

## IMPPLICACIONES DE LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Documento técnico 4 del IPCC





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



# **Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Autores principales

**Tom M. L. Wigley**

**Atul K. Jain**

**Fortunat Joos**

**Buruhani S. Nyenzi**

**P. R. Shukla**

Editado por

**John T. Houghton**

**L. Gylvan Meira Filho**

**David J. Griggs**

**Maria Noguer**

Este es un documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) preparado en respuesta a una petición de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El material que contiene ha sido examinado por expertos y gobiernos, pero no considerado por el Grupo para su posible aceptación o aprobación.

**Octubre de 1997**

Documento preparado bajo los auspicios del Grupo de Trabajo I del IPCC, copresidido por Sir John T. Houghton, del Reino Unido, y el Dr L. Gylvan Meira Filho, del Brasil.

*Portada:* Valores mensuales de concentración de CO<sub>2</sub> (ppmv) obtenidos por el Observatorio de Mauna Loa en Hawaii entre marzo de 1958 y julio de 1997, ambos inclusive (datos proporcionados por C. D. Keeling y T. P. Whorf, Scripps Instituto de Oceanografía, Universidad de California en San Diego).

© 1997, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

ISBN: 92-9163-30-3

# Índice

---

<i>Prefacio</i> .....	v
<b>1. Introducción</b> .....	<b>3</b>
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Alcance .....	3
<b>2. Resumen de los principales resultados</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Descripción y cuantificación de las propuestas de limitación de emisiones</b> .....	<b>9</b>
<b>4. Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> contempladas en las propuestas de limitación de emisiones</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones a efectos de CO<sub>2</sub></b> .....	<b>15</b>
<b>6. Las propuestas de limitación de emisiones y las condiciones necesarias para la estabilización</b> .....	<b>19</b>
<b>7. Consecuencias de las propuestas de limitación de emisiones respecto de los valores medios mundiales de la temperatura y del nivel del mar</b> .....	<b>21</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>25</b>
<b>Apéndices</b> .....	<b>27</b>
Apéndice 1 Recientes propuestas de limitación de emisiones .....	27
Apéndice 2 Cuantificación de las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR) y Países Bajos (NL) ....	30
Apéndice 3 Efecto de posibles errores e incertidumbres sobre las emisiones de los países del Anexo I en 1990 ....	34
Apéndice 4 Glosario de términos .....	37
Apéndice 5 Acrónimos y abreviaturas .....	39
Apéndice 6 Unidades .....	40
Apéndice 7 Afiliación de los autores principales .....	41
Apéndice 8 Lista de publicaciones del IPCC .....	42



# Prefacio

---

Este documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) sobre "Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>" es el cuarto de la serie de Documentos Técnicos del IPCC, y fue preparado en respuesta a una petición del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC/NU).

Los documentos técnicos se preparan a petición de los órganos de la CP, con el acuerdo de la Mesa del IPCC, o por decisión del propio IPCC. Están basados en el material existente en los informes de evaluación e informes especiales del IPCC, y son redactados por autores principales elegidos con tal fin. Se sometieron a un examen simultáneo de expertos y gobiernos, y a un examen final subsiguiente de los gobiernos. En el examen inicial se recibieron comentarios sobre este documento de 77 examinadores de 34 países. La Mesa del IPCC actúa como consejo de redacción, para tener la seguridad de que dichos comentarios son tratados debidamente por los autores principales al finalizar el documento técnico.

La Mesa se reunió en su decimocuarta reunión (Maldivas, 21 de septiembre de 1997), y consideró los principales comentarios recibidos durante el examen final de los gobiernos. A la luz de sus observaciones y peticiones, los autores principales dieron fin al documento técnico. La Mesa expresó su satisfacción por haberse respetado los procedimientos convenidos, y autorizó la distribución del documento al OSACT y su posterior difusión al público.

Tenemos una gran deuda de gratitud con los autores principales, que dedicaron su tiempo con gran generosidad y concluyeron el documento en breve plazo y en las fechas previstas. Deseamos dar las gracias a los Copresidentes del Grupo de Trabajo I del IPCC, John Houghton y Gylvan Meira Filho, que supervisaron tan ardua labor, así como al personal del estudio de gráficos de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, que preparó las figuras para publicarlas, a Christy Tidd y Lisa Butler, que ayudaron al autor principal en la preparación del documento, y en particular a David Griggs, María Noguer y Anne Murrill, del Servicio de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I del IPCC, por su insistencia en la calidad y en la puntualidad.

B. Bolin  
Presidente del IPCC

N. Sundararaman  
Secretario del IPCC





---

# Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>

Documento preparado bajo los auspicios del Grupo de Trabajo I del IPCC.

---

Autores principales:

***Tom M. L. Wigley, Atul K. Jain, Fortunat Joos, Buruhani S. Nyenzi, P.R. Shukla***



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El presente Documento Técnico ha sido elaborado a petición del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC/NU). En su segunda reunión (Ginebra, 27 de febrero–4 de marzo de 1996), el OSACT pidió al IPCC que evaluara las implicaciones inherentes a diversas propuestas de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>§1</sup> por las Partes<sup>2</sup> del Anexo<sup>§3</sup> respecto de los aumentos proyectados de temperatura y nivel del mar y de otros cambios del clima<sup>§</sup>. La Mesa de la CMCC aprobó la elaboración de un Documento Técnico a fin de dar cumplimiento a dicha petición en su décima reunión (Ginebra, 28–29 de marzo de 1996).

Un problema inicial que planteaba la preparación de un Documento Técnico útil sobre este tema estribaba en que ninguna de las propuestas de limitación de emisiones formuladas por aquel entonces alcanzaba más allá del año 2010. En el caso del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), incluso para grandes diferencias en las emisiones en 2010, las diferencias en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura media mundial y nivel medio mundial del mar en 2010 serán comparativamente pequeñas, dada la lentitud de respuesta tanto del CO<sub>2</sub> atmosférico como del clima y del nivel del mar frente a los cambios en las emisiones. Las consecuencias de los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero, y en particular de CO<sub>2</sub>, tardan entre decenios y siglos en manifestarse con plenitud en el sistema climático. Así pues, para que los cálculos sobre el clima y el nivel del mar sean de utilidad es necesario disponer de información que no se limite a unos decenios. Se requería, por consiguiente, un conjunto de escenarios de limitación de emisiones<sup>§</sup> ampliados para poder realizar dicho análisis. En la duodécima reunión del IPCC (Ciudad de México, 11–13 de septiembre de 1996) se decidió que, para poder generar información más allá de 2010, se necesitaban más amplias directrices del OSACT.

