de emisiones, el control de otros GEI aparte del CO₂ y el uso de sumideros de carbono. Pero todos los estudios muestran un crecimiento neto en la producción y en las rentas del petróleo hasta 2020 por lo menos, y un impacto considerablemente menor sobre el precio real del petróleo que el que ha resultado de las fluctuaciones del mercado en los últimos 30 años. En la Figura RT.9 se muestra la proyección de los precios reales del petróleo hasta 2010 tomada del Panorama de la energía mundial en 1998 de la AIE y la implantación del efecto de Kioto tomada del modelo G-Cubed, el estudio que muestra la mayor caída en las rentas de la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en la Tabla RT.6. La pérdida del 25% en las rentas de la OPEP en el

Tabla RT-6: Costos de la implantación del protocolo de Kioto para las regiones/países exportadores de petróleo^a

Modelo ^b	Sin comercio ^c	Con comercio del Anexo I	Con “comercio mundial”
G-Cubed	-25% ingresos de petróleo	-13% ingresos de petróleo	-7% ingresos de petróleo
GREEN	-3% ingreso real	“pérdida sustancialmente reducida”	n/a
GTEM	0,2% pérdida PIB	<0,05% pérdida PIB	n/a
MS-MRT	1,39% pérdida bienestar	1,15% pérdida bienestar	0,36% pérdida bienestar
Modelo OPEC	-17% ingresos OPEP	-10% ingresos OPEP	-8% ingresos OPEP
CLIMOX	n/a	-10% ingresos algunos exportadores de petróleo	n/a

a La definición de país exportador de petróleo varía: para G-Cubed y el modelo OPEP, son los países de la OPEP, para GREEN es un grupo de países exportadores de petróleo, para GTEM son México e Indonesia, para MS-MRT es la OPEP + México y para CLIMOX son los exportadores de petróleo de Asia occidental y África septentrional.

b Todos los modelos consideran la economía mundial hasta 2010 con mitigación conforme a las metas del Protocolo de Kioto (generalmente en los modelos se aplica a la mitigación de CO₂ antes de 2010 más que a las emisiones de GEI hasta 2008-2012), obtenida aplicando un impuesto sobre el carbono o permisos de emisión subastados con ingresos reciclados mediante pagos únicos a los consumidores; no se toman en cuenta en los resultados los beneficios subsidiarios, como las reducciones de daños debidos a la contaminación atmosférica local.

c “Comercio” significa el comercio de permisos de emisión entre países.

escenario sin comercio implica una caída del 17 % en los precios del petróleo, que se muestra en la figura para 2010; esto se reduce a una caída de apenas algo más del 7 % con el comercio del Anexo I.

Estos estudios no tienen en cuenta, por lo general, alguna de las siguientes políticas y medidas que podrían disminuir el impacto sobre los exportadores de petróleo, y a veces ninguna de ellas:

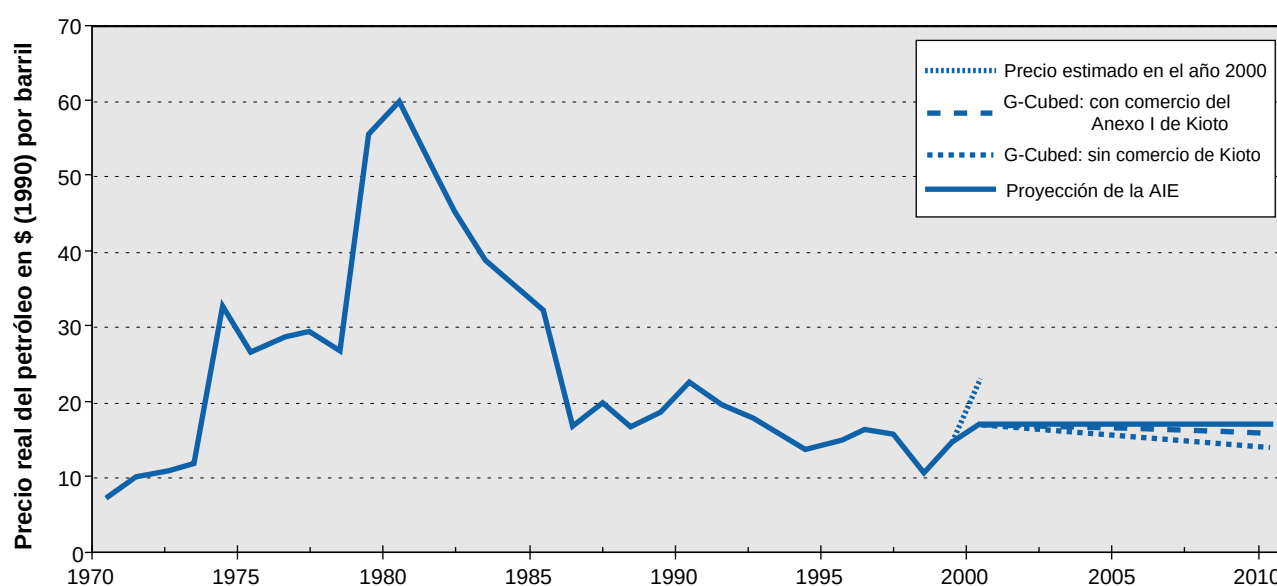
- las políticas y medidas sobre otros GEI aparte del CO₂ o las fuentes no energéticas de todos los GEI;
- las compensaciones de los sumideros;
- la reestructuración de la industria (p.ej., de productor de energía a proveedor de servicios de energía);
- el uso del poder de mercado de la OPEP; y

- las medidas (p.ej., de las Partes del Anexo B) relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología.

Además, los estudios no incluyen en general las siguientes políticas y efectos que pueden reducir el costo total de la mitigación:

- el uso de las rentas tributarias para reducir las cargas de los impuestos o financiar otras medidas de mitigación;
- los co-beneficios o beneficios subsidiarios ambientales de las reducciones en el uso de combustibles de origen fósil; y
- el cambio técnico inducido por las políticas de mitigación.

Como resultado, los estudios tal vez tienden a sobrestimar tanto los costos para los países exportadores de petróleo como los costos generales.



Nota: El precio del petróleo es el de UK Brent, deflactado a precios de 1990 usando el deflactor de PIB de Estados Unidos. El precio de 2000 se basa en los precios reales de enero a agosto y los precios futuros para septiembre a diciembre.

Figura RT-9: Precios reales del petróleo y efectos de la ejecución de Kioto.

9.2.3. Gas

Los estudios de modelización sugieren que las políticas de mitigación pueden tener el impacto mínimo sobre el petróleo, el impacto máximo sobre el carbón y algún impacto intermedio sobre el gas; esos resultados han sido establecidos, pero son incompletos. La gran diversidad entre los estudios en cuanto a los efectos de la mitigación sobre la demanda de gas está asociada con la importancia de su disponibilidad en diferentes lugares, sus pautas de demanda específicas y el potencial del gas para sustituir al carbón en la generación de energía.

Estos resultados difieren de las tendencias recientes, que muestran que el uso del gas natural aumenta más rápido que el uso del carbón o del petróleo. Pueden explicarse del modo siguiente. En el sector del transporte, el mayor usuario de petróleo, la tecnología y la infraestructura actuales no permitirán demasiado cambio del petróleo a alternativas de combustibles no fósiles en los países del Anexo I antes de 2020 aproximadamente. Los países del Anexo B sólo podrán cumplir con sus compromisos asumidos en el Protocolo de Kioto reduciendo el uso general de energía y esto provocará una reducción en la demanda de gas natural, a menos que sea compensada mediante una conversión al gas natural para la generación de energía. La modelización de ese cambio sigue siendo limitada en esos modelos.

9.2.4. Electricidad

En general, con respecto al sector electricidad, las políticas de mitigación requieren o directamente ofrecen incentivos para aumentar el uso de tecnologías con cero emisiones (como las energías nuclear, hidroeléctrica y otras renovables) y tecnologías generadoras con menor emisión de GEI (como el gas natural de ciclo combinado). O bien, en segundo lugar, impulsan indirectamente su mayor utilización mediante enfoques más flexibles que aplican un impuesto o requieren un permiso para emitir GEI. De cualquier modo, el resultado será un desplazamiento en la combinación de los combustibles empleados para generar electricidad hacia un mayor uso de tecnologías de generación con cero o escasas emisiones, apartándose de los combustibles de origen fósil que son mayores emisores.

La energía nuclear tendría considerables ventajas como resultado de las políticas de mitigación de los GEI, porque la energía del combustible nuclear produce GEI en ínfima cantidad. A pesar de esta ventaja, no se considera que la energía nuclear sea la solución al problema del calentamiento del planeta en muchos países. Las cuestiones principales son: 1) los altos costos en comparación con las CCGT alternativas, 2) la aceptación del público con respecto a la seguridad de operación y los desechos, 3) la seguridad de la gestión de los desechos radiactivos y el reciclaje del combustible nuclear, 4) los riesgos del transporte de combustible nuclear y (5) la proliferación de armas nucleares.

9.2.5. Transporte

Salvo que resulten rápidamente accesibles los vehículos muy eficientes (como los de pila de combustible), existen pocas opciones disponibles para reducir el uso de energía en el transporte a corto plazo, que no impliquen importantes costos económicos, sociales o políticos.

Ningún gobierno ha mostrado aún políticas capaces de reducir la demanda general de movilidad y todos los gobiernos encuentran políticamente difícil contemplar esas medidas. Es muy probable que se obtengan sustanciales mejoras adicionales en la eficiencia energética de las aeronaves mediante políticas que aumenten el precio de los viajes aéreos y por lo tanto reduzcan la cantidad de los mismos. Las elasticidades de la demanda en los precios estimados son del orden de -0,8 a -2,7. Elevar el precio de los viajes aéreos mediante impuestos tropieza con varios obstáculos políticos. Muchos de los tratados bilaterales que rigen actualmente el funcionamiento del sistema de transporte aéreo contienen disposiciones sobre exención de impuestos y derechos que no correspondan al costo de explotación y al mejoramiento del sistema.

9.3 Beneficios subsidiarios sectoriales de la mitigación de los gases de efecto invernadero

Los costos directos del consumo de combustibles de origen fósil van acompañados de beneficios para el medio y la salud pública, asociados con una reducción en la extracción y quema de los combustibles. Esos beneficios proceden de una reducción en los daños ocasionados por esas actividades, especialmente la reducción en las emisiones de contaminantes asociados con la combustión, como el SO₂, el NO_x, el CO y otras sustancias químicas, y de partículas en suspensión. De ese modo, se mejorará la calidad del aire y del agua a escala local y regional, y disminuirán por lo tanto los daños a la salud humana, animal y vegetal y a los ecosistemas. Si todos los contaminantes asociados con las emisiones de GEI son eliminados mediante nuevas tecnologías o una descontaminación en el punto de emisión (por ejemplo, la desulfuración del gas de combustión en una central energética, combinada con la eliminación de todos los demás contaminantes aparte de los GEI), entonces ya no existirán más beneficios subsidiarios. Pero esa descontaminación es limitada actualmente y resulta cara, especialmente para las emisiones en pequeña escala de las viviendas y los automóviles (Véase también la Sección 8.6).

9.4 Los efectos de la mitigación sobre la competitividad sectorial

Las políticas de mitigación son menos eficaces si provocan una pérdida de competitividad internacional o la emigración de las industrias emisoras de GEI desde la región que aplica la política (llamada derrame de carbono). Los efectos estimados, que se exponen en la bibliografía, sobre la competitividad de los precios internacionales son reducidos, mientras los que inciden sobre el derrame de carbono parecen recorrer el escenario de las explicaciones rivales, con grandes diferencias según los modelos y los supuestos utilizados. Hay varias razones para esperar que esos efectos no sean importantes. Primero, las políticas de mitigación adoptadas actualmente emplean una serie de instrumentos y generalmente incluyen un trámite especial para minimizar los efectos industriales adversos, tales como las exenciones para las industrias de gran consumo de energía. Segundo, los modelos suponen que toda industria emigrante usará la tecnología media de la zona a la cual se mudará; sin embargo, pueden adoptar en cambio nuevas tecnologías que emitan menos CO₂. Tercero, las políticas de mitigación fomentan también las tecnologías de bajas emisiones y estas también pueden emigrar, reduciendo las emisiones en las industrias de otros países (véase también la Sección 8.7).

9.5 Por qué difieren los resultados de los estudios

Los resultados que figuran en los estudios evaluados provienen de diferentes enfoques y modelos. Una interpretación correcta de los resultados obliga a comprender los métodos adoptados y los supuestos en que se apoyan los modelos y estudios. Pueden surgir grandes diferencias en los resultados por el uso de diferentes escenarios o situaciones iniciales de referencia. Y las características de la referencia pueden afectar notablemente los resultados cuantitativos de la política de mitigación modelizada. Por ejemplo, si se supone que la calidad del aire es satisfactoria en la situación inicial, el potencial de beneficios subsidiarios en la calidad del aire en cualquier escenario de mitigación de GEI queda excluido como supuesto previo. Aun con supuestos semejantes o con la misma referencia inicial, los estudios presentan resultados diferentes.

En cuanto a los costos de la mitigación, esas diferencias parecen originarse en gran medida en diferentes enfoques y supuestos, el más importante de los cuales es el tipo de modelo adoptado. Los modelos de ingeniería de lo particular a lo general que suponen nuevas oportunidades tecnológicas tienden a mostrar beneficios de la mitigación. Los modelos de equilibrio general de lo general a lo particular parecen mostrar menores costos que los modelos económicos de la serie temporal de lo general a lo particular. Los principales supuestos que determinan menores costos en los modelos son que:

- se adoptan nuevos instrumentos flexibles, como el comercio de emisiones y la implantación conjunta;
- se reintegran a la economía las rentas de los impuestos o de la venta de permisos, reduciendo los impuestos gravosos; y
- se incluyen en los resultados beneficios subsidiarios, especialmente por la menor contaminación del aire.

Por último, el progreso tecnológico y la difusión a largo plazo se dan en gran medida en los modelos de lo general a lo particular; diferentes supuestos o un tratamiento más integral y dinámico podrían tener efectos importantes sobre los resultados.