El OSACT examinó este tema en su cuarta reunión (Ginebra, 16–18 de diciembre de 1996). Para entonces se habían formulado ya propuestas de limitación de emisiones adicionales, recogidas en el documento de 31 de enero de 1997 del Grupo Ad Hoc sobre el Mandato de Berlín<sup>4</sup> (GAHMB), titulado *Framework Compilation of Proposals for Parties for the Elements of a Protocol or Another Legal Instrument* (FCCC/AGBM/1997/2). Los escenarios que se estudian con más detenimiento en el presente Documento Técnico están tomados de dichas propuestas. En FCCC/AGBM/1997/2, dos Partes (Francia y Países Bajos) formulaban propuestas en escalas de tiempo no limitadas. Estas propuestas son apropiadas para estudiar las implicaciones que, a efectos del clima y del nivel del mar, supondría limitar las emisiones en los países del Anexo I, por lo que han servido de base para el estudio que se expone en el presente documento.

Desde que se redactó el primer borrador (16 de abril de 1997) del presente documento, se recibieron aportaciones de siete Partes en la CMCC (expuestas en FCCC/SBSTA/1997/MISC2, el 19 de febrero de 1997). En ellas se expresaban opiniones divergentes sobre los escenarios de emisiones a utilizar. En su quinta reunión (Ginebra, 24–28 de febrero de 1997), el OSACT pidió al IPCC que tuviera en cuenta y, cuando procediese, reflejara dichas aportaciones en la elaboración del presente Documento Técnico (véase FCCC/SBSTA/1997/4, párrafo 26 n), 7 de abril de 1997). Estas aportaciones han sido tenidas en cuenta. Posteriormente, en un Addéndum al informe de la sexta reunión del GAHMB (Bonn, 3–7 de marzo de 1997) *Proposals for a Protocol or Another Legal Instrument—Negotiating Text by the Chairman* (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1), de 22 de abril de 1997, se recogen varias propuestas nuevas y retiradas. Así pues, a fin de ser lo más receptivos posible al proceso de negociación hemos incluido, en el Apéndice 1, un resumen de estas propuestas recientes, indicando asimismo cuál es su relación con las propuestas de limitación de emisiones que se estudian en mayor detalle en el presente documento.

### 1.2 Alcance

El presente Documento Técnico tiene por objeto informar sobre las implicaciones que para las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales conllevan las propuestas de limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo I, así como las consecuencias de dichas limitaciones desde el punto de vista de la concentración de CO<sub>2</sub>. Se examinan también aquí las emisiones a nivel mundial con arreglo a las diversas propuestas de limitación de emisiones, en términos de las necesidades de estabilización de la concentra-

<sup>1</sup> En lo sucesivo, se indicarán mediante el símbolo § los términos que figuran en el Glosario (Apéndice 4).

<sup>2</sup> Estas propuestas se inscriben en el alcance del Artículo 17 ("Protocolos") de la CMCC. Nos referiremos a ellas como "propuestas de limitación de emisiones". Abarcan tanto las propuestas de limitación de las emisiones en los países del Anexo I (a diferencia de las "proyecciones de referencia") como las propuestas de reducción absoluta de emisiones respecto de 1990 en dichos países. El término "objetivos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones" (OCLRE) utilizado en la CMCC tiene el mismo significado, pero es menos transparente para el lector no especializado. El término "protocolo" no se utiliza, ya que tiene un significado más amplio.

<sup>3</sup> En este documento se utilizará frecuentemente la palabra "países" para referirse al término "Partes en la Convención" de la CMCC.

<sup>4</sup> Mandato de Berlín: examen de la idoneidad del Artículo 4, párrafos 2 a) y b), de la Convención, incluidas diversas propuestas de protocolo y decisiones sobre actividades continuatorias.

ción de CO<sub>2</sub> (véase el Artículo 2 de la CMCC<sup>5</sup>), y se exponen los resultados de los cálculos sobre las consecuencias que para los valores medios mundiales de temperatura y de nivel del mar tendrían las propuestas de limitación de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Cabe señalar que una de las condiciones requeridas de los Documentos Técnicos del IPCC es que estén basados únicamente en material tomado de los informes de evaluación e informes especiales del IPCC. Los resultados aquí expuestos concuerdan, pues, con dichos informes anteriores. Conviene indicar que, aunque todas las propuestas de limitación de emisiones hacen referencia únicamente a los países del Anexo I, conforme se acordó en el Mandato de Berlín (FCCC/CP/1995/7/Add.1, Decisión 1/CP.1) el 6 de junio de 1995, para poder efectuar un análisis de las concentraciones mundiales de CO<sub>2</sub> y de las implicaciones que afecten al clima es preciso basarse en las emisiones mundiales. Como oficialmente no hay propuestas de limitación de emisiones en los países no vinculados por el Anexo I, hemos obtenido dichos valores combinando las emisiones de los países del Anexo I que figuran en las propuestas de limitación con las emisiones de los demás países según los escenarios IS92a, c y e<sup>6</sup> "en ausencia de políticas sobre el clima" (véase el recuadro).

<sup>5</sup> En el Artículo 2 se declara que el objetivo último de esta Convención y de cualquier instrumento jurídico conexas que la Conferencia de las Partes podrá adoptar consiste en lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite la interferencia antropógena peligrosa con el sistema climático. Dicho nivel debería alcanzarse en un plazo de tiempo suficiente para que los ecosistemas puedan adaptarse de manera natural al cambio climático, a fin de que la producción de alimentos no resulte amenazada y de que el desarrollo económico progrese de manera sostenible.

<sup>6</sup> Un método alternativo pero equivalente de deducir las emisiones a nivel mundial consiste en determinar primero la reducción de las emisiones en los países del Anexo I que resultaría de determinada propuesta de limitación de las emisiones (este valor dependerá del escenario IS92 con que se compare la propuesta), restando a continuación esa cantidad de las emisiones mundiales correspondientes al mismo escenario IS92.

Las propuestas de limitación de emisiones en que se basa este documento están expresadas de diversas maneras, en términos de CO<sub>2</sub> sólo o en términos de gases de efecto invernadero. A los efectos del presente documento, se ha procedido como si todas las propuestas fueran aplicables únicamente a las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil<sup>7</sup>. Las razones por las que se ha empleado esta aproximación se exponen en la Sección 3.

Para dar cumplimiento a la petición del OSACT (es decir, que se estudiaran las implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones desde el punto de vista de la temperatura y del nivel del mar) en términos amplios, sería necesario abarcar todas las posibles concentraciones (tomando en cuenta los sumideros y las fuentes) de otros gases como, por ejemplo, metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozono troposférico (O<sub>3</sub>) y los halocarbonos<sup>8</sup>, así como todas las posibilidades de emisión de aerosoles de sulfatos<sup>8</sup> derivados del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Un análisis así excedería de las posibilidades de este trabajo. En el Documento Técnico 3<sup>8</sup> del IPCC (Schimel *et al.*, 1997) se discuten más ampliamente los efectos de diversos escenarios para ese grupo de gases y para los aerosoles de sulfatos.

En este Documento Técnico se abordan únicamente los efectos directos de las propuestas de limitación de emisiones. No se examinan, por consiguiente, cuestiones tales como el "endose de carbono", que puede sobrevenir cuando la reducción de las emisiones en los países del Anexo I alteran el precio de la energía y el comercio de tal manera que hacen aumentar las emisiones en los países al margen del Anexo I, o como los efectos de la transferencia de tecnología, que tienen lugar cuando nuevas tecnologías utilizadas en países del Anexo I pueden ser también utilizadas en los otros países, reduciendo posiblemente las emisiones en éstos.

<sup>7</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil son las originadas por la combustión de combustibles de origen fósil (incluida la deflagración de gases) y por la producción de cemento

<sup>8</sup> En lo sucesivo, mencionado como TP3, y análogamente TP1 y TP2.

### Escenarios de emisión IS92

Los seis escenarios del IPCC, a saber: IS92a-f (Leggett *et al.* 1992), Informe suplementario a la evaluación científica del IPCC (en lo sucesivo denominado IPCC92), incorporan supuestos muy diversos respecto de la manera en que las emisiones futuras de gases de efecto invernadero podrían evolucionar en ausencia de políticas sobre el clima que no sean las ya adoptadas. En el Cuadro 4 se expone un resumen de los supuestos sobre crecimiento económico, abastecimiento de energía y proyecciones de población en que se han basado estos escenarios. Para construir los escenarios IS92 se ha tenido presente:

- a) Las Enmiendas de Londres al Protocolo de Montreal;
- b) Las predicciones demográficas del Banco Mundial y de las Naciones Unidas;
- c) El informe del Subgrupo de energía e industria del IPCC (IPCC-SIE, 1990);
- d) los cambios políticos y económicos habidos en la antigua Unión Soviética, Europa oriental y Oriente medio;
- e) Datos sobre la deforestación tropical y sobre las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero.

En conjunto, los escenarios indican que las emisiones de gases de efecto invernadero aumentarán sustancialmente durante el próximo siglo en ausencia de medidas de control nuevas y explícitas.

**IS92a e IS92b:** Estos escenarios arrojan unas estimaciones de las emisiones que son intermedias si se comparan con las de los demás escenarios IS92. La diferencia principal entre IS92b e IS92a es que para IS92b se ha tenido en cuenta información disponible hasta 1992 sobre los compromisos contraídos por algunos países de la OCDE para estabilizar sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

**IS92c:** Este escenario presupone los valores más bajos de tasa de población y de crecimiento económico, e importantes limitaciones en el abastecimiento de combustibles de origen fósil. Es, pues, el escenario de más bajas emisiones y el único que presenta una tendencia decreciente de las emisiones.

**IS92d:** Este escenario está basado en la misma baja tasa de crecimiento de población de IS92c, pero con un crecimiento económico mayor, por lo que arroja la segunda estimación más baja de los valores de emisión futuros.

**IS92e:** Este escenario presupone un crecimiento de la población intermedio y unas altas tasas de crecimiento económico, con abundancia de combustibles de origen fósil. Por consiguiente, proporciona las estimaciones más altas de las emisiones futuras.

**IS92f:** Este escenario está basado en las estimaciones de población más altas de los escenarios IS92, aunque sobre unos supuestos de crecimiento económico menor. Es el segundo escenario en cuanto a valores de emisión elevados.

El IPCC está produciendo actualmente versiones revisadas de estos escenarios, que serán publicadas en un informe especial.



## 2. RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados de este estudio son los siguientes:

### Emisiones

- Las emisiones de los países del Anexo I según las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR) o de los Países Bajos (NL) son sustancialmente menores que las emisiones según los escenarios IS92*a*, *b*, *e* y *f* a lo largo del siglo XXI. En comparación con los escenarios IS92*c* y *d*, las diferencias son pequeñas. Tomando como referencia el escenario IS92*a*, las emisiones de los países del Anexo I contempladas en las propuestas de limitación representan reducciones de entre un 30 y un 90 por ciento de aquí al año 2000.
- Aun en el caso de que los países del Anexo I acataran las propuestas de limitación FR o NL, las emisiones mundiales en 2100 duplicarían o triplicarían los niveles de 1990 si las emisiones de los países al margen del Anexo I crecieran en el período 1990-2100 con arreglo al escenario IS92*a*.

### Concentración

- Cuando se combinan las propuestas de limitación de emisiones FR o NL para los países del Anexo I con los escenarios IS92 para los países al margen del Anexo I, las concentraciones de CO<sub>2</sub> proyectadas son inferiores que en cualquiera de los escenarios IS92. Las reducciones de concentración relativas a los escenarios IS92 (excepto IS92*c*) se hacen eventualmente significativas, en un orden de 100 ppmv por 2100 para IS92*a* y 200 ppmv por 2100 para IS92*e*.
- Los efectos de las propuestas de limitación de emisiones se hacen sentir lentamente. Tomando como referencia el caso de ausencia de limitación IS92*a*, las reducciones de concentración son, para las propuestas de limitación de emisiones FR o NL más extremas (a saber, NL-2%), tan sólo de 5 ppmv en 2010, de 12 ppmv en 2020 y de 22 ppmv en 2030. Estos valores representan una disminución en el aumento proyectado de las concentraciones desde 1990, y en ausencia de intervención, de 13, 19 y 24 por ciento respectivamente. La influencia porcentual de las propuestas de limitación NL-2% se eleva a un 35 por ciento de aquí a 2100.
- Las proyecciones de la concentración futura de CO<sub>2</sub> adolecen de un margen de incertidumbre, debida a nuestra incompleta comprensión del ciclo del carbono<sup>§</sup>. Son, sin embargo, menores las incertidumbres en cuanto a las reducciones del forzamiento radiativo<sup>§</sup> que se conseguirían con las propuestas de limitación de emisiones. Ello se debe a que las reducciones acumulativas de las emisiones que conllevarían las propuestas de limitación son pequeñas frente a las emisiones acumulativas totales, así como a la relación no lineal que

existe entre la concentración de CO<sub>2</sub> y el forzamiento radiativo. Las proyecciones de la concentración futura de CO<sub>2</sub> adolecen de un margen de incertidumbre, debida a nuestra incompleta comprensión del ciclo del carbono<sup>§</sup>. Son, sin embargo, menores las incertidumbres en cuanto a las reducciones del forzamiento radiativo<sup>§</sup> que se conseguirían con las propuestas de limitación de emisiones. Ello se debe a que las reducciones acumulativas de las emisiones que conllevarían las propuestas de limitación son pequeñas frente a las emisiones acumulativas totales, así como a la relación no lineal que existe entre la concentración de CO<sub>2</sub> y el forzamiento radiativo.