10. Marcos analíticos de decisión

10.1. Alcance e innovaciones de los análisis para las decisiones sobre el cambio climático

Los marcos para la toma de decisiones (MTD) vinculados con el cambio climático abarcan múltiples niveles, desde las negociaciones mundiales hasta las opciones individuales y diversos actores con diferentes dotaciones de recursos, valores y aspiraciones divergentes. Esto explica las dificultades para alcanzar una estrategia de gestión aceptable para todos. La dinámica influencia recíproca entre los sectores económicos y los correspondientes grupos de intereses sociales dificultan la elaboración de una postura nacional que esté representada en primer término en los foros internacionales. Lo complejo de las negociaciones internacionales sobre el clima es el resultado de la multiplicidad de posturas nacionales, a menudo ambiguas, así como de los nexos de la política frente al cambio con otros objetivos socioeconómicos.

Ningún MTD puede reproducir la diversidad mencionada en toda su riqueza. Pero los analistas han hecho notables progresos en varias direcciones desde el SIE. Primero, integran una cantidad creciente de cuestiones en un solo marco analítico, con el fin de ofrecer una evaluación con coherencia interna de los componentes, procesos y subsistemas estrechamente relacionados. Los modelos de evaluación integral (MEI) resultantes citados en este capítulo, y en realidad en todo el informe, aportan valiosas perspectivas sobre varias cuestiones de política climática para los responsables de tomar decisiones. Segundo, los científicos prestan creciente atención al contexto más amplio de cuestiones vinculadas con el clima que se han ignorado o a las que se ha prestado atención marginal anteriormente. Entre otros factores, esto ha fomentado la integración de las cuestiones de desarrollo, sustentabilidad y equidad en este informe.

El cambio climático es una cuestión profundamente diferente de la mayoría de los otros problemas ambientales que ha afrontado la humanidad. Varios rasgos combinados le confieren al problema del clima sus características exclusivas. Entre ellos, las cuestiones de bien público que surgen de la concentración de los GEI en la atmósfera y que requieren medidas colectivas a escala planetaria, la multiplicidad de responsables de tomar decisiones, desde el nivel mundial hasta el micronivel de las empresas y las personas individuales, la heterogeneidad de las emisiones y sus consecuencias en todo el mundo. Además, el carácter a largo plazo del cambio climático se origina en el hecho de que lo que importa es la concentración de los GEI, más que sus emisiones anuales, y este hecho plantea las espinosas cuestiones de la transferencia intergeneracional de las bondades y los males de la riqueza y el medio ambiente. Luego, las actividades humanas relacionadas con el cambio climático son muy amplias, lo cual hace imposibles las soluciones tecnológicas definidas estrechamente, y existen vigorosas interacciones de la política climática con otras amplias políticas socioeconómicas. Por último, grandes incertidumbres o en algunas áreas incluso ignorancia caracterizan muchos aspectos del problema y exigen adoptar un enfoque de gestión del riesgo en todos los MTD que se ocupen del cambio climático.

Los responsables de políticas, por lo tanto, tienen que hacer frente a grandes incertidumbres al elegir las respuestas apropiadas. Se ha aplicado gran variedad de instrumentos para ayudarles a adoptar opciones fundamentales. Cada uno de esos marcos de análisis decisional (MAD) tiene sus méritos y defectos, debido a su capacidad de encarar mejor algunos de los rasgos mencionados y menos adecuadamente otras facetas. Análisis recientes con instrumentos bien establecidos, como el análisis de costo-beneficios, y otros marcos recién elaborados, como el enfoque de ventanas tolerables o aterrizaje seguro, ofrecen nuevas perspectivas del problema.

La Figura RT-10a muestra los resultados de un análisis de rentabilidad en que se explora la estrategia óptima de protección cuando no se haya resuelto la incertidumbre con respecto a la meta de estabilización a largo plazo antes de 2020, sugiriendo que la descontaminación en los próximos años sería económicamente valiosa si existiese una probabilidad importante de tener que permanecer por debajo de toques que se habrían alcanzado de otro modo dentro de las escalas temporales características de los sistemas que producen gases de efecto invernadero. El grado de protección a corto plazo en el análisis anterior es sensible a la fecha de resolución de la incertidumbre, la inercia en el

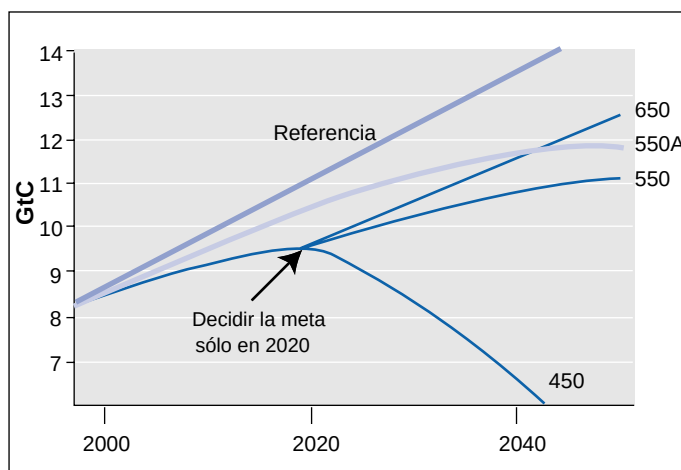


Figura RT-10a: Estrategia óptima para las emisiones de dióxido de carbono, usando el enfoque de la eficacia en función del costo.

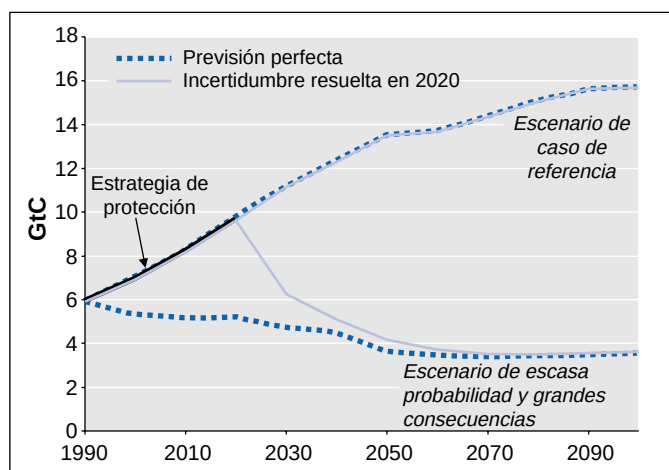


Figura RT-10b: Estrategia óptima de protección para un escenario de escasa probabilidad y grandes consecuencias, usando un enfoque de optimización de costo-beneficios.

sistema energético y el hecho de que deba satisfacerse a toda costa la meta definitiva de concentración (una vez que haya sido revelada). Otros experimentos, como aquellos con modelos de costo-beneficios estructurados como un problema de análisis de decisión bayesiano, muestran que las trayectorias óptimas de emisión a corto plazo (los próximos dos decenios) sólo divergen modestamente en virtud de una previsión y protección perfectas, incluso para escenarios de escasa probabilidad y gran consecuencia (véase la Figura RT.10b). Sin embargo, quizás tengan que adoptarse decisiones acerca de políticas climáticas a corto plazo, mientras todavía se está debatiendo la meta de estabilización. Por lo tanto, la toma de decisiones debería considerar la protección apropiada contra la resolución futura de esa meta y la posible revisión de las perspectivas científicas acerca de los riesgos del cambio climático. Varios estudios han tratado de identificar la estrategia de protección óptima a corto plazo basada en la incertidumbre en cuanto al objetivo a largo plazo. Esos estudios comprueban que la cantidad deseable de protección depende de la evaluación que se haga de las apuestas, las probabilidades y el costo de la mitigación. La prima de riesgo —la cantidad que la sociedad está dispuesta a pagar para evitar el riesgo— es en definitiva una decisión política que varía de un país a otro.

Los análisis de rentabilidad tratan de encontrar el costo mínimo de lograr una meta ambiental equiparando los costos marginales de la mitigación a través del espacio y del tiempo. Los estudios de rentabilidad a largo plazo estiman los costos de estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO₂ en diferentes niveles y comprueban que los costos del tope de 450 ppmv son considerablemente superiores a los del límite de 750 ppmv. En vez de buscar una sola trayectoria óptima, el enfoque de ventanas tolerables / aterrizaje seguro trata de delinear el conjunto completo de trayectorias de emisión posibles que satisfagan las restricciones definidas externamente de impacto sobre el clima y costos de emisión. Los resultados indican que postergar las reducciones en las emisiones efectivas a corto plazo puede reducir drásticamente el futuro conjunto de opciones para cumplir con metas relativamente estrictas de cambio climático, mientras que metas menos estrictas ofrecen más flexibilidad a corto plazo.

10.2. Regímenes internacionales y opciones de política

La estructura y características de los acuerdos internacionales sobre el cambio climático ejercerán importante influencia sobre la eficacia y los costos y beneficios de la mitigación. La eficacia y los costos y beneficios de un régimen internacional de cambio climático (como el Protocolo de Kioto y otros posibles acuerdos futuros) depende de la cantidad de signatarios del acuerdo y de sus metas de descontaminación y/o compromiso político. Al mismo tiempo, la cantidad de signatarios depende de la medida equitativa en que estén compartidos los compromisos de los participantes. Por lo tanto, la eficiencia económica (minimizar los costos maximizando la participación) y la equidad (los compromisos de asignación de limitación de las emisiones) están fuertemente ligadas.

Existe una triple relación entre el diseño del régimen internacional, la eficacia en función de los costos/eficacia de las políticas climáticas y la equidad de los consiguientes rendimientos económicos. En consecuencia, es fundamental concebir el régimen internacional de un modo que se considere a la vez eficiente y equitativo. La bibliografía presenta diferentes estrategias teóricas para optimizar un régimen internacional. Por ejemplo, puede hacerse más atractivo para los países sumarse al grupo que se compromete a cumplir con metas concretas de limitación y reducción de emisiones, incrementando la equidad de un acuerdo más amplio —y por lo tanto, su eficiencia— mediante medidas como una distribución apropiada de las metas en el tiempo, la vinculación del debate sobre el clima con otras cuestiones (“enlace de cuestiones”), el uso de transferencias financieras a los países afectados (“pagos indirectos”) o acuerdos de transferencia de tecnología.

Otras dos inquietudes importantes moldean la concepción de un régimen internacional: la “implementación” y el “cumplimiento”. La efectividad del régimen, que está en función de la implementación y el cumplimiento, se vincula con los cambios reales de comportamiento que promueven las metas del acuerdo. La implementación se refiere a la traducción de los acuerdos internacionales en legislación, políticas y reglamentos internos por parte de los gobiernos nacionales. El

cumplimiento se vincula con la cuestión de si los países adhieren realmente a las disposiciones de un acuerdo, y en qué grado. La *supervisión*, la *notificación* y la *verificación* son indispensables para la eficacia de los regímenes ambientales internacionales, pues hasta la fecha la supervisión, la evaluación y el manejo sistemáticos de las fallas de implementación han sido relativamente raros. De todos modos, están aumentando los esfuerzos por suministrar “sistemas de examen de la implementación”, que ya han sido incorporados a la estructura de la CMCC. El desafío para el futuro consiste en hacerlos más eficaces, especialmente mejorando los datos sobre las emisiones, políticas y medidas nacionales.

10.3. Nexos con las opciones de desarrollo sostenible nacional y local

Gran parte de la ambigüedad relacionada con el desarrollo sostenible y el cambio climático surge por la falta de mediciones que puedan aportar a los responsables de políticas información esencial acerca de las opciones alternativas en juego, de cómo esas opciones afectan claras y reconocibles cuestiones sociales, económicas y críticas para el medio ambiente, y ofrecen asimismo una base para evaluar su desempeño para alcanzar las metas y los objetivos. Por lo tanto, los indicadores son indispensables para que funcione el concepto de desarrollo sostenible. En el nivel nacional, se han dado pasos importantes en la dirección de definir y designar diferentes conjuntos de indicadores, pero queda mucho por hacer para traducir los objetivos de sostenibilidad en términos prácticos.

Es difícil generalizar acerca de las políticas y opciones de desarrollo sostenible. La sostenibilidad implica y exige diversidad, flexibilidad e innovación. Las opciones de políticas están destinadas a introducir cambios en las pautas tecnológicas de uso, producción y consumo de recursos naturales, cambios estructurales en los sistemas de producción, la distribución espacial de la población y las actividades económicas, y en los patrones de conducta. La bibliografía del cambio climático se ha ocupado en general de los tres primeros temas, mientras que se ha prestado escasa atención a la pertinencia de las elecciones y decisiones vinculadas con los patrones de conducta y los estilos de vida. Las pautas de consumo en los países industrializados son una razón importante del cambio climático. Si la gente modificara sus preferencias, esto podría atenuar considerablemente el cambio climático. Pero para cambiar sus pautas de consumo, la gente no sólo debe modificar su conducta, sino cambiar en sí misma, porque esas pautas son un elemento esencial de los estilos de vida y por lo tanto, de la autoestima. Y sin embargo, aparte del cambio climático, hay otras razones para hacerlo, así como indicios de que ese cambio puede alentarse políticamente.

Un requisito crítico del desarrollo sostenible es la capacidad de concebir medidas de política que, sin obstaculizar el desarrollo y de modo compatible con las estrategias nacionales, puedan explotar las sinergias potenciales entre los objetivos de crecimiento económico nacional y las políticas de enfoque ambiental. Las estrategias de mitigación del cambio climático ofrecen un claro ejemplo en el que las políticas coordinadas y armonizadas pueden sacar provecho de las sinergias entre las opciones de mitigación y objetivos más amplios. Se prevé que las mejoras en la eficiencia energética, comprendidos la conservación de energía, la adopción de combustibles con bajo contenido de carbono, el uso de fuentes de energía renovables y la introducción de

tecnologías más avanzadas de energías no convencionales, tendrán importantes repercusiones para doblegar las tendencias actuales en la emisión de GEI. Asimismo, la adopción de nuevas tecnologías y prácticas en las actividades agrícolas y silvícolas, así como la adopción de procesos de producción limpia, podrían hacer aportes sustanciales al esfuerzo de mitigación de los GEI. Según el contexto específico en que se apliquen, esas opciones pueden acarrear efectos laterales positivos o dobles dividendos, que en algunos casos merecen emprenderse, haya o no motivos vinculados con el clima para hacerlo.