### Estabilización

- Ninguna de las propuestas de limitación de emisiones conduciría, ni de lejos, a una estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> si se diera por supuesto que las emisiones de los países al margen del Anexo I se atenderán a los escenarios IS92*a* o IS92*e*. En tales casos, las concentraciones de CO<sub>2</sub> se sitúan entre 575 y 950 ppmv aproximadamente, y aumentan todavía rápidamente en el año 2100 a una tasa entre dos (IS92*a*) y cinco (IS92*e*) veces la tasa de incremento actual.
- En 2100, las concentraciones de CO<sub>2</sub> mostrarán una clara tendencia a la estabilización, suponiendo que las emisiones de los países al margen del Anexo I concuerden con el escenario IS92*c*, el de emisiones más bajas del IPCC, y que los países del Anexo I hicieran realidad este escenario o cualquiera de las propuestas de limitación de emisiones FR o NL.
- Los dos importantes resultados precedentes implican que, para los casos estudiados, a menos que el aumento de población, el crecimiento económico, el cambio tecnológico y otros factores se combinen de tal modo que las emisiones mundiales reproduzcan exactamente el escenario de bajas emisiones IS92*c*, sería necesaria una reducción sustancial de las emisiones mundiales adicionalmente a las definidas en las diversas propuestas de limitación de emisiones.
- Si se llega a una estabilización de las concentraciones, ésta estará determinada más por las emisiones de CO<sub>2</sub> antropógeno<sup>§</sup> acumuladas desde la fecha actual hasta el momento de la estabilización que por la manera en que esas emisiones varíen durante dicho período. Esto significa que, para un valor dado de concentración estabilizada, unas emisiones más elevadas durante los primeros decenios requieren un nivel más bajo de las emisiones posteriormente.

### Temperatura y nivel del mar

- Las propuestas de limitación de emisiones que se consideran en este estudio afectan al futuro cambio medio mundial de la

temperatura y del nivel del mar. Para 2100, en comparación con los casos de no limitación, la reducción del aumento medio mundial de la temperatura resultante de la propuesta de limitación NL-2% se sitúa entre 0.1°C (es decir, de 0.7°C a 0.6°C en el caso IS92c para una sensibilidad del clima<sup>8</sup> de 1.5°C) y 0.9°C (es decir, de 3.9°C a 3.0°C para el caso IS92e y para una sensibilidad del clima de 4.5°C), mientras que la reducción del aumento del nivel del mar estaría entre 2 cm (es decir, de 12 cm a 10 cm para el caso IS92c y para una sensibi-

lidad del clima de 1.5°C) y 15 cm (es decir, de 100 cm a 85 cm en el caso IS92e y para una sensibilidad del clima de 4.5°C).

- Aunque los resultados de temperatura y nivel del mar se exponen en detalle sólo para el caso NL-2%, las reducciones del aumento de estas variables alcanzadas en un año cualquiera pueden generalizarse fácilmente a otros escenarios de limitación de emisiones que no experimenten variaciones bruscas.
-



### 3. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES

Como se ha señalado en la Introducción, las propuestas de limitación de emisiones en los países del Anexo I que se examinan en este Documento Técnico están documentadas en el informe de 31 de enero de 1997 del GAHMB titulado *Framework Compilation of Proposals for Parties for the Elements of a Protocol or Another Legal Instrument* (FCCC/AGBM/1997/2, págs. 34-39). Los pormenores (con respecto a aquellas sugerencias que sea posible definir en términos cuantitativos) se resumen en el Cuadro 1, y aparecen expresadas en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> absolutas en el Cuadro 2.

Al elaborar el Cuadro 2, las sugerencias sobre limitación de emisiones expresadas en términos de gases de efecto invernadero (en lugar de específicamente en términos de CO<sub>2</sub>) han sido interpretadas como aplicables únicamente a las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil. Si estas limitaciones se consiguieran mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO<sub>2</sub> además de, o en lugar de, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (es decir, con arreglo al planteamiento general indicado en el Artículo 3.3 de la CMCC), sería posible un nivel de emisiones

de CO<sub>2</sub> más alto que el valor supuesto. Sin embargo, si las propuestas de limitación de emisiones estuvieran adecuadamente expresadas en términos de CO<sub>2</sub> equivalente (véase, por ejemplo, TP3, Sección 2.2), los resultados en cuanto a temperatura y nivel del mar aquí obtenidos serían igualmente aplicables a los casos de CO<sub>2</sub> únicamente y de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> equivalente). A falta de sugerencias sobre las proporciones en que habría que reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases, y dado que no existe acuerdo acerca de ningún método para cuantificar satisfactoriamente los efectos de la reducción de emisiones no CO<sub>2</sub> en términos de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>9</sup>,

<sup>9</sup> El concepto de "potenciales de calentamiento mundial" (PCMs) permite comparar el efecto de diferentes gases de efecto invernadero con el del CO<sub>2</sub>. Para un gas dado, sin embargo, los valores de PCM difieren notablemente en función del horizonte de tiempo elegido. Por ello, sólo es posible utilizarlos para obtener una medida aproximada del valor de CO<sub>2</sub> equivalente asociado a un horizonte de tiempo específicamente elegido.

Código	País(es) origen de la propuesta	Propuestas de limitación de emisiones para los países del Anexo I
AOSIS*	ADPEI	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> en al menos un 20 por ciento de aquí a 2005
AT/DE	Austria, Alemania	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> en un 10 por ciento de aquí a 2005, y en un 15-20 por ciento hasta 2010
BE	Bélgica	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> en un 10-20 por ciento hasta 2010
DK	Dinamarca	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> en un 20 por ciento de aquí a 2005, y en un 50 por ciento hasta 2030
CH	Suiza	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> en un 10 por ciento de aquí a 2010
UK	Reino Unido	Reducción de emisiones de g.e.i. en un 5-10 por ciento de aquí a 2010
ZR	Zaire**	Retorno, de aquí a 2000, a los niveles de emisión de g.e.i. de 1990; reducción de las emisiones en un 10 por ciento de aquí a 2005, en un 15 por ciento de aquí a 2010, y en un 20 por ciento hasta 2020
NL	Países Bajos	Reducción de emisiones de g.e.i. en un 1-2 por ciento anual en promedio (a partir de 2000)
FR	Francia	Reducción de emisiones de g.e.i. por habitante en un 7-10 por ciento entre 2000 y 2010 Reducción de emisiones de g.e.i. por habitante hasta 1.6-2.2 tC/año de aquí a 2100
EU	Unión Europea	Retorno al nivel de emisiones de g.e.i. de 1990 para el año 2000 (supuestamente aplicable también a las propuestas de los países AT/DE, BE, DK, NL y FR)

\* Alianza de Pequeños Estados Insulares  
\*\* En la actualidad, República Democrática del Congo

**Cuadro 1.** Descripción de propuestas de limitación de emisiones para los países del Anexo I (FCCC/AGBM/1997/2, 31 de enero de 1997). Todas las reducciones están referidas al nivel de 1990. Algunas propuestas son aplicables al CO<sub>2</sub> solamente, y otras al CO<sub>2</sub> más otros gases de efecto invernadero (g.e.i.) presumiblemente en algún sentido de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente. Obsérvese que, en general, la utilización por la CMCC del término g.e.i. excluye los gases controlados por el Protocolo de Montreal.

Código	País(es) que efectúan las propuestas	Emisiones de CO <sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) en países del Anexo I				
		2000	2005	2010	2020	2030
AOSIS	ADPEI	4.59	3.67			
AT/DE	Austria, Alemania	4.59	4.13	3.67–3.90		
BE	Bélgica	4.59		3.67–4.13		
DK	Dinamarca	4.59	3.67			2.29
CH	Suiza	4.59		4.13		
UK	Reino Unido	4.59		4.13–4.36		
ZR	Zaire	4.59	4.13	3.90	3.67	
NL	Países Bajos	4.59	4.15–4.37	3.75–4.15	3.06–3.75	2.50–3.40
FR	Francia	4.59		4.10–4.68		3.49–4.72*

\* Interpolados linealmente a partir de los valores en 2010 y 2100

**Cuadro 2.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I según las propuestas de limitación de emisiones, basadas en el Cuadro 1 y convertidas a GtC/año tomando como referencia el valor 4.59 GtC/año para 1990, conforme se indica en IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992) y Pepper *et al.* (1992), y suponiendo que el nivel de 1900 es igual al valor en 2000. Los espacios en blanco indican que no se ha especificado ninguna cifra para ese año. La presencia de más de un valor denota que se han especificado gamas de valores.

no es posible cuantificar fácilmente las emisiones de CO<sub>2</sub> adicionales que permitiría un planteamiento general.

Las propuestas de limitación de emisiones que figuran en el Cuadro 2 están basadas en el supuesto de que los niveles de emisiones en los países del Anexo I serán en el año 2000 los mismos que en 1990. Este supuesto concuerda con los apartados 4.2 *a)* y *b)* de la CMCC. Se ha supuesto también en todos los casos que las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo I permanecerán constantes en el período 1990-2100. Si las propuestas de limitación no van a experimentar variaciones después del año 2000, los efectos de estas simplificaciones sobre las concentraciones de CO<sub>2</sub> calculadas son muy pequeños. En caso de que las emisiones en los países del Anexo I aumenten durante el decenio de 1990 para, a continuación, descender hasta el nivel de 1990 en el año 2000, el aumento de la concentración en ese año sería aproximadamente de 0.4 ppmv por cada GtC de emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas en el período 1990-2000, disminuyendo a 0.2 ppmv por GtC adicional al llegar a 2100<sup>10</sup>. En la gama de valores de emisiones posibles para el decenio de 1990, este efecto sobre la concentración es soslayable.

Si las emisiones de los países del Anexo I aumentaran en el decenio de 1990 de tal modo que rebasaran en el año 2000

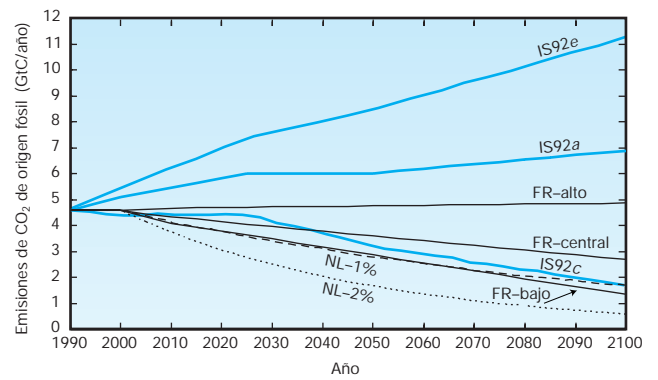
el nivel de 1990 y se utilizara el nivel más elevado de 2000 (o algún otro nivel) como valor de referencia para determinar futuras reducciones en los países del Anexo I, las concentraciones futuras resultarían también afectadas. De todas formas, la sensibilidad de las proyecciones de concentraciones frente a un aumento de esas características y respecto de nivel de referencia supuesto es relativamente pequeña.

Las propuestas de limitación de emisiones aquí estudiadas pueden dividirse en dos grupos (Cuadro 3):

- Propuestas hasta 2030 o antes (AOSIS, AT/DE, BE, DK, CH, UK y ZR). Este grupo contiene 10 casos en que las variantes baja (b) y alta (a) de las propuestas AT/DE, BE y UK se consideran por separado. No obstante, sólo cinco de ellas son únicas (a saber: [AOSIS, DK]; [AT/DE-b, BE-b]; [AT/DE-a, ZR]; [BE-a, CH, UK-b] y [UK-a]);
- Propuestas hasta 2100 (FR y NL). La sugerencia de FR está basada en emisiones por habitante. Para convertirla a valores de emisión absolutos se necesitan estimaciones sobre la población, por lo que permite un amplio abanico de posibilidades. De ellas hemos obtenido los tres niveles de emisión bajo (FR-bajo), central (FR-central) y alto (FR-alto), que abarcan toda la gama. La propuesta NL especifica dos valores extremos, que corresponden a un 1 y a un 2 por ciento anual de reducción combinada de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil a partir de 2000, y que se designan como NL-1% y NL-2%, respectivamente. En el Apéndice 2 se exponen con mayor detalle las propuestas de limitación de emisiones FR y NL.