El desarrollo sostenible requiere cambios tecnológicos y otros conexos radicales, tanto en los países desarrollados como en aquellos en desarrollo. La innovación tecnológica y la rápida y amplia transferencia e implementación de opciones tecnológicas individuales, así como de sistemas tecnológicos en general, constituyen elementos principales de las estrategias globales para alcanzar tanto la estabilización del clima como el desarrollo sostenible. Sin embargo, la transferencia de tecnología requiere algo más que la propia tecnología. Un ambiente que facilite la transferencia y la implementación con éxito de tecnología desempeña un papel crucial, particularmente en los países en desarrollo. Si se quiere que la transferencia de tecnología aporte beneficios económicos y sociales, debe tener en cuenta las tradiciones culturales y las capacidades locales, así como las circunstancias institucionales y organizativas para manejar, hacer funcionar, replicar y mejorar continuamente la tecnología.

El proceso de integrar e internalizar las políticas de cambio climático y desarrollo sostenible en agendas nacionales de desarrollo requiere nuevas estrategias para solucionar los problemas y nuevos enfoques de la toma de decisiones. Esta tarea implica un doble esfuerzo. Por una parte, el discurso del desarrollo sostenible exige más rigor analítico e intelectual (métodos, indicadores, etc.) para que este concepto avance de la teoría a la práctica. Por otra parte, el discurso del cambio climático necesita tomar conciencia del conjunto restrictivo de supuestos en que se cimentan los instrumentos y métodos aplicados en el análisis, y de las implicaciones sociales y políticas de las construcciones científicas del cambio climático. En los últimos años, buena cantidad de trabajos analíticos han encarado el problema en ambas direcciones. Se han explorado diversos enfoques para trascender los límites de los puntos de vista y de los marcos de decisión corrientes al tratar las cuestiones de la incertidumbre, la complejidad y las influencias contextuales de la evaluación y la toma de decisiones humanas. Surge un tema común: el énfasis en los marcos participativos de la toma de decisiones para articular nuevos arreglos institucionales.

10.4. Cuestiones científicas clave pertinentes para las políticas

Diferentes niveles de límites mundialmente convenidos para el cambio climático (o para las correspondientes concentraciones atmosféricas de GEI), conducen a diferentes equilibrios de los costos de la mitigación y los daños netos en distintas naciones. Considerando las incertidumbres al respecto y lo que falta por aprender, la estabilización del clima será inevitablemente un proceso iterativo: los Estados-nación determinan sus propias metas nacionales basándose en su propia exposición y su sensibilidad a la exposición de los otros países al cambio climático. La meta mundial surge de la acumulación de las metas nacionales, que supone posiblemente pagos secundarios, en negociaciones mundiales. Simultáneamente, el acuerdo sobre la distribución

de la carga y la meta mundial convenida determina los costos nacionales. En comparación con los daños netos previstos que se asocian con la meta mundial, quizás los Estados nación estimen conveniente reconsiderar sus propias metas nacionales, especialmente cuando se dispone de nueva información acerca de los esquemas mundial y regionales y de las repercusiones del cambio climático. Este es, pues, el punto de partida para la próxima ronda de negociaciones. Surge de lo expuesto que establecer el “número mágico” (o sea, el límite superior del cambio climático mundial o de la concentración de GEI en la atmósfera) será un largo proceso y su fuente será principalmente el proceso de política, es de esperar que con ayuda de adelantos científicos.

Al observar los dilemas clave en la toma de decisiones sobre el cambio climático, surgen las siguientes conclusiones (véase también la Tabla RT-7):

- una cartera cuidadosamente elaborada de actividades de mitigación, adaptación y aprendizaje parece ser apropiada en los próximos decenios para proteger contra el riesgo de magnitudes y/o tasas intolerables de cambio climático (del lado del impacto) y contra la necesidad de emprender reducciones penosamente drásticas de emisiones si la solución de incertidumbres revela que el cambio climático y sus impactos podrían implicar altos riesgos;
- la reducción de emisiones es una forma importante de mitigación, pero la cartera de la mitigación incluye un amplio espectro de otras actividades, incluso inversiones para desarrollar tecnologías de eficiencia energética de bajo costo sin carbono y de gestión del carbono que abaraten la futura mitigación del CO₂;
- la oportunidad y la composición de las medidas de mitigación (la inversión en desarrollo tecnológico o las reducciones inmediatas de las emisiones) son temas muy polémicos, debido a las características tecnológicas de los sistemas de energía y a la serie de incertidumbres que suponen los impactos de diferentes trayectorias de emisión;
- los instrumentos de flexibilidad internacional contribuyen a disminuir los costos de las reducciones de emisiones, pero plantean una serie de cuestiones de ejecución y verificación que es necesario equilibrar con las economías de costos;
- si bien existe amplio consenso en cuanto a la optimalidad de Pareto³⁰ como principio de eficiencia, no hay acuerdo sobre el mejor principio de equidad para construir un régimen internacional equitativo. La eficiencia y la equidad son preocupaciones importantes al negociar planes de limitación de las emisiones y no son mutuamente excluyentes. Por lo tanto, la equidad desempeñará una función importante al determinar la distribución de los permisos de emisiones y/o en los esquemas de compensación siguientes al comercio de emisiones que podría provocar un nivel desproporcionadamente alto de carga para ciertos países. Por último, es más importante construir un régimen sobre las implicaciones combinadas de los diversos principios de equidad, en vez de seleccionar un principio determinado de equidad. Difundir en todo el mundo tecnologías de eficiencia energética sin carbono, así como otras tecnologías de reducción de los GEI, significaría una importante contribución para reducir las emisiones a corto

plazo, pero muchos obstáculos se oponen a la transferencia de tecnología, incluso las imperfecciones del mercado, los problemas políticos y los frecuentemente olvidados costos de transacción;

- existen algunos nexos obvios entre los actuales problemas ambientales a escala mundial y continental y los intentos de la comunidad internacional por resolverlos, pero todavía no se han explorado a fondo, y muchos menos explotado, las sinergias potenciales de acometer conjuntamente varios de ellos.

Las decisiones de mitigación y adaptación relativas al cambio climático inducido antropógenamente son variadas. Las decisiones de mitigación involucran a muchos países, dispersan mundialmente los beneficios a lo largo de decenios o de siglos (con algunos beneficios subsidiarios a corto plazo), son impulsadas por medidas de política pública, basadas en la información disponible actualmente, y la correspondiente regulación exigirá un cumplimiento riguroso. En cambio, las decisiones de adaptación abarcan un lapso más breve entre gastos y rendimientos, costos y beneficios conexos acumulados localmente y su aplicación implica políticas públicas locales y adaptación privada de los agentes sociales afectados, ambas basadas en mejorar la información. Las capacidades de mitigación local y las capacidades de adaptación varían considerablemente en distintas regiones y a través del tiempo. Una cartera de políticas de mitigación y adaptación dependerá de las prioridades locales o nacionales y de los enfoques preferidos en combinación con las responsabilidades internacionales.

Dadas las grandes incertidumbres que caracterizan cada componente del problema del cambio climático, es difícil para los responsables de tomar decisiones establecer un nivel mundialmente aceptable para estabilizar actualmente las concentraciones de GEI. Los estudios evaluados en este capítulo respaldan las expectativas obvias de que metas inferiores de estabilización implican costos de mitigación sustancialmente más elevados y reducciones de emisiones a corto plazo relativamente más ambiciosas por una parte, pero como lo ha informado el GT II, las metas inferiores tienen repercusiones bio/geofísicas significativamente menores y de ese modo provocan menos daños y generan menos costos de adaptación.

11. Lagunas en los conocimientos

Entre las importantes lagunas en los conocimientos que nuevas investigaciones podrían contribuir a llenar en apoyo de futuras evaluaciones, figuran los temas siguientes:

- *Mayor exploración de los potenciales regionales, nacionales y sectoriales de opciones de innovación tecnológica y social, entre ellos:*
 - el potencial y los costos a corto, mediano y largo plazo de opciones de mitigación no energética de CO₂ y otros gases aparte del CO₂;
 - la comprensión de la difusión de tecnología a través de diferentes regiones;

30 El óptimo de Pareto es un requisito o situación de que el bienestar de una persona no podría mejorarse más sin empeorar la situación de otros en la sociedad.

Tabla RT-16: ¿Cómo equilibrar la cartera de mitigación a corto plazo?

Cuestión	Favoreciendo una modesta descontaminación temprana	Favoreciendo una enérgica descontaminación temprana
Desarrollo de tecnología	- Las tecnologías energéticas están cambiando y se encuentran versiones mejoradas de las tecnologías existentes, aun sin intervención de políticas. - Un modesto despliegue temprano de tecnologías que mejoran rápidamente permite reducciones de costos en la curva de aprendizaje, sin encerrarse prematuramente en la tecnología existente de baja productividad. - El desarrollo de tecnologías radicalmente adelantadas exigirá inversión en investigación básica.	- La disponibilidad de medidas de bajo costo puede tener un impacto sustancial sobre las trayectorias de las emisiones. - El cambio endógeno (inducido por el mercado) podría acelerar el desarrollo de soluciones de bajo costo (aprendizaje en la práctica). - Los efectos de agrupación destacan la importancia de pasar a trayectorias de emisión más bajas. - Se induce el salto temprano de la IyD en energía empresarial de los desarrollos de frontera fósiles a las tecnologías de bajo consumo de carbono
Existencias de capital de inercia	- Comenzar con límites de emisiones inicialmente modestos evita el retiro prematuro de capitales existentes y se aprovecha la tasa natural de rotación del capital. - También se reduce el costo de transferencia del capital existente y se evita el aumento de los precios de las inversiones provocado por los efectos de desplazamiento.	- Se explota más la transferencia natural de capital influyendo sobre las nuevas inversiones de aquí en adelante. - Limitando las emisiones a niveles compatibles con las bajas concentraciones de CO₂, se preserva la opción de limitar las concentraciones de CO₂ a niveles bajos usando la tecnología actual. - Se reducen los riesgos de las incertidumbres en las restricciones a la estabilización y por lo tanto el riesgo de verse obligado a reducciones muy rápidas, que exigirán más adelante el retiro de capital.
Efectos sociales e inercia	- La reducción gradual de emisiones reduce la extensión del desempleo sectorial inducido, dando más tiempo para reeducar profesionalmente a la fuerza de trabajo e introducir cambios estructurales en el mercado de trabajo y en la educación. - Se reducen las pérdidas de bienestar asociadas con la necesidad de cambios rápidos en los estilos de vida y en los medios de subsistencia de la gente.	Especialmente si se requiriesen en definitiva metas más bajas de estabilización, las medidas tempranas más enérgicas reducen la tasa máxima de reducción de emisiones que será necesaria posteriormente y se reducen los problemas de transición conexos, los trastornos y las pérdidas de bienestar asociados con la necesidad de cambios posteriores más rápidos en los estilos de vida y en los medios de subsistencia de la gente.
Descuentos y equidad intergeneracional	Se reduce el valor actual de los costos futuros de contaminación (<i>ceteris paribus</i>), pero posiblemente se reducen los costos relativos futuros al proveer tecnologías baratas y aumentar los futuros niveles de ingresos.	Se reducen los impactos y (<i>ceteris paribus</i>) se reduce su valor actual.
Ciclo del carbono y cambio radiativo	- Leve aumento en la concentración de CO₂ transitoria a corto plazo. - Se absorben más emisiones, permitiendo mayores emisiones totales este siglo en virtud de una restricción dada de estabilización (que se compensará con menores emisiones más adelante).	- Leve disminución en la concentración de CO₂ transitoria a corto plazo. - Se reducen las tasas de mayor intensidad en el cambio de temperatura.
Impactos en el cambio climático	Pocas evidencias de daños provocados por episodios de varios decenios de cambio relativamente rápido en el pasado.	Se evitan quizás mayores daños provocados por tasas más rápidas de cambio climático.