<sup>10</sup>Esa misma sensibilidad a los "errores" respecto de las emisiones en el período 1990-2000 es aplicable a las emisiones mundiales. En otras palabras, si las emisiones mundiales durante 1990-2000 difieren de los valores aquí supuestos, el efecto sería un cambio de concentración de 0.4 ppmv por cada GtC acumulativa de "error" de emisiones en el año 2000, disminuyendo hasta 0.2 ppmv al llegar al año 2100.

En términos de reducción de emisiones, el efecto de cualquier propuesta de limitación dependerá del nivel de referencia a partir del cual se mida. En nuestro estudio, a fin de ofrecer una gama de niveles de referencia, hemos utilizado los escenarios de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil IS92 para los países del Anexo I. En la Figura 1 se comparan dichos escenarios con las propuestas de limitación de emisiones FR y NL. Los escenarios de emisiones IS92 que aparecen en dicha Figura, IS92a, c y e, abarcan resultados correspondientes a los otros tres escenarios IS92b, d y f. En el Cuadro 4 se expone un resumen de los valores de crecimiento económico, suministro de energía y proyecciones de población que se han utilizado como supuestos para obtener dichos escenarios. Respecto de IS92a e IS92e, estas propuestas representan una reducción sustancial de las emisiones. Respecto de IS92c, las propuestas FR-central y FR-alto contienen emisiones más elevadas. Hay que señalar, no obstante, que es difícil establecer una comparación directa entre IS92c y los casos FR-central y FR-alto, ya que estos últimos están basados en proyecciones de población medias y altas (Anexo I), mientras que IS92c se basa en la proyección de población (mundial) baja (véase el Cuadro 4). Una comparación más adecuada es la de FR-bajo con IS92c; en este caso, la propuesta de reducción de emisiones representa una reducción relativamente pequeña por debajo del caso IS92c en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> acumulativas. Tanto NL-1% como NL-2% corresponden a reducciones por debajo de IS92c. Estas



**Figura 1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I, según las propuestas de limitación de emisiones francesa (FR) y neerlandesa (NL), comparadas con las de los escenarios IS92a, c y e. Los valores FR-bajo, FR-central y FR-alto han sido obtenidos de un amplio abanico de posibilidades basadas en emisiones por habitante. NL-1% y NL-2% denotan reducciones combinadas anuales de 1% y 2% en las emisiones de CO<sub>2</sub> más allá de 2000.

reducciones son bastante acentuadas (en términos porcentuales para las emisiones acumulativas) para el caso NL-2%.

Código	País(es) origen de la propuesta	Emisiones de CO <sub>2</sub> de origen fósil interpoladas (GtC/año) en países del Anexo I					
		2000	2005	2010	2020	2030	2100
AOSIS	ADPEI	4.59	3.67				
AT/DE-b	Austria, Alemania	4.59	4.13	3.67			
AT/DE-a	Austria, Alemania	4.59	4.13	3.90			
BE-b	Bélgica	4.59	4.13	3.67			
BE-a	Bélgica	4.59	4.36	4.13			
DK	Dinamarca	4.59	3.67	3.40	2.85	2.29	
CH	Suiza	4.59	4.36	4.13			
UK-b	Reino Unido	4.59	4.36	4.13			
UK-a	Reino Unido	4.59	4.48	4.36			
ZR	Zaire	4.59	4.13	3.90	3.67		
NL-1%	Países Bajos	4.59	4.37	4.15	3.75	3.40	1.68
NL-2%	Países Bajos	4.59	4.15	3.75	3.06	2.50	0.61
FR-bajo	Francia	4.59	4.34	4.10	3.79	3.49	1.34
FR-central	Francia	4.59	4.47	4.34	4.16	3.97	2.69
FR-alto	Francia	4.59	4.63	4.68	4.70	4.72	4.87

**Cuadro 3.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil interpoladas (GtC/año) para los países del Anexo I según las propuestas de limitación de emisiones del Cuadro 2. Si se consideran por separado los casos bajo (b) y alto (a) de AT/DE, BE y UK, se tienen 10 propuestas distintas de duración menor (es decir, que abarcan sólo hasta 2030 o antes). Sin embargo, sólo cinco de éstas son únicas (la propuesta DK es la misma que la propuesta AOSIS hasta 2005; la propuesta BE-b es la misma que AT/DE-b; la propuesta ZR es la misma que AT/DE-a hasta 2010; y las propuestas CH y UK-b son idénticas a BE-a). NL-1% y NL-2% denotan reducciones combinadas anuales de 1 por ciento y 2 por ciento en las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de 2000. FR-bajo, FR-central y FR-alto han sido obtenidas de un abanico de posibilidades basadas en emisiones por habitante (véase el Apéndice 2).

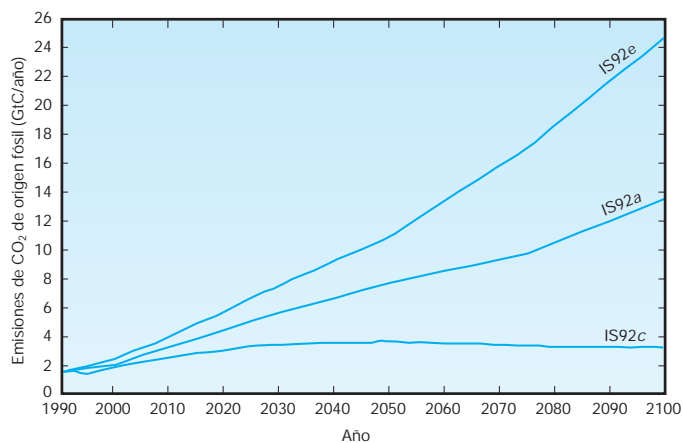
		<i>Resumen de los supuestos en que se basan los escenarios de emisiones IS92</i>				
		<i>IS92a,b</i>	<i>IS92c</i>	<i>IS92d</i>	<i>IS92e</i>	<i>IS92f</i>
<b>Crecimiento económico (1990–2025) (PNB/habitante)</b>		2.9%	2.0%	2.7%	3.5%	2.9%
<b>Crecimiento económico (2025–2100) (PNB/habitante)</b>		2.02%	0.83%	1.67%	2.77%	2.02%
<b>Suministro de energía: petróleo y gas (1990-2100) (EJ)</b>		25 000	15 300	15 300	31 400	31 400
<b>Proyección de población (millardos)</b>		<i>Banco Mundial</i>	<i>NU Medio-Bajo</i>	<i>NU Medio-Bajo</i>	<i>Banco Mundial</i>	<i>NU Medio-Bajo</i>
<b>Población DES</b>	<b>1990</b>	1.266	1.266	1.266	1.266	1.266
	<b>2025</b>	1.435	1.340	1.340	1.435	1.579
	<b>2100</b>	1.416	0.840	0.840	1.416	2.215
<b>Población RdM</b>	<b>1990</b>	3.986	3.986	3.986	3.986	3.986
	<b>2025</b>	6.979	6.251	6.251	6.979	7.866
	<b>2100</b>	9.896	5.575	5.575	9.896	15.377