- la identificación de oportunidades en el área de la innovación social que contribuyan a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero;
 - un amplio análisis del impacto de las medidas de mitigación sobre los flujos de C dentro y fuera del sistema terrestre; y
 - algunas investigaciones básicas en el área de la geoingeniería.
- *Cuestiones económicas, sociales e institucionales relativas a la mitigación del cambio climático en todos los países. Las áreas prioritarias comprenden:*
 - se recomiendan muchos más análisis de opciones, obstáculos y políticas regionales de mitigación, ya que están condicionados por la capacidad mitigadora de las regiones;
 - las consecuencias de la mitigación sobre la equidad;
 - metodologías apropiadas y mejores fuentes de datos para la mitigación del cambio climático y la formación de capacidad en el área de la evaluación integrada;
 - el fortalecimiento de futuras investigaciones y evaluaciones, especialmente en los países en desarrollo.
 - *Metodologías de análisis del potencial de opciones de mitigación y sus costos, prestando especial atención a la comparabilidad de los resultados. Entre los ejemplos, se cuentan:*
 - caracterizar y medir los obstáculos que inhiben las medidas para reducir los gases de efecto invernadero;
 - hacer más coherentes, reproducibles y accesibles las técnicas de modelización de la mitigación;
 - modelizar el aprendizaje tecnológico; mejorar los instrumentos analíticos para evaluar los beneficios subsidiarios, p.ej. asignando los costos de la descontaminación a los gases de efecto invernadero y a otros contaminantes;
 - analizar sistemáticamente la dependencia de los costos sobre supuestos iniciales de referencia para diversos escenarios de estabilización de gases de efecto invernadero;
 - elaborar marcos analíticos de decisión para tratar la incertidumbre y el riesgo socioeconómico y ecológico en la formulación de políticas climáticas;
 - mejorar los modelos y estudios mundiales, sus supuestos y su coherencia en el tratamiento y la notificación de los países y regiones no incluidos en el Anexo I.
 - *Evaluación de las opciones de mitigación del clima en el contexto del desarrollo, la sustentabilidad y la equidad. Entre los ejemplos, se cuentan:*
 - se necesita más investigación sobre el equilibrio de las opciones en las áreas de la mitigación y la adaptación y la capacidad mitigadora y adaptadora en el contexto DES;
 - exploración de vías de desarrollo alternativas que incluyan pautas de consumo sostenible en todos los sectores, incluso el sector del transporte, y análisis integral de la mitigación y la adaptación;
 - identificar las oportunidades de sinergia entre las políticas climáticas explícitas y las políticas generales de promoción del desarrollo sostenible;
 - integración de la equidad intergeneracional e intrageneracional en los estudios de mitigación del cambio climático;
 - implicaciones de las evaluaciones de la equidad;
 - análisis de los aspectos científicos, técnicos y económicos de las implicaciones de las opciones dentro de una amplia gama de regímenes de estabilización;
 - determinar que clases de políticas interactúan con qué tipos de condiciones socioeconómicas para producir futuros caracterizados por bajas emisiones de CO₂;
 - investigación acerca de cómo pueden fomentarse los cambios en los valores sociales para promover el desarrollo sostenible; y
 - evaluar las opciones de mitigación del clima en el contexto de y para la sinergia con medidas potenciales o reales de adaptación.
 - *Preparación de estudios de ingeniería-economía, de usuarios finales y sectoriales de los potenciales de mitigación de emisiones de GEI para regiones y/o países específicos del mundo, concentrándose en:*
 - identificación y evaluación de las tecnologías y medidas de mitigación que se requieren para apartarse de las condiciones habituales a corto plazo (2010, 2020);
 - elaboración de metodologías normalizadas para cuantificar las reducciones de las emisiones y los costos de las tecnologías y medidas de mitigación;
 - identificación de los obstáculos para implantar tecnologías y medidas de mitigación;
 - identificación de oportunidades para aumentar la adopción de tecnologías y medidas de mitigación de las emisiones de GEI mediante conexiones con los beneficios subsidiarios y para mejorar los objetivos DES; y
 - vinculación de los resultados de las evaluaciones con políticas y programas específicos que puedan superar los obstáculos identificados y potenciar los beneficios subsidiarios identificados.

GLOSARIO DEL INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO III

[Los términos que son entradas independientes en este glosario se destacan en ***negritas cursivas*** en el texto, para facilitar la referencia].

Actividades implementadas conjuntamente (AIC)

Etapa piloto de la **implementación conjunta**, definida en el Artículo 4.2 a) de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, que permite la actividad de proyectos entre países desarrollados (y sus empresas) y entre países desarrollados y en desarrollo (y sus empresas). Las AIC están destinadas a permitir a las Partes en la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** adquirir experiencia en actividades de proyectos ejecutadas conjuntamente. Durante la etapa piloto no existe ninguna acreditación para las actividades AIC. Está por adoptarse una decisión sobre el futuro de los proyectos de AIC y cómo pueden vincularse con los mecanismos de Kioto. Como forma simple de permisos negociables, las AIC y otros planes basados en el mercado representan importantes mecanismos potenciales para estimular más flujos de recursos en beneficio del medio ambiente mundial. Véase también **Mecanismo para un desarrollo limpio e intercambio de emisiones**.

Acuerdo voluntario

Acuerdo entre una autoridad gubernamental y una o más partes privadas, así como un compromiso unilateral reconocido por la autoridad pública para alcanzar objetivos ambientales o mejorar el rendimiento ambiental más allá del cumplimiento.

Adaptación

Ajuste de sistemas naturales o humanos a un medio ambiente nuevo o cambiante. La adaptación al **cambio climático** se refiere al ajuste de sistemas naturales o humanos, en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos o a sus efectos, que modera los daños o explota oportunidades provechosas. Pueden distinguirse diversos tipos de adaptación, entre ellos la adaptación anticipadora y la reactiva, la adaptación privada y la pública, y la adaptación autónoma y la planificada.

Adicionalidad

Reducción de las **emisiones de fuentes** o aumento de la eliminación por **sumideros**, adicionales a los que se producirían en caso de no existir una actividad de proyecto de **Implementación conjunta** o un **Mecanismo de desarrollo limpio**, tales como se definen en los artículos del **Protocolo de Kioto** sobre **Implementación conjunta** y **Mecanismo de desarrollo limpio**. Esta definición puede ampliarse además para incluir la adicionalidad financiera, de inversión y de **tecnología**. En la adicionalidad financiera, la financiación de la actividad de proyectos será adicional al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), otros compromisos financieros de las Partes incluidas en el Anexo I, la Asistencia Oficial al Desarrollo y otros sistemas de cooperación. En la **adicionalidad de inversión**, el **valor** de la **unidad de reducción de emisiones/unidad de reducción de emisiones certificada** aumentará considerablemente la viabilidad financiera y/o comercial de la actividad de proyectos. En la

adicionalidad de tecnología, la tecnología empleada para la actividad de proyectos será la mejor disponible para las circunstancias de la Parte anfitriona.

Agencia Internacional de la Energía (IEA)

Foro sobre la energía con sede en París, constituido en 1974. Está vinculado con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y permite a los países miembros adoptar medidas conjuntas para responder a las emergencias de abastecimiento de petróleo, intercambiar información sobre temas energéticos, coordinar sus políticas energéticas y cooperar en la elaboración de programas racionales sobre la energía.

AIC

Véase **actividades implementadas conjuntamente**.

Alianza de Pequeños Estados Insulares (AOSIS)

El grupo se creó durante la Segunda Conferencia Climática Mundial en 1990 y está constituido por Pequeños Estados Insulares en desarrollo y territorios costeros bajos, particularmente vulnerables a las consecuencias adversas del **cambio climático**, como la elevación del nivel del mar, la decoloración de los corales y la mayor frecuencia e intensidad de las tormentas tropicales. Con más de 35 Estados del Atlántico, el Caribe, el océano Índico, el Mediterráneo y el Pacífico, la AOSIS comparte objetivos comunes sobre asuntos de medio ambiente y desarrollo sostenible incluidos en el proceso de la **CMCC (Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas)**.

Análisis de equilibrio general

Enfoque que considera simultáneamente todos los mercados y los efectos de retroacción entre esos mercados en una economía que lleva a la liquidación del mercado. Véase también **equilibrio de mercado**.

Análisis de estabilización

En este informe, la expresión se refiere a los análisis o **escenarios** que se ocupan de la **estabilización** de la concentración de los **gases de efecto invernadero**.

AOSIS

Véase **Alianza de Pequeños Estados Insulares**.

Banca

Según el **Protocolo de Kioto** [Artículo 3 (13)], las Partes incluidas en el Anexo I de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** podrán ahorrar el excedente de las **emisiones** que se les han reconocido o acreditado en el primer período de compromiso para utilizarlo en períodos de compromiso subsiguientes (después de 2012).

Barrera

Véase **obstáculo**.

Barreras del mercado

En el contexto de la **mitigación** del **cambio climático**, condiciones que impiden o dificultan la difusión de tecnologías o prácticas **rentables** que mitigarían las **emisiones** de **gases de efecto invernadero**.

Base de recursos

La base de recursos comprende tanto las **reservas** como los **recursos**.

Beneficios subsidiarios

Efectos subsidiarios, o secundarios, de las políticas destinadas exclusivamente a la **mitigación del cambio climático**. Esas políticas repercuten no sólo sobre las **emisiones** de **gases de efecto invernadero**, sino también sobre la eficiencia en el uso de los recursos, como la reducción de las emisiones de contaminantes del aire en los niveles local y regional asociados con el uso de combustibles de origen fósil, y sobre asuntos tales como el transporte, la agricultura, las prácticas en el **uso de la tierra**, el empleo y la seguridad del combustible. A veces, se hace referencia a estos beneficios como “impactos subsidiarios”, para reflejar que en algunos casos los beneficios pueden ser negativos. Desde la perspectiva de las políticas destinadas a reducir la contaminación del aire en el nivel local, la **mitigación de los gases de efecto invernadero** puede considerarse también un beneficio subsidiario, pero esas relaciones no se consideran en esta evaluación. Véase también **cobeneficios**.

Biocombustible

Combustible producido con materia orgánica seca o aceites combustibles producidos por vegetales. Entre los ejemplos de biocombustible cabe citar el alcohol (de azúcar fermentada), la lejía negra derivada del proceso de fabricación de papel, la madera y el aceite de soja.

Biomasa

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente. La biomasa puede usarse directamente como combustible quemándola (p.ej., la madera) o indirectamente mediante la formación de alcohol por fermentación (p.ej., la caña de azúcar) o extracción de aceites combustibles (p.ej., los frijoles de soja).

Bosque

Forma de vegetación en la que predominan los árboles. En todo el mundo se utilizan muchas definiciones del término bosque, que reflejan grandes diferencias en las características biogeofísicas, la estructura social y la economía³¹. Véase también **forestación**, **deforestación** y **reforestación**.

Burbuja

El Artículo 4 del **Protocolo de Kioto** permite que un grupo de países cumpla con su objetivo expuesto en el **Anexo B** en forma conjunta, sumando todas sus **emisiones** en una sola “burbuja” y compartiendo la

carga. Los Estados de la Unión Europea se proponen sumar y compartir los compromisos de sus emisiones en una sola burbuja.

CA

Véase **cantidades atribuidas**.

Calentamiento de la Tierra

Incremento observado o proyectado en la temperatura media mundial.

Cambio climático

Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropógenos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra. Adviértase que la **Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC)** de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, 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 **Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas** hace, pues, una distinción entre el “cambio climático” atribuible a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera y la “variabilidad del clima” atribuible a causas naturales.

Cambio estructural

Cambios, por ejemplo, en la repartición relativa del **producto interno bruto** producido por los sectores industrial, agrícola o de servicios de una economía; o más generalmente, transformaciones en los sistemas como consecuencia de las cuales algunos componentes son reubicados o potencialmente sustituidos por otros.

Cantidades atribuidas (CA)

En virtud del **Protocolo de Kioto**, la cantidad total de **emisiones de gases de efecto invernadero** que cada **país que figura en el Anexo B** ha convenido en no exceder en el primer período de compromiso (2008 a 2012) es la cantidad atribuida a ese país. Se calcula multiplicando las emisiones totales de **gases de efecto invernadero** del país en 1990 por cinco (para el período de compromiso de 5 años) y luego por el porcentaje convenido, que figura en el Anexo B del Protocolo de Kioto (p.ej., 92% para la Unión Europea; 93% para los EE.UU.).

Capacidad mitigativa

Estructuras y condiciones sociales, políticas y económicas que se requieren para una **mitigación** efectiva.

CFC

Véase **clorofluorocarbonos**.

CH₄

Véase **metano**.

Ciclo del carbono

Término utilizado para describir la circulación del carbono en diversas formas (p.ej., como **dióxido de carbono**) en la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera.

31 Véase un análisis del término bosque y términos conexos, como forestación, reforestación y deforestación, en *Informe especial del IPCC: uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*, 2000.

Clorofluorocarbonos (CFC)

Gases de efecto invernadero comprendidos en el Protocolo de Montreal de 1987 y utilizados para la refrigeración, la climatización, el embalaje, la aislación, los solventes o los propulsores de aerosoles. Como no se destruyen en la atmósfera inferior, los CFC derivan en la atmósfera superior, donde en condiciones apropiadas, pueden destruir el **ozono**. Esos gases se están sustituyendo por otros compuestos, entre ellos los hidroclorofluorocarbonos y los **hidrofluorocarbonos**, que son *gases de efecto invernadero* comprendidos en el **Protocolo de Kioto**.

CLRCE

Véase **compromisos de limitación o reducción cuantificada de emisiones**.

CMCC

Véase **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**.

CO₂

Véase **dióxido de carbono**.

CO₂ equivalente

Concentración de **dióxido de carbono** que produciría el mismo nivel de **forzamiento radiativo** que una mezcla dada de dióxido de carbono y otros **gases de efecto invernadero**.

Cobeneficios

Beneficios de las políticas que se aplican por diversas razones al mismo tiempo —incluso la **mitigación del cambio climático**— admitiendo que la mayoría de las políticas destinadas a procurar la **mitigación** de los **gases de efecto invernadero** también pueden tener otras justificaciones, a menudo por lo menos igualmente importantes (p.ej., vinculadas con objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad). También se usa el término coimpacto en un sentido más general, para abarcar tanto el aspecto positivo como el negativo de los beneficios. Véase también **beneficios subsidiarios**.

Cogeneración

Utilización del calor residual de la generación de electricidad, como el escape de las turbinas de gas, con fines industriales o de calefacción de zonas residenciales.

Combustibles de origen fósil

Combustibles a base de carbono procedentes de yacimientos de carbono fósil, que comprenden el carbón, el petróleo y el gas natural.

Comercialización

Serie de medidas necesarias para obtener el acceso al mercado y competitividad comercial para las nuevas tecnologías, procesos y productos.

Comercio de los derechos de emisión

Enfoque basado en el mercado para alcanzar objetivos ambientales que permiten, a quienes reducen sus **emisiones de gases de efecto invernadero** más de lo que se requiere, usar o negociar el excedente de las reducciones para compensar las emisiones en otra fuente, dentro o fuera del país. En general, el comercio puede producirse en niveles internos de las empresas, nacionales e internacionales. En el Segundo

Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático se adoptó la convención de usar “permisos” para los sistemas de comercio nacional y “cuotas” para los sistemas de comercio internacional. En virtud del Artículo 17 del **Protocolo de Kioto**, el comercio de los derechos de emisión es un sistema de cuotas negociables basado en las **cantidades atribuidas**, calculadas a partir de los compromisos de reducción y limitación de emisiones enunciados en el Anexo B del Protocolo. Véase también **reducción de emisiones certificada** y **Mecanismo de desarrollo limpio**.

Comercio en “mercado primario” y en “mercado secundario”

En los intercambios de materias primas y valores financieros, los compradores y vendedores que negocian directamente entre sí constituyen el “mercado primario”, mientras que comprar y vender a través de las entidades de intercambio representa el “mercado secundario”.

Compromisos de limitación o reducción cuantificada de emisiones (CLRCE)

Compromisos de reducción de **emisiones de gases de efecto invernadero**, en términos de porcentaje con respecto a un año o período base, contraídos por los países desarrollados que figuran en el Anexo B del **Protocolo de Kioto**. Véase también **objetivos y calendarios**.

Conferencia de las Partes (CP)

Órgano supremo de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, constituido por los países que han ratificado o adherido a la Convención Marco sobre el Cambio Climático. La primera reunión de la **Conferencia de las Partes** (CP-1) se celebró en Berlín en 1995, seguida de la CP-2 en Ginebra en 1996, la CP-3 en Kioto en 1997, la CP-4 en Buenos Aires, la CP-5 en Bonn y la CP-6 en La Haya. Véase también **CP/RP** y **Reunión de las Partes**.

Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), de las Naciones Unidas

La Convención se aprobó el 9 de mayo de 1992 en Nueva York y fue firmada por más de 150 países y la Comunidad Económica Europea en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. Su objetivo último es lograr 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”. Establece obligaciones para todas las Partes. Con arreglo a la Convención, las Partes incluidas en el **Anexo I** se fijan el objetivo de lograr que las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el **Protocolo de Montreal** de 1990 vuelvan a los niveles que tenían en 1990 para el año 2000. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. Véase también **Conferencia de las Partes** y **Protocolo de Kioto**.

Convención sobre el Clima

Véase **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**.

Conversión de energía

Véase **transformación de la energía**.

CP

Véase **Conferencia de las Partes**.

CP/RP

La **Conferencia de las Partes** en la **Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas** actuará como **Reunión de las Partes (RP)** en carácter de órgano supremo del **Protocolo de Kioto**, pero sólo podrán participar en las deliberaciones y adoptar decisiones las Partes en el Protocolo de Kioto. Hasta que el Protocolo entre en vigor, no podrá reunirse la **RP**.

Costo al valor actualizado

Suma de todos los costos a través de todos los períodos, descontando los costos futuros.

Costo de oportunidad

Costo de una actividad económica abandonada al optarse por otra actividad.

Costo externo

Expresión empleada para definir los costos dimanantes de cualquier actividad humana, cuando el agente responsable de la actividad no tiene plenamente en cuenta las repercusiones de sus actos sobre los demás. Asimismo, cuando los impactos son positivos y no se tienen en cuenta en los actos del agente responsable, se mencionan como *beneficios externos*. Las **emisiones** de contaminación por partículas procedentes de una central de energía afectan la salud de la población en las cercanías, pero esto no suele tenerse en cuenta, o no se le asigna la debida importancia, al adoptar decisiones privadas y no existe mercado para tales impactos. Ese tipo de fenómenos se denominan *externalidades* y los costos que imponen se conocen como costos externos.

Costo medio

Costo total dividido por la cantidad de unidades del elemento cuyo costo se está evaluando. Para los **gases de efecto invernadero**, por ejemplo, sería el costo total de un programa dividido por la cantidad física de **emisiones** evitadas.

Costos administrativos

Costos de las actividades del proyecto o de la actividad sectorial directamente relacionados con su aplicación a corto plazo y limitados a la misma. Comprenden los costos de planificación, instrucción, administración, supervisión, etc.

Costos de capital

Costos asociados con los gastos de capital o inversión sobre la tierra, vegetales, equipo e inventarios. A diferencia de los costos de mano de obra y de explotación, los costos de capital son independientes del nivel de resultados de una capacidad de producción determinada.

Costos de eliminación de obstáculos

Costos de las actividades destinadas a corregir fallas del mercado directamente o al reducir los costos de las transacciones en el sector público y/o privado. Entre los ejemplos, cabe citar los costos de mejorar la capacidad institucional, reducir el riesgo y la **incertidumbre**, facilitando las transacciones del mercado y aplicando políticas reguladoras.

Costos de implementación

Costos que supone la implementación de opciones de **mitigación**. Esos costos están asociados con los cambios institucionales necesarios, las necesidades de información, el tamaño del mercado, las

oportunidades para adquirir **tecnología** y conocimientos y los incentivos económicos que se requieran (donaciones, subsidios e impuestos).

Costos de proyecto

Todos los costos financieros de un proyecto, tales como los costos de capital, mano de obra y explotación.

Costos macroeconómicos

Se miden por lo general como cambios en el **producto interno bruto** o un crecimiento en el **producto interno bruto**, o como una pérdida de “bienestar” o una pérdida de consumo.

Costos privados

Se denominan costos privados las categorías de costos que influyen sobre las decisiones que toma una persona. Véase también **costos sociales**, **costo externo** y **costo total**.

Costos sociales

El costo social de una actividad comprende el **valor** de todos los recursos empleados para suministrarla. Algunos de ellos tienen precio y otros no. Los recursos sin precio se denominan **externalidades**. La suma de los costos de esas externalidades y de los recursos con precio constituye el costo social. Véase también **costos privados**, **costo externo** y **costo total**.

Costo total

Todos los elementos de costos sumados. El costo total para la sociedad está constituido por el **costo externo** y los **costos privados**, que se definen juntos como **costos sociales**.

Creación de capacidad

En el contexto del **cambio climático**, la creación de capacidad es un proceso de preparación de competencias técnicas y capacidad institucional en los países en desarrollo y en los de **economías en transición** que les permitan participar en todos los aspectos de la **adaptación** al cambio climático, la **mitigación** e investigación del mismo y en la aplicación de los **Mecanismos de Kioto**, etc.

Criterio de Pareto/óptimo de Pareto

Requisito o situación de que el bienestar de una persona no pueda mejorar más sin empeorar la de otros miembros de la sociedad.

Criterios de rendimiento

Véase **normas**.

Cumplimiento

Véase **implementación**.

Cuota de emisiones

Parte o porcentaje de todas las **emisiones** admisibles atribuidas a un país o a un grupo de países dentro de un marco de emisiones totales máximas y asignaciones obligatorias de recursos.

Deforestación

Conversión de una extensión boscosa en no boscosa³¹.

Depósito

Véase **reservorio**.

Derrame

Parte de las reducciones de **emisiones** en **países que figuran en el Anexo B** que puede ser contrarrestada por un incremento de la emisión en los países no restringidos por encima de sus niveles de **referencia**. Esto puede deberse a: 1) la reubicación de producción con gran consumo de energía en regiones no restringidas; 2) un mayor consumo de **combustibles de origen fósil** en esas regiones al disminuir el precio internacional del petróleo y del gas por impulso de una reducción de la demanda de esas energías; y 3) modificaciones en los ingresos (y por lo tanto en la demanda de energía) debido a mejores condiciones de intercambio. El término “derrame” se refiere asimismo a la situación en que una actividad de **secuestro** de carbono (p.ej., la plantación de árboles) en un terreno desencadena involuntariamente, en forma directa o indirecta, una actividad que contrarresta, total o parcialmente, los efectos sobre el carbono de la actividad inicial.

Derrame de carbono

Véase **derrame**.

Desertificación

Degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Por su parte, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD) define la degradación de las tierras como la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: i) la erosión del suelo causada por el viento o el agua; ii) el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo; y iii) la pérdida duradera de vegetación natural.

Desmaterialización

Proceso por el cual la actividad económica se desacopla de la producción de materia-energía, mediante procesos tales como la producción ecoeficiente o la **ecología industrial**, permitiendo reducir el impacto ambiental por unidad de actividad económica.

Dióxido de carbono (CO₂)

Gas presente espontáneamente en la naturaleza, que se crea también como consecuencia de la quema de **combustibles de origen fósil** y **biomasa**, así como de cambios en el **uso de la tierra** y otros procesos industriales. Es el principal **gas de efecto invernadero** antropógeno que afecta el balance radiativo de la Tierra. Es el gas que se toma como marco de referencia para medir otros gases de efecto invernadero, y por lo tanto su **Potencial de Calentamiento de la Tierra** es de 1.

Doble dividendo

Efecto por el cual instrumentos generadores de ingresos, como un impuesto sobre el carbono o permisos de emisión de carbono subastados (negociables), pueden: 1) limitar o reducir las **emisiones** de **gases de efecto invernadero** y 2) compensar al menos parte de las posibles pérdidas de bienestar de las políticas climáticas, reciclando los ingresos en la economía para reducir otros impuestos que podrían ser

distorsivos. En un mundo con desempleo involuntario, la política de **cambio climático** adoptada puede tener un efecto (un “tercer dividendo” positivo o negativo) sobre el empleo. Se produce un doble dividendo débil siempre que haya un efecto de reciclaje de ingresos; es decir, siempre que los ingresos se reciclen mediante reducciones en las tasas marginales de los impuestos distorsivos. Un doble dividendo fuerte requiere que el efecto de reciclaje del ingreso (benéfico) compense con creces la combinación del costo primario, y en este caso, el costo neto de la reducción es negativo. Véase también **efecto de interacción**.

Ecoimpuesto

Véase **impuesto sobre las emisiones**.

Ecología industrial

Conjunto de relaciones de una industria determinada con su medio ambiente; suele referirse a la planificación consciente de los procesos industriales para minimizar su interferencia negativa con el entorno circundante (p.ej., por el calor y la acumulación de materiales).

Economías en transición (EET)

Países con economías nacionales en proceso de cambio de un sistema económico planificado a una economía de mercado.

Ecosistema

Sistema de organismos vivos en interacción y su entorno físico. Las fronteras de lo que puede ser llamado ecosistema son algo arbitrarias, según el enfoque de interés o de estudio. Por eso, un ecosistema puede extenderse desde escalas espaciales muy pequeñas hasta toda la Tierra, en última instancia.

EET

Véase **economías en transición**.

Efecto de interacción

Resultado o consecuencia de la interacción de instrumentos de política sobre el **cambio climático** con los sistemas tributarios nacionales existentes, que comprende tanto la interacción de impuestos que aumenta los costos como el efecto del reciclaje de ingresos que reduce los costos. La primera refleja el impacto que pueden tener las políticas sobre los **gases de efecto invernadero** en el funcionamiento de los mercados laboral y de capital, a través de sus efectos sobre los salarios reales y el rendimiento real del capital. Al restringir las **emisiones** admisibles de los **gases de efecto invernadero**, los permisos, regulaciones o un **impuesto sobre el carbono** elevan los costos de producción y los precios de los productos, reduciendo así el rendimiento real de la mano de obra y del capital. Mediante políticas que generen ingresos para el gobierno, impuestos sobre el carbono y permisos negociados, pueden reciclarse los ingresos para reducir los impuestos distorsivos existentes. Véase también **doble dividendo**.

Efecto de interacción tributaria

Véase **efecto de interacción**.

Efecto de rebase

Efectos económicos de las medidas de **mitigación** nacional o sectorial sobre otros países o sectores. En este informe, no se evalúan los efectos de desbordamiento ambiental. Los efectos de rebase pueden ser positivos o negativos, y comprenden efectos sobre el comercio, el

derrame de carbono, la transferencia y difusión de **tecnología** ecológicamente racional y otros asuntos.

Efecto de rebote

Se produce, por ejemplo, porque una mejora en la eficiencia del motor reduce el costo por kilómetro de conducción; tiene el efecto perverso de alentar más viajes.

Efecto invernadero

Los **gases de efecto invernadero** absorben efectivamente radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera debido a los mismos gases y por las nubes. La atmósfera emite radiación en todas direcciones, inclusive hacia abajo, hasta la superficie de la Tierra. De esta manera, los **gases de efecto invernadero** atrapan el calor dentro del sistema superficie–troposfera. A esto se le llama efecto invernadero natural. La radiación atmosférica está estrechamente vinculada a la temperatura del nivel desde el cual se emite. En la troposfera, la temperatura tiende a disminuir con la altura. En efecto, la radiación infrarroja emitida hacia el espacio se origina a una altitud en que la temperatura es de -19°C como promedio, en equilibrio con la radiación solar incidente neta, mientras que la superficie de la Tierra se mantiene a una temperatura mucho más alta, de $+14^{\circ}\text{C}$ como promedio. Cuando aumenta la concentración de los **gases de efecto invernadero**, se acentúa la opacidad infrarroja de la atmósfera, lo que a su vez genera una radiación efectiva hacia el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja. Esto causa **forzamiento radiativo**, un desequilibrio que sólo puede compensarse con un aumento de la temperatura del sistema superficie–troposfera. Este es el llamado efecto invernadero acentuado.

Efectos del intercambio comercial

Impactos económicos de los cambios en el poder adquisitivo de un paquete de bienes exportados por un país en relación con un paquete de bienes que importado de sus socios comerciales. Las políticas climáticas modifican los costos relativos de producción y pueden cambiar los términos del intercambio con bastante intensidad como para modificar en definitiva el equilibrio económico.

Eficiencia energética

Relación entre la producción de energía de un proceso de conversión o de un sistema y su insumo de energía.

Elasticidad del ingreso

Cambio porcentual en la cantidad de demanda de un bien o servicio, dado un cambio de 1% en el ingreso.

Elasticidad de los precios

Sensibilidad de la demanda al costo de un bien o servicio; específicamente, cambio porcentual en la cantidad consumida de un bien o servicio para un cambio del 1% en el precio de ese bien o servicio.

Emisiones

En el contexto del **cambio climático**, el término emisiones se refiere a la liberación de **gases de efecto invernadero** y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera en una zona y por un período determinados.

Emisiones antropógenas

Emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de **gases de efecto invernadero**, quema de **combustibles de origen fósil** y aerosoles asociados con actividades del ser humano. Comprenden la quema de **combustibles de origen fósil** para generar energía, la deforestación y los cambios en el **uso de la tierra** que provocan un aumento neto de las emisiones.

Energía alternativa

Energía derivada de fuentes de combustibles no fósiles.

Energía final

Energía suministrada que está a disposición del consumidor para ser convertida en energía utilizable (p.ej., la electricidad en el tomacorriente mural).

Energía primaria

Energía contenida en recursos naturales (p.ej., hulla, petróleo crudo, luz solar, uranio) que no ha experimentado ninguna conversión o transformación antropógena.