**Cuadro 4.** Valores supuestos de crecimiento económico, suministro de energía y proyecciones de población en que se basan los escenarios de emisiones IS92, tomados de IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992, Cuadros A3.1 y A3.2). El crecimiento económico está expresado en términos de cambio del producto nacional bruto (PNB) por habitante, habiéndose calculado los valores correspondientes a 2025-2100 a partir de las cifras indicadas para 1990-2025 y 1990-2100. El suministro de energía se refiere al petróleo y al gas convencionales en el período 1990-2100, expresado en exajulios (EJ). Para las proyecciones de población hemos utilizado el valor medio-bajo de las Naciones Unidas, el del Banco Mundial y el medio-alto de las Naciones Unidas. Estas proyecciones están expresadas en millardos (miles de millones). Los países han sido divididos en "desarrollados" (DES) y "resto del mundo" (RdM), donde "desarrollados" representa la suma de la OCDE, la URSS y Europa Oriental (categorías de 1990). Para los cálculos aquí realizados se ha supuesto que estas cifras son aplicables solamente a los grupos Anexo I y no Anexo I, lo cual viene a ser una aproximación razonable, dadas las incertidumbres inherentes a los datos.

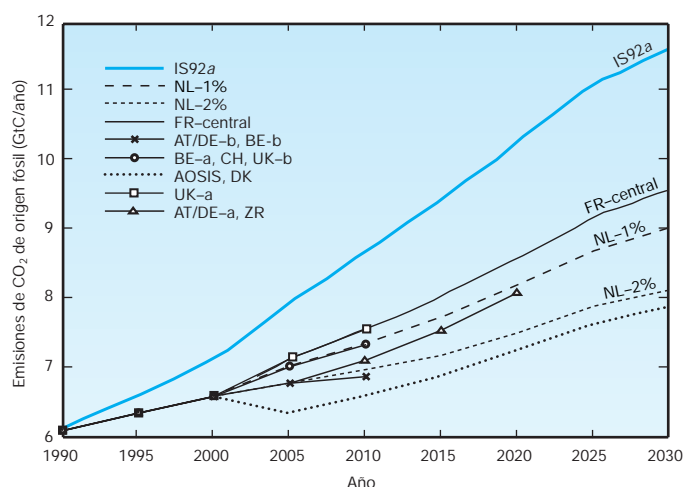
## 4. EMISIONES MUNDIALES DE CO<sub>2</sub> CONTEMPLADAS EN LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES

A fin de determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales según las diversas propuestas de limitación de emisiones, se han combinado las emisiones de los países del Anexo I, según los distintos casos de limitación, con las emisiones de los países al margen del Anexo I definidas en los escenarios de "ausencia de políticas sobre el clima" IS92 (véase el recuadro de la Sección 1). Este planteamiento concuerda con las disposiciones del Mandato de Berlín, en virtud de las cuales las actuales negociaciones entabladas en los términos de dicho Mandato no introducirán ningún nuevo compromiso para las Partes no incluidas en el Anexo I. En la Figura 2 se indican las emisiones de los países al margen del Anexo I para IS92a, c y e, obtenidas restando los valores vinculados al Anexo I (Figura 1) de los valores de emisiones mundiales<sup>11</sup> indicados en IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992) y Pepper *et al.*, (1992).

En la Figura 3 se indican las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil hasta 2030 suponiendo que las emisiones de los países del Anexo I concuerdan con las diversas propuestas de limitación de emisiones y que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92a. Obsérvese que, a excepción de la propuesta DK, las propuestas FR y NL engloban las demás. En la Figura 4 se representan las emisiones mundiales hasta 2100 según distintas combinaciones que asignan los valores de las propuestas FR y NL a las emisiones de los países del Anexo I, y las emisiones IS92a, c y e a los países al margen del Anexo I. Para que haya concordancia con las proyecciones de población empleadas, hay que considerar FR-central con IS92a, y FR-bajo, con IS92c. Como se explica en el Apéndice 2, se ha combinado FR-alto con IS92e aun cuando se basan en proyecciones de población diferentes para maximizar las emisiones (es decir, para minimizar el efecto de la propuesta de limitación de emisiones)<sup>12</sup>.



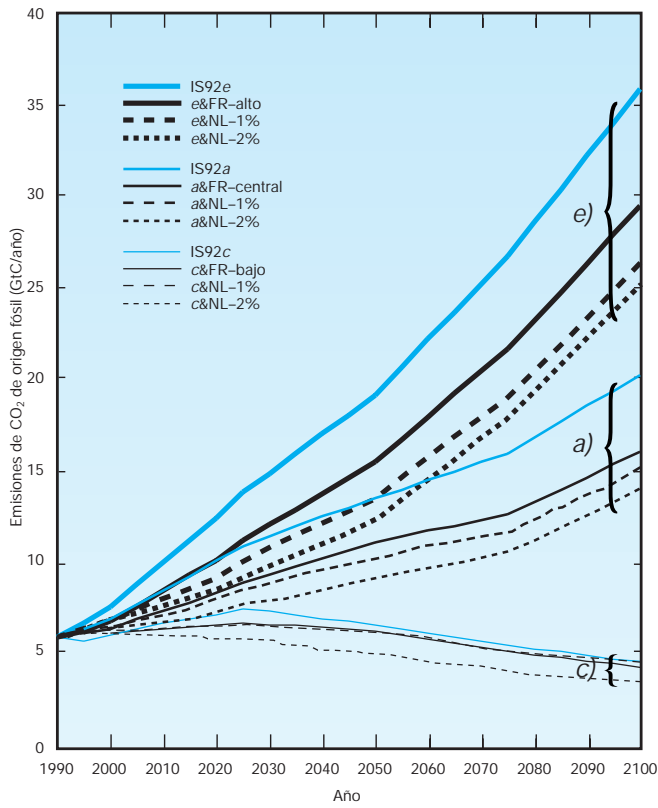
**Figura 2.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países al margen del Anexo I según los escenarios de emisiones IS92a, c y e.