Enfoque de aterrizaje seguro

Véase **enfoque de ventanas tolerables**.

Enfoque de ventanas tolerables

Estos enfoques analizan las **emisiones de gases de efecto invernadero** tal como quedarían restringidas adoptando un objetivo climático a largo plazo, en vez de una **estabilización** de la concentración de **gases de efecto invernadero** (p.ej., un objetivo expresado en términos de temperatura o de cambios en el nivel del mar o del índice de esos cambios). El principal objetivo de esos enfoques consiste en evaluar las repercusiones de esos objetivos a largo plazo para los márgenes “tolerables” a corto o mediano plazo de las emisiones mundiales de **gases de efecto invernadero**. También se conocen como enfoques de aterrizaje seguro.

Equilibrio de mercado

Punto en que la demanda de bienes y servicios iguala a la oferta; suele describirse en términos del nivel de precios, determinado en un mercado competitivo, que “liquida” el mercado.

Equivalente al CO₂

Véase **CO₂ equivalente**.

Escenario

Descripción verosímil y a menudo simplificada de la forma en que puede evolucionar el futuro, sobre la base de una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis sobre fuerzas determinantes (p.ej., la tasa de cambio **tecnológico**, los precios) y relaciones fundamentales. Adviértase que los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos.

Escenarios de estabilización

Véase **análisis de estabilización**.

Estabilización

Resultado de la estabilización de las concentraciones atmosféricas de uno o más **gases de efecto invernadero** (p.ej., **dióxido de carbono** o una canasta **CO₂ equivalente** de gases de efecto invernadero).

Evaluación integrada

Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y modelos de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales, y las interacciones entre estos componentes, a fin de evaluar el estado y las consecuencias del cambio ecológico y las respuestas de política a dicho cambio.

Existencias

Véase **reservorio**.

Externalidad

Véase **costo externo**.

Factor de emisiones

Coefficiente que relaciona las **emisiones** reales con datos de una actividad, como una tasa estándar de emisiones por unidad de actividad.

Fertilización por dióxido de carbono

Intensificación del crecimiento vegetal por efecto de una mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Según el mecanismo de fotosíntesis que tengan, ciertos tipos de plantas son más sensibles a los cambios en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. En particular, las plantas que producen un compuesto con tres carbonos (C_3) durante la fotosíntesis, y que comprenden las mayoría de los árboles y cultivos agrícolas, como arroz, trigo, soya, papas y hortalizas, muestran por lo general una respuesta más amplia que las plantas que producen un compuesto con cuatro carbonos (C_4) durante la fotosíntesis; principalmente de origen tropical, estos comprenden los pastos y cultivos agrícolas importantes, como maíz, caña de azúcar, mijo y sorgo.

Fijación de precios conforme al costo marginal

Fijación de precios de bienes y servicios comerciales de tal modo que el precio equivale al costo adicional que surge de la expansión de la producción en una unidad más.

Fijación de precios conforme al costo total

Fijación de precios de bienes comerciales – como la energía eléctrica – que incluye en los precios finales que debe pagar el usuario definitivo no sólo los costos privados de los insumos, sino también los costos de las **externalidades** generadas por su producción y utilización.

Forestación

Plantación de nuevos bosques en tierras que históricamente no han contenido bosques³¹. Véase también **deforestación** y **reforestación**.

Forzamiento radiativo

Cambio en la irradiancia vertical neta (expresada en vatios por metro cuadrado: Wm^{-2}) en la tropopausa, a raíz de un cambio interno o de un cambio en el forzamiento externo del sistema climático, como, por ejemplo, un cambio en la concentración de **dióxido de carbono** o en la energía emitida por el Sol. El forzamiento radiativo se calcula generalmente después de dejar un margen para que las temperaturas de la estratosfera se reajusten a un estado de equilibrio radiativo, pero manteniendo constantes todas las propiedades troposféricas en sus valores no perturbados. El forzamiento radiativo se llama *instantáneo* si no se registran cambios en la temperatura estratosférica.

Fuente

Todo proceso, actividad o mecanismo que descargue en la atmósfera un **gas de efecto invernadero**, un aerosol o un precursor de un **gas de efecto invernadero** o de un aerosol.

G77/China

Véase **Grupo de los 77 y China**.

Gas de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad es la que produce el **efecto invernadero**. En la atmósfera de la Tierra, los principales **GEI** son el vapor de agua (H_2O), el **dióxido de carbono**, el **óxido nitroso**, el **metano** y el **ozono** (O_3). Hay además en la atmósfera una serie de **GEI** creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el **Protocolo de Montreal**. Además del **dióxido de carbono**, el **óxido nitroso** y el **metano**, el **Protocolo de Kioto** establece normas respecto de otros **GEI**, a saber, el **hexafluoruro de azufre**, los **hidrofluorocarbonos** y los **perfluorocarbonos**.

Gases en baja proporción

Componentes minoritarios de la atmósfera. Las trazas de gases más importantes que contribuyen al **efecto de invernadero** son, entre otros, el **dióxido de carbono**, el **ozono**, el **metano**, el **óxido nitroso**, los **perfluorocarbonos**, los **clorofluorocarbonos**, los **hidrofluorocarbonos**, el **hexafluoruro de azufre**, el cloruro de metilo y el vapor de agua.

GEI

Véase **Gases de efecto invernadero**.

Geoingeniería

Esfuerzos por estabilizar el sistema climático administrando directamente el equilibrio energético de la Tierra y superando de ese modo el **efecto de invernadero** intensificado.

Gestión basada en la demanda

Políticas y programas orientados a una finalidad específica de influir sobre la demanda de bienes y/o servicios por parte de los consumidores. En el sector de la energía, por ejemplo, se refiere a las políticas y programas destinados a reducir la demanda de electricidad y otras fuentes de energía por parte de los consumidores. Contribuye a reducir las **emisiones de gases de efecto invernadero**.

Grupo de los 77 y China (G77/China)

Originariamente 77, ahora más de 130 países en desarrollo que actúan como un bloque negociador importante en el proceso de la **CMCC** (**Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**). El bloque G77/China es mencionado también como **países no incluidos en el Anexo I** en el contexto de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**.

Grupo coordinador

Conjunto de países desarrollados, en su mayoría no europeos, que actúan ocasionalmente como bloque negociador sobre cuestiones específicas.

HFC

Véase **hidrofluorocarbonos**.

Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Uno de los seis **gases de efecto invernadero** que deben limitarse en virtud del **Protocolo de Kioto**. Se emplea sobre todo en la industria pesada para aislar equipo de alta tensión y para facilitar la fabricación de sistemas de enfriamiento de cables. Su **Potencial de Calentamiento de la Tierra** es de 23.900.

Hidrofluorocarbonos (HFC)

Figuran entre los seis **gases de efecto invernadero** que deben limitarse en virtud del **Protocolo de Kioto**. Son producidos comercialmente como sustitutos de los **clorofluorocarbonos**. Los HFC se emplean sobre todo en la refrigeración y en la fabricación de semiconductores. Sus **Potenciales de Calentamiento de la Tierra** oscilan entre 1.300 y 11.700.

IC

Véase **Implementación conjunta**.

IEA

Véase **Agencia Internacional de la Energía**.

Implementación

Medidas (legislación o reglamentos, fallos judiciales u otras medidas) que adoptan los gobiernos para traducir acuerdos internacionales en leyes y políticas nacionales. Comprende los hechos y actividades que se producen después de publicar directrices autorizadas de política pública, que incluyen los actos de administración y las repercusiones sustanciales sobre personas y acontecimientos. Es importante distinguir entre la implementación jurídica de los compromisos internacionales (en la legislación nacional) y la implementación efectiva (medidas que inducen cambios en el comportamiento de los grupos a los cuales se dirigen). El **cumplimiento** es una cuestión de determinar si los países adhieren, y en qué medida, a las disposiciones del acuerdo. El cumplimiento se concentra no sólo en determinar si las medidas de implementación están en vigor, sino también si las mismas se aplican. El cumplimiento mide el grado en que los actores a cuyo comportamiento se orienta el acuerdo, ya sean dependencias de gobiernos locales, empresas, organizaciones o individuos, acatan las medidas de implementación y sus obligaciones.

Implementación conjunta (IC)

Mecanismo de implementación (o aplicación) basado en el mercado y definido en el Artículo 6 del **Protocolo de Kioto**, que permite a los **países incluidos en el Anexo I** o a empresas de esos países implementar proyectos conjuntamente con el fin de limitar o reducir las **emisiones** o mejorar los **sumideros**, e intercambiar **unidades de reducción de emisiones**. También se permite la actividad de IC en el Artículo 4.2 a) de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas**. Véase también **actividades implementadas conjuntamente** y **Mecanismos de Kioto**.

Impuesto armonizado sobre las emisiones/el carbono/la energía

Compromete a los países participantes a aplicar un impuesto con una tasa común sobre las mismas **fuentes**. Cada país puede retener el ingreso de los impuestos que recauda. Un impuesto armonizado no

exigiría necesariamente a los países que apliquen un impuesto con la misma tasa, pero imponer tasas diferentes en los distintos países no sería **rentable**. Véase también **impuesto sobre las emisiones**.

Impuesto internacional sobre las emisiones/el carbono/la energía

Véase **impuesto sobre las emisiones**.

Impuesto sobre el carbono

Véase **impuesto sobre las emisiones**.

Impuesto sobre la energía

Véase **impuesto sobre las emisiones**.

Impuesto sobre las emisiones

Gravamen impuesto por un gobierno sobre cada unidad de **emisiones de CO₂ equivalente** producidas por una **fuentes** sometida al impuesto. Como virtualmente todo el carbono contenido en los **combustibles de origen fósil** es emitido en definitiva como dióxido de carbono, un tributo sobre el contenido de carbono de los combustibles de origen fósil —un **impuesto sobre el carbono**— es equivalente a un impuesto sobre las emisiones para las ocasionadas por la quema de combustibles de origen fósil. Un **impuesto sobre la energía** —un gravamen sobre el contenido energético de los combustibles— reduce la demanda de energía y de ese modo reduce las emisiones de dióxido de carbono causadas por el uso de combustibles de origen fósil. Un ecoimpuesto está concebido con el propósito de influir sobre el comportamiento humano (específicamente, el comportamiento económico) para seguir una vía ecológicamente beneficiosa. El impuesto internacional a las emisiones/carbono/energía es un gravamen impuesto sobre determinadas fuentes en los países participantes por un organismo internacional. Los ingresos se distribuyen o se emplean según las especificaciones de los países participantes o del organismo internacional.

Incentivos basados en el mercado

Medidas destinadas a usar los mecanismos de precios (p.ej., impuestos y permisos negociables) para reducir las **emisiones** de **gases de efecto invernadero**.

Incertidumbre

Grado de desconocimiento de un valor (p.ej., el estado futuro del sistema climático). La incertidumbre puede derivarse de la falta de información o de las discrepancias en cuanto a lo que se sabe o incluso lo que es posible saber. Puede tener muy diversos orígenes, desde errores cuantificables en los datos hasta ambigüedades en la definición de conceptos o en la terminología, o inseguridad en las proyecciones del comportamiento humano. La incertidumbre puede representarse, por lo tanto, con medidas cuantitativas (p.ej., una serie de valores calculados con diversos modelos) o expresiones cualitativas (p.ej., que reflejan la opinión de un grupo de expertos).

Industrialización

Conversión de una sociedad basada en el trabajo manual en una sociedad basada en la aplicación de artefactos mecánicos.

Inercia

Propiedad por la cual la materia se mantiene en su estado existente de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que ese estado

sea modificado por una fuerza externa. En el contexto de la **mitigación del cambio climático**, se asocia con diferentes formas de capital (p.ej., capital artificial físico, capital natural y capital no físico social, que comprende instituciones, regulaciones y normas).

Infraestructura

Instalaciones y servicios básicos de los cuales depende el funcionamiento y crecimiento de una comunidad, tales como caminos, escuelas, abastecimiento de electricidad, gas y agua, sistemas de transporte y comunicaciones.

Inicial o de referencia

Escenario sin intervención utilizado como base en el análisis de los escenarios de intervención.

Intensidad energética

Relación del consumo de energía con un producto económico o físico. En el nivel nacional, la intensidad energética es la relación del consumo interno total de **energía primaria** o del consumo de **energía final** con el **producto interno bruto** o con un producto físico.

Investigación, desarrollo y demostración

Investigación y desarrollo científicos y/o técnicos de nuevos procesos o productos, asociados con análisis y medidas que aportan información a los usuarios potenciales con respecto a la aplicación del nuevo producto o proceso; pruebas de demostración y de la factibilidad de aplicar esos productos o procesos mediante plantas piloto y otras aplicaciones precomerciales.

Línea evolutiva

Descripción narrativa de un escenario (o de una familia de escenarios) que pone de relieve las principales características del escenario, las relaciones entre las fuerzas impulsoras clave y la dinámica de los escenarios.

MDL

Véase **Mecanismo para un desarrollo limpio**.

Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)

Definido en el Artículo 12 del **Protocolo de Kioto**, el mecanismo para un desarrollo limpio está destinado a satisfacer dos objetivos:

- 1) ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible y a contribuir al objetivo último de la Convención; y
- 2) ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a alcanzar el cumplimiento de sus compromisos de limitación y reducción cuantificadas de sus emisiones. Las reducciones de emisiones certificadas a raíz de proyectos del mecanismo de desarrollo limpio emprendidos en países no incluidos en el Anexo I que limiten o reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero cuando estén certificadas por entidades operativas designadas por la Conferencia de las Partes/Reunión de las Partes, podrán acumularse al inversor (gobierno o industria) de Partes que figuren en el Anexo B. Una parte de los réditos de las actividades certificadas del proyecto se usa para cubrir los gastos administrativos y para ayudar a las Partes que sean países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos negativos del cambio climático a satisfacer los costos de la adaptación.

Mecanismos de flexibilidad

Véase **Mecanismos de Kioto**.

Mecanismos de Kioto

Mecanismos económicos basados en los principios del mercado, que pueden utilizar las Partes en el **Protocolo de Kioto** con la intención de reducir los posibles impactos económicos de los requisitos de reducción de las emisiones de **gases de efecto invernadero**. Comprenden la **Implementación conjunta** (Artículo 6), el **Mecanismo de desarrollo limpio** (Artículo 12) y el **Comercio de emisiones** (Artículo 17).

Medidas reguladoras

Reglas o códigos sancionados por los gobiernos, que imponen especificaciones sobre un producto o características de ejecución de un proceso. Véase también **normas**.

Medidas voluntarias

Medidas para reducir las **emisiones de gases de efecto invernadero** adoptadas por empresas o por otros actores a falta de disposiciones gubernamentales. Las medidas voluntarias contribuyen a hacer más accesibles los productos no perjudiciales para el clima o alientan a los consumidores a incorporar **valores** ambientales en sus opciones de mercado.

Mejora de Pareto

Oportunidad de que el bienestar de una persona pueda mejorar sin empeorar el bienestar del resto de la sociedad.

Metano (CH₄)

Uno de los seis **gases de efecto invernadero** que deben limitarse en virtud del **Protocolo de Kioto**.

Mitigación

Intervención antropógena para reducir las **fuentes** o mejorar los **sumideros de gases de efecto invernadero**. Véase también **opciones biológicas, geoingeniería**.

Modelos de enfoque ascendente

Enfoque de modelización que contiene detalles tecnológicos y de ingeniería en el análisis. Véase también **modelos de enfoque descendente**.

Modelos de enfoque descendente

Las expresiones “enfoque descendente” y “enfoque ascendente” son formas abreviadas para aludir a los modelos totalizador y discriminador. El rótulo enfoque descendente deriva del modo en que los modeladores aplicaban la teoría macroeconómica y las técnicas econométricas a los datos históricos de consumo, precios, ingresos y costos de factores para modelizar la demanda final de bienes y servicios y los suministros de los principales sectores, como los de la energía, el transporte, la agricultura y la industria. Por lo tanto, los modelos de enfoque descendente evalúan el sistema a partir de variables económicas globales, mientras que los **modelos de enfoque ascendente** consideran las opciones tecnológicas o los proyectos de **mitigación del cambio climático** específicos de cada proyecto. Sin embargo, se han integrado algunos datos tecnológicos en análisis de enfoque descendente, de modo que no existe una distinción neta.

N₂O

Véase **óxido nitroso**.

Normas

Conjunto de reglas o códigos que imponen o definen el rendimiento de un producto (p.ej., grados, dimensiones, características, métodos de ensayo y normas de utilización). Las *normas internacionales sobre productos y/o tecnología o sobre rendimiento* establecen requisitos mínimos para los productos y/o tecnologías afectados en los países en que se adoptan. Las normas reducen las **emisiones de gases de efecto invernadero** asociadas con la fabricación o empleo de los productos y/o la aplicación de la tecnología. Véase también normas sobre emisiones, medidas reguladoras.

Normas sobre emisiones

Nivel de emisiones que no puede excederse por imperio de la ley o por acuerdo voluntario.

Normas sobre rendimiento

Véase **normas**.

Normas internacionales sobre productos y/o tecnología

Véase **normas**.

Objetivos y calendarios

Un objetivo es la reducción de un porcentaje específico de **emisiones de gases de efecto invernadero** a partir de una fecha **inicial** (p.ej., “por debajo de los niveles de 1990”) que debe alcanzarse antes de una fecha o calendario fijados (p.ej., de 2008 a 2012). Por ejemplo, en virtud de la fórmula del **Protocolo de Kioto**, la Unión Europea ha convenido en reducir sus emisiones de **gases de efecto invernadero** en un 8 % por debajo de sus niveles de 1990, antes del período de compromiso de 2008 a 2012. Esos objetivos y calendarios son, de hecho, un **tope a las emisiones** sobre la cantidad total de emisiones de **gases de efecto invernadero** que puede emitir un país o una región en un período determinado. Véase también **compromisos de limitación o reducción cuantificadas de emisiones**.

Obstáculo

Todo obstáculo que impida alcanzar un potencial y pueda ser superado mediante una política, programa o medida.

OIG

Véase **Organización intergubernamental**.

Opciones biológicas

Las opciones biológicas para la mitigación del cambio climático comprenden una o más de las tres estrategias siguientes: la *conservación*—conservar un **depósito** de carbono existente y evitar de ese modo las **emisiones** en la atmósfera; el *secuestro*—aumentar la magnitud de los depósitos de carbono existentes y extraer de ese modo dióxido de carbono de la atmósfera; y la *sustitución*—sustituir por productos biológicos los **combustibles de origen fósil** o productos de gran consumo de energía, reduciendo de ese modo las emisiones de dióxido de carbono.

Opciones sin pesar

Véase **política sin pesar**.

Opciones tecnológicas conocidas

Tecnologías que existen actualmente en operación o en etapa de planta piloto. No comprenden ninguna tecnología nueva que requiera drásticas modificaciones tecnológicas.

Oportunidad

Situación o circunstancia que permite reducir la brecha entre el **potencial de mercado** de cualquier **tecnología** o práctica y el **potencial económico**, el **potencial socioeconómico** o el **potencial tecnológico**.

Organización intergubernamental (OIG)

Organizaciones constituidas por gobiernos. Son algunos ejemplos el Banco Mundial, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y otras organizaciones de la ONU y regionales. La **Convención sobre el Clima** permite la acreditación de estas OIG para que concurran a las sesiones de negociación.

Óxido nitroso (N₂O)

Uno de los seis **gases de efecto invernadero** que deben limitarse en virtud del **Protocolo de Kioto**.

Ozono

El ozono, la forma triatómica del oxígeno (O₃), es un componente gaseoso de la atmósfera. En la troposfera se crea naturalmente y también como consecuencia de reacciones fotoquímicas en las que intervienen gases resultantes de actividades humanas (“smog”). El ozono troposférico se comporta como un **gas de efecto invernadero**. En la estratosfera se crea por efecto de la interacción entre la radiación solar ultravioleta y el oxígeno molecular (O₂). El ozono estratosférico desempeña un papel fundamental en el balance radiativo de la estratosfera. Su concentración alcanza su valor máximo en la capa de ozono.

Países/Partes incluidos en el Anexo I

Grupo de países incluidos en el Anexo I (enmendado en 1998) de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, que comprende todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y los de **economías en transición**. Los demás países que no llenan los requisitos se mencionan como **países no incluidos en el Anexo I**. En virtud de los Artículos 4.2 a) y 4.2 b) de la Convención, los países incluidos en el Anexo I se comprometen específicamente con el objetivo de volver individual o colectivamente antes de 2000 a los niveles de **emisiones de gases de efecto invernadero** de 1990. Véase también **Países/Partes incluidos en el Anexo II**, **Países/Partes que figuran en el Anexo B** y **Países/Partes que no figuran en el Anexo B**.

Países/Partes incluidos en el Anexo II

Grupo de países incluidos en el Anexo II de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, que comprende todos los países desarrollados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. En virtud del Artículo 4.2 g) de la Convención, se espera que estos países aporten recursos financieros para ayudar a los países en desarrollo a cumplir con sus obligaciones, tales como preparar informes nacionales. También se espera que los países incluidos en el Anexo II promuevan la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales a países en desarrollo. Véanse también **Países/Partes**

incluidos en el Anexo I, Países/Partes que figuran en el Anexo B y Países/Partes que no figuran en el Anexo B.

Países/Partes no incluidos en el Anexo I

Países que han ratificado o han adherido a la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** pero no están incluidos en el Anexo I de la misma.

Países/Partes que figuran en el Anexo B

Grupo de países incluidos en el Anexo B del **Protocolo de Kioto**, que han convenido en fijar un objetivo para sus **emisiones de gases de efecto invernadero**, que comprende todos los **países incluidos en el Anexo I** (enmendado en 1998), excepto Turquía y Belarús. Véanse también **Países/Partes incluidos en el Anexo II, Países/Partes no incluidos en el Anexo I y Países/Partes que no figuran en el Anexo B.**

Países/Partes que no figuran en el Anexo B

Países que no están incluidos en el Anexo B del **Protocolo de Kioto**.

Paridad de poder adquisitivo (PPA)

Cálculos del **producto interno bruto** (PIB) basados en el poder adquisitivo de las monedas, más que en los tipos de cambio del día. Esos cálculos son una mezcla de cifras extrapoladas y retrospectivas, usando los resultados del Programa de comparación internacional. Los cálculos de PPA tienden a reducir los **productos internos brutos** per cápita en los países industrializados y a aumentar los **productos internos brutos** en los países en desarrollo. La sigla en inglés PPP corresponde también a “principio ‘el que contamina paga’”.

Participantes

Persona o entidad que otorga subsidios, concesiones o todo otro tipo de **valor** o interés que resultaría afectado por una medida o política determinadas.

PCT

Véase **Potencial de Calentamiento de la Tierra**

Penetración del mercado

Compartición de cierto mercado abastecido en un momento dado por un bien o servicio determinado.

Perfluorocarbonos (PFC)

Figuran entre los seis **gases de efecto invernadero** que deben limitarse en virtud del **Protocolo de Kioto**. Son subproductos de la fundición de aluminio y del enriquecimiento de uranio. Sustituyen también a los **clorofluorocarbonos** en la fabricación de semiconductores. El **potencial de calentamiento de la Tierra** de los PFC es 6.500–9.200 veces superior al del dióxido de carbono.

Permiso de emisiones

Asignación no transferible o negociable de atribuciones concedidas por un gobierno a una firma particular para emitir una cantidad especificada de una sustancia.

PFC

Véase **perfluorocarbonos**.

PIB

Véase **producto interno bruto**.

Planes de acción nacionales

Planes presentados a la **Conferencia de las Partes** por Partes que resumen las medidas que han adoptado para limitar sus emisiones antropógenas de **gases de efecto invernadero**. Los países deben presentar esos planes como condición para participar en la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** y luego deben comunicar periódicamente los progresos logrados a la **Conferencia de las Partes**. Los planes de acción nacionales forman parte de las comunicaciones nacionales, que incluyen el inventario nacional de **fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero**.

PMB

Véase **producto mundial bruto**.

PNB

Véase **producto nacional bruto**.

Política óptima

Se supone que una política es “óptima” si los costos marginales de la eliminación se distribuyen equitativamente entre los países, minimizando así el **costo total**.

Política sin pesar

Aquella que generaría beneficios sociales netos, exista o no cambio climático. Las **oportunidades sin pesar** para reducir las **emisiones de gases de efecto invernadero** se definen como opciones cuyos beneficios, tales como la reducción de los costos de la energía y la reducción de las emisiones de contaminantes locales/regionales igualan o superan sus costos para la sociedad, excluyendo los beneficios del cambio climático evitado. El **potencial sin pesar** se define como la brecha entre el **potencial de mercado** y el **potencial socioeconómico**.

Políticas y medidas (PyM)

En la terminología de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, las políticas son acciones que puede realizar y/o imponer un gobierno —a menudo, conjuntamente con las empresas de negocios y la industria dentro de su propio país, así como con otros países— para acelerar la aplicación y el empleo de medidas para controlar las **emisiones de gases de efecto invernadero**. Las **medidas** son tecnologías, procesos y prácticas utilizados para implementar las políticas, que, en caso de aplicarse, reducirían las emisiones de **gases de efecto invernadero** por debajo de sus niveles futuros previstos. Entre los ejemplos, podrían citarse los impuestos sobre el carbono o sobre otras energías, las **normas** sobre eficiencia de combustible aplicables a los automotores, etc. Las políticas “comunes y coordinadas” o “armonizadas” se refieren a las adoptadas conjuntamente por las Partes.

Potencial de Calentamiento de la Tierra (PCT)

Índice que describe las características radiativas de los **gases de efecto invernadero** bien mezclados, y que representa el efecto combinado de los distintos períodos de permanencia de estos gases en la atmósfera y su relativa eficacia para absorber radiación infrarroja saliente. Este índice aproxima el efecto de calentamiento integrado en el tiempo de una masa unitaria de un determinado **gas de efecto invernadero** en la atmósfera actual, en relación con la del **dióxido de carbono**. Adviértase

que la abreviatura en inglés (*GWP*) corresponde también a la de **producto mundial bruto**.

Potencial de mercado

Parte del **potencial económico** de reducciones de las **emisiones de gases de efecto invernadero** o de mejoras en la **eficiencia energética** que podría alcanzarse en las condiciones de mercado pronosticadas, suponiendo que no existan nuevas **políticas y medidas**. Véase también **potencial económico**, **potencial socioeconómico** y **potencial tecnológico**.

Potencial económico

Parte del **potencial tecnológico** de reducciones de las **emisiones de gases de efecto invernadero** o de mejoras en la **eficiencia energética** que podría lograrse de manera rentable mediante la creación de mercados, la reducción de fallas en el mercado, el incremento de transferencias financieras y tecnológicas. Para obtener un potencial económico se requieren otras **políticas y medidas** que permitan eliminar **obstáculos del mercado**. Véase también **potencial de mercado**, **potencial socioeconómico** y **potencial tecnológico**.

Potencial sin pesar

Véase **política sin pesar**.

Potencial socioeconómico

El potencial socioeconómico representa el nivel de mitigación de gases de efecto invernadero que se alcanzaría superando los obstáculos sociales y culturales al empleo de tecnologías rentables. Véase también **potencial económico**, **potencial de mercado** y **potencial tecnológico**.

Potencial tecnológico

Cantidad en que es posible reducir las **emisiones de gases de efecto invernadero** o mejorar la **eficiencia energética** implementando una **tecnología** o práctica que ya se ha demostrado. Véase también **potencial económico**, **potencial de mercado** y **potencial socioeconómico**.

PPA

Véase **paridad de poder adquisitivo**. La sigla en inglés PPP corresponde también a “principio ‘el que contamina paga’”.

PPB

Véase **producción primaria bruta**.

Principio precautorio

Disposición que figura en el Artículo 3 de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas**, en la que se estipula 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 certidumbre científica absoluta como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las **políticas y medidas** para hacer frente al cambio climático deberían ser **rentables** (o sea, eficaces en función de los costos) con el fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible.

Producción primaria bruta (PPB)

Cantidad de carbono fijada en la atmósfera mediante la fotosíntesis.

Producto interno bruto (PIB)

Suma del **valor agregado** bruto, a precios de comprador, por todos los productores residentes y no residentes en la economía, más todo impuesto y menos todo subsidio no comprendidos en el valor de los productos de un país o de una región geográfica en un período determinado, normalmente un año. Se calcula sin deducciones por la depreciación de los bienes fabricados ni por el agotamiento y la degradación de los recursos naturales.

Producto mundial bruto (PMB)

Conjunto de los **productos internos brutos** del mundo. Adviértase que la sigla en inglés *GWP* corresponde también al **Potencial de Calentamiento de la Tierra**.

Producto nacional bruto (PNB)

Es una medida del ingreso nacional. Mide el **valor agregado** de fuentes nacionales y extranjeras que pretenden tener los residentes. El PNB comprende el **producto interno bruto** más los ingresos netos de la renta principal de los ingresos de no residentes.

Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** se aprobó en el tercer período de sesiones de la **Conferencia de las Partes** (CP) en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas, celebrado en 1997, en Kioto (Japón). El protocolo establece compromisos jurídicamente vinculantes, además de los ya incluidos en la CMCC. Los países que figuran en el Anexo B del Protocolo (la mayoría de los países miembros de la OCDE y países con **economías en transición**) acordaron reducir sus **emisiones** antropógenas de **gases de efecto invernadero** (**dióxido de carbono**, **metano**, **óxido nitroso**, **hidrofluorocarbonos**, **perfluorocarbonos** y **hexafluoruro de azufre**) a un nivel inferior a no menos de 5 % al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre 2008 y 2012. El Protocolo de Kioto aún no ha entrado en vigor (a noviembre de 2000).

Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de **ozono** fue aprobado en Montreal en 1987 y posteriormente ajustado y enmendado en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995), Montreal (1997) y Beijing (1999). Controla el consumo y la producción de sustancias químicas con contenido de cloro y bromo que destruyen el ozono estratosférico, como los **clorofluorocarbonos**, el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono y muchas otras.

PyM

Véase **políticas y medidas**.

REC

Véase **reducción de emisiones certificada**.

Reciclaje de ingresos

Véase **efecto de interacción**.

Recuperación del metano

Método que permite captar las **emisiones de metano**, por ejemplo en las minas de carbón o en los vertederos de residuos, y reutilizarlas

después como combustible o con algún otro fin económico (p.ej., la reinyección en reservas petrolíferas o gasíferas).

Recursos

Existencias con características geológicas y/o económicas menos definidas, pero que se consideran potencialmente recuperables con los adelantos tecnológicos y económicos previsibles.

Reducción de emisiones certificada (REC)

Equivale a 1 tonelada métrica de las **emisiones** de **CO₂ equivalente** reducidas o secuestradas mediante un proyecto de **Mecanismo de desarrollo limpio**, calculada utilizando **Potenciales de calentamiento de la Tierra**. Véase también **unidad de reducción de emisiones**.

Referencia

Véase **inicial o de referencia**

Reforestación

Plantación de bosques en tierras que fueron boscosas en otra época, pero que posteriormente se destinaron a un uso diferente.³¹ Véase también **forestación** y **deforestación**.

Renovables

Fuentes de energía sostenibles dentro de un período breve en relación con los ciclos naturales de la Tierra, que comprenden las tecnologías sin carbono, como la energía solar, la energía hidráulica y el viento, así como tecnologías neutras con carbono, como la **biomasa**.

Rentable

Criterio que especifica que una **tecnología** o medida ofrece un buen servicio de costo igual o inferior a la práctica habitual, o la alternativa de menor costo para alcanzar un objetivo determinado.

Reservas

Existencias identificadas y medidas como económica y técnicamente recuperables con las tecnologías y los precios actuales. Véase también **recursos**.

Reservorio

Componente del sistema climático, excluida la atmósfera, que tiene la capacidad de almacenar, acumular o liberar una sustancia de interés, p.ej. carbono, un **gas de efecto invernadero** o un precursor. Los océanos, los suelos y los bosques son ejemplos de reservorios de carbono. **Depósito** es un término equivalente (obsérvese, sin embargo, que la definición de depósito a menudo comprende la atmósfera). La cantidad absoluta de la sustancia de interés existente dentro de un reservorio en un momento determinado se denomina **reservas**.

RP

Véase **Reunión de las Partes** (en el **Protocolo de Kioto**).

Reunión de las Partes (en el Protocolo de Kioto) (RP)

La **Conferencia de las Partes** en la **Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas** actúa como reunión de las Partes en el **Protocolo de Kioto**. Es el órgano supremo del Protocolo de Kioto.

Secuestro

Proceso de aumentar el contenido de carbono de un **reservorio** de carbono, aparte de la atmósfera. Los enfoques biológicos del secuestro comprenden la eliminación directa de **dióxido de carbono** de la atmósfera mediante cambios en el **uso de la tierra**, **forestación**, **reforestación** y prácticas agrícolas que aumentan el tenor de carbono en el suelo. Los enfoques físicos comprenden la separación y eliminación de **dióxido de carbono** de los gases de combustión o de los **combustibles de origen fósil** de procesamiento, para producir fracciones ricas en hidrógeno (H₂) y en dióxido de carbono y el acopio subterráneo a largo plazo en reservorios de petróleo y de gas, filones de hulla y acuíferos salinos agotados.

Servicio energético

Aplicación de energía útil a las tareas que desea el consumidor, como el transporte, la calefacción de ambientes o la luz.

SF₆

Véase **hexafluoruro de azufre**.

Sistema de cuotas negociables

Véase **comercio de permisos de emisión**.

Sistema de depósito–reintegro

Combina un depósito o derecho (impuesto) aplicado a una materia prima con un reintegro o descuento (**subsidio**) para implementar una medida determinada. Véase también **impuesto sobre las emisiones**.

Subsidio

Pago directo por el gobierno a una entidad, o reducción de impuestos a esa entidad, para implementar una práctica que el gobierno desea alentar. Las **emisiones** de **gases de efecto invernadero** pueden reducirse disminuyendo los subsidios existentes que tienen por efecto el aumento de las emisiones, tales como los subsidios al uso de **combustibles de origen fósil**, u otorgando subsidios a las prácticas que reducen las emisiones o mejoran los **sumideros** (p.ej., para la aislación de edificios o la plantación de árboles).

Sumideros

Todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un **gas de efecto invernadero**, un aerosol o un precursor de un **gas de efecto invernadero** o de un aerosol.

Superávit del consumidor

Medida del **valor** del consumo superior al precio pagado por un bien o servicio.

Superávit del productor

Rendimiento por encima del costo de producción que ofrece compensación a quienes poseen competencias o bienes escasos (p.ej., tierras agrícolas productivas). Véase también **superávit del consumidor**.

Suplementariedad

El **Protocolo de Kioto** especifica que el **comercio de derechos de emisión** y las actividades de **implementación conjunta** serán suplementarias a las medidas nacionales (p.ej., impuestos sobre la energía, normas de eficiencia energética, etc.) adoptadas por los países desarrollados para reducir sus **emisiones** de **gases de efecto invernadero**. En

virtud de algunas definiciones propuestas de la complementariedad (p.ej., un techo concreto al nivel de uso), los países desarrollados podrían verse limitados en su utilización de los **mecanismos de Kioto** para alcanzar sus objetivos de reducción. Esto está sujeto a más negociación y clarificación por las Partes.

Sustitución de combustible

Política orientada a reducir las **emisiones de dióxido de carbono** sustituyendo los combustibles con alto contenido de carbono, como la hulla, por otros como el gas natural.

Tecnología

Parte de equipo o técnica para ejecutar una actividad determinada.

Tope de las emisiones

Restricción impuesta, con un calendario programado, que coloca un “límite superior” sobre la cantidad total de **emisiones** antropógenas de **gases de efecto invernadero** que pueden descargarse en la atmósfera. El **Protocolo de Kioto** impone topes sobre las emisiones de **gases de efecto invernadero** liberadas por los **países/Partes que figuran en el Anexo B**.

Transferencia de beneficios

Aplicación de los valores monetarios de un estudio determinado de evaluación a una determinación de política alternativa o secundaria, a menudo en una zona geográfica distinta de aquella en que se realizó el estudio original.

Transferencia de tecnología

Amplio conjunto de procesos que abarcan el intercambio de conocimientos, dinero y bienes entre diferentes **participantes** que conducen a la difusión de **tecnología** para adaptarse al **cambio climático** o para mitigarlo. Como concepto general, el término se usa para abarcar tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica a través y dentro de los países.

Transformación de la energía

Cambio de una forma de energía, como la contenida en los **combustibles de origen fósil**, a otra como la electricidad.

Trazas de gases

Véase **gases en baja proporción**.

UCA

Véase **unidad de cantidad atribuida**.

Unidad de cantidad atribuida (UCA)

Equivale a 1 tonelada métrica de **emisiones de CO₂ equivalente**, calculada utilizando el **Potencial de Calentamiento de la Tierra**.

Unidad de reducción de emisiones (URE)

Equivale a 1 tonelada métrica de **emisiones de dióxido de carbono** reducidas o secuestradas como resultado de un proyecto de **Implementación conjunta** (definido en el Artículo 6 del **Protocolo de Kioto**), calculada utilizando el **potencial de calentamiento de la Tierra**. Véase también **reducción de emisiones certificada** y **comercio de derechos de emisión**.

URE

Véase **unidad de reducción de emisiones**.

Uso de la tierra

Conjunto de métodos, actividades e insumos aplicados en un determinado tipo de cubierta del suelo (una serie de acciones humanas). Los fines sociales y económicos con los que se utiliza la tierra (p.ej., el pastoreo, la extracción de madera y la conservación).

Valor

Riqueza, deseabilidad o utilidad basadas en preferencias individuales. El valor total de cualquier recurso es la suma de los valores de las diferentes personas que participan en el uso del recurso. Los valores, que son la base del cálculo de costos, se miden en términos de la voluntad de pagar (VDP) por las personas que reciben el recurso o de la voluntad de otras personas de aceptar el pago (VAP) para desprenderse del recurso.

Valor agregado

Producto neto de un sector después de sumar todos los productos y restar los insumos intermedios.

Vías de desarrollo alternativas

Referencia a diversos escenarios posibles sobre valores sociales y pautas de consumo y de producción en todos los países, incluso la continuación de las tendencias actuales, pero sin limitarse a las mismas. En este informe, esas vías no comprenden nuevas iniciativas sobre el clima, lo cual significa que no se incluyen escenarios que supongan explícitamente la aplicación de la **CMCC** o los objetivos de emisión del **Protocolo de Kioto**, pero sí incluyen supuestos acerca de otras políticas que influyen indirectamente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Visión

Retrato de un mundo futuro, generalmente de un mundo futuro deseado.

LISTA DE PUBLICACIONES DEL IPCC

(Si no se lo indica claramente, todas las publicaciones del IPCC son en inglés)

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)

Cambio climático — Evaluación de los impactos del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre la Evaluación de los impactos del IPCC (también en chino, francés, inglés y ruso)

Cambio climático — Estrategias de respuesta del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo del IPCC sobre Estrategias de respuesta (también en chino, francés, inglés y ruso)

Escenarios de emisiones

Preparado por el Grupo de trabajo sobre Estrategias de respuesta del IPCC, 1990

Informe de la vulnerabilidad de las áreas costeras a la subida del nivel del mar — una metodología común, 1991
(también en árabe y francés)

Cambio climático 1992 — Informe suplementario de la evaluación científica del IPCC

Informe del Grupo de trabajo de evaluación científica del IPCC, 1992

Cambio climático 1992 — Informe suplementario de la evaluación científica del IPCC

Informe del Grupo de trabajo del IPCC sobre evaluación de impactos, 1992

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 mundial y el creciente desafío de la gestión de zonas costeras marítimas — Subgrupo del Grupo de trabajo del IPCC sobre estrategias de respuesta, 1992

Informe del seminario del IPCC sobre estudios de países, 1992

Directrices preliminares para evaluar los impactos del cambio climático, 1992

Directrices de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
Tres volúmenes, 1994 (también en francés y ruso)

Directrices técnicas para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación, 1995
(también en chino, francés, inglés y ruso).

Cambio climático 1994 — Forzamiento radiativo del cambio climático y una evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC, 1995

Cambio climático 1995 — La ciencia del cambio climático — Contribución del Grupo de trabajo I al Segundo Informe de Evaluación, 1996

Cambio climático 1995 — Impactos, adaptaciones y mitigación del cambio climático: análisis científicos y técnicos

Contribución del Grupo de trabajo II al Segundo Informe de Evaluación, 1996

Cambio climático 1995 — Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático — Contribución del Grupo de trabajo III al Segundo Informe de Evaluación del IPCC, 1996 (en inglés y francés)

Cambio climático 1995 — Síntesis del Segundo Informe de Evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, 1996
(también en inglés, árabe, chino, francés y ruso)

Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático — Documento Técnico I del IPCC, 1996
(también en francés e inglés)

Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC — Documento técnico II del IPCC, 1997 (también en francés e inglés)

Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas — Documento Técnico III del IPCC, 1997 (también en francés e inglés)

Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO₂ — Documento Técnico IV del IPCC, 1997 (también en francés e inglés)

Impactos regionales del cambio climático: evaluación de vulnerabilidad — Informe especial del IPCC, 1998

La aviación y la atmósfera global — Informe especial del IPCC, 1999

Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura — Informe especial del IPCC, 2000

Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología — Informe especial del IPCC, 2000

Escenarios de emisiones — Informe especial del IPCC, 2000

Cambio climático 2001: la base científica — Informe especial del IPCC, 2001

Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad — Informe especial del IPCC, 2001

Cambio climático 2001: Mitigación — Informe especial del IPCC, 2001

Para obtener información dirigirse a:

Secretaría del IPCC, Organización Meteorológica Mundial,
7bis, Avenue de la Paix, Case postale 2300, 1211 Ginebra 2,
Suiza

<http://www.ipcc.ch/>