**Figura 3.** Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil suponiendo que los países del Anexo I cumplen las diversas propuestas de limitación de emisiones (los mismos datos que en el Cuadro 3) y que los países al margen del Anexo I se comportan según IS92a. Se indican también, a efectos comparativos, las emisiones mundiales en el caso de no limitación IS92a. La parte inicial de la propuesta DK corresponde a la propuesta AOSIS, que abarca solamente hasta 2005. Obsérvese que las propuestas UK-a y [BE-a, CH, UK-b], que abarcan sólo hasta 2010, son casi idénticas a FR-central y NL-1%, respectivamente. La propuesta 13, Filipinas, (véase el Apéndice 1) coincide con DK hasta 2005 para después disminuir hasta 5.97 GtC/año en 2010.

<sup>11</sup>Cabe señalar que el valor indicado en IPSS92 para las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil es 6.2 GtC/año. Sin embargo, todos los cálculos de concentraciones de CO<sub>2</sub> realizados hasta la fecha en estudios del IPCC se han basado en un valor más reciente para el total mundial de 1990, igual a 6.10 GtC/año (véase, por ejemplo, Enting *et al.*, 1994, Cuadro A3), al igual que nosotros en este estudio. Se encontrarán más explicaciones en el Apéndice 3.

<sup>12</sup>Combinando FR-central e IS92e (que sería más coherente, a tenor de las proyecciones de población empleadas) se obtendría un escenario de limitación intermedio entre los casos FR-alto y NL-1%, ligeramente más próximo a NL-1% que FR-alto.



**Figura 4.** Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) con arreglo a los escenarios IS92a, c y e, comparadas con las variantes en que los países del Anexo I se ajustan a las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR-bajo, FR-central, FR-alto) y de los Países Bajos (NL-1%, NL-2%) y los países al margen del Anexo I se comportan según el caso IS92 indicado (IS92a, c o e).

## 5. IMPLICACIONES DE LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES A EFECTOS DE CO<sub>2</sub>

Los escenarios de emisiones mundiales de las Figuras 3 y 4 se interpretan en términos de concentraciones futuras de CO<sub>2</sub> utilizando, para ello, un modelo del ciclo del carbono. Estos cálculos se han realizado mediante los tres modelos previamente utilizados en el volumen del Segundo Informe de Evaluación del IPCC correspondiente al Grupo de trabajo I<sup>13</sup> (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3:

- Jain, *et al.* (1995);
- Siegenthaler and Joos (1992; véase también Joos, *et al.*, 1996);
- Wigley (1993).

Los tres modelos arrojan resultados similares. Aquí se reproducen solamente los del modelo de Siegenthaler y Joos (modelo de Bern, en el SIE GTI y TP3). Para realizar esos cálculos es necesario especificar no sólo las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil definidas en los diversos casos de limitación de emisiones, sino también las emisiones originadas por los cambios de utilización del suelo. Para este trabajo se han utilizado, respecto de los cambios de utilización del suelo, los correspondientes escenarios de emisiones IS92a, *c* o *e* de IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992).

Hemos considerado los efectos de las concentraciones: *a*) hasta 2030, utilizando la totalidad de las propuestas de limitación de emisiones; y *b*) hasta 2100, utilizando los dos conjuntos de propuestas que permiten un análisis de esa extensión temporal (es decir, las propuestas FR y NL):

*a) Efectos sobre la concentración hasta 2030.* En la Figura 5 se muestran las concentraciones de CO<sub>2</sub> para el conjunto total de propuestas relativas a los países del Anexo I, donde las limitaciones de emisiones propuestas se han combinado con las emisiones IS92a para los países al margen del Anexo I (véanse los valores de las emisiones en la Figura 3). En este caso, el valor de referencia para los países del Anexo I, que determina la magnitud de la reducción de emisiones, es también IS92a. A efectos comparativos, se muestran las concentraciones de CO<sub>2</sub> correspondientes al escenario de emisiones original (es decir, sin limitación) IS92a (en otras palabras, considerando que tanto las emisiones de los países del Anexo I como las de los países al margen del Anexo I coinciden con el escenario de emisiones IS92a). La diversidad, relativamente grande, de las diferencias entre las emisiones hasta 2030 (Figura 3) se traduce sin embargo en diferencias de concentración pequeñas (Figura 5). En el año 2010, los casos de limitación de emisiones difieren en menos de 3 ppmv, y se sitúan entre 3.7 y 6.2 ppmv por

debajo del caso de no limitación (ISS92a). Las diferencias de concentración son pequeñas dado que, aun cuando las emisiones en la fase final (2010-2030) difieren notablemente de uno a otro caso, en las emisiones mundiales acumulativas las diferencias son pequeñas en comparación con las emisiones acumulativas totales en cualquiera de los casos.

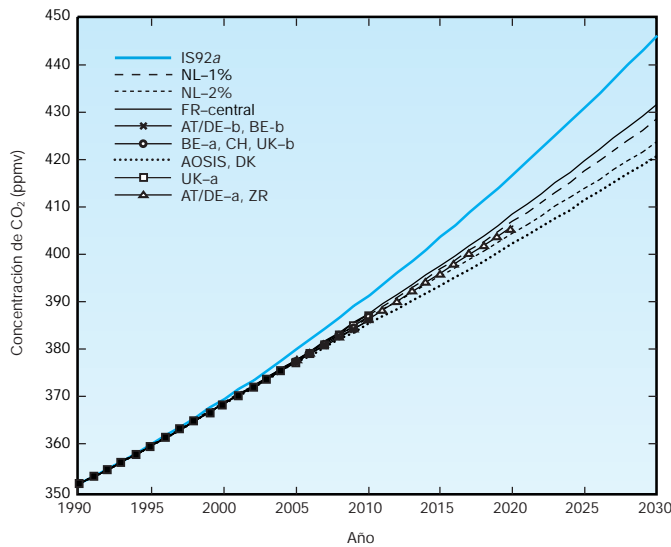
Para los cuatro casos de limitación de emisiones que abarcan hasta 2030, el intervalo de variación de las concentraciones es de 14 a 25 ppmv por debajo del caso de no limitación IS92a. La concentración más baja corresponde a la propuesta DK (véanse los Cuadros 2 y 3), y es 3 ppmv menor que la concentración inmediatamente más baja (que es NL-2%). Con lo cual el intervalo total de variación de las concentraciones está bien representado por las propuestas FR y NL.

*b) Efectos sobre las concentraciones hasta 2100.* En la Figura 6 se representan los resultados de las concentraciones hasta 2100 para el caso de emisiones de la Figura 4 (es decir, para las propuestas de limitación de emisiones FR y NL referidas a los países del Anexo I, combinadas con las emisiones IS92a, *c* o *e* para los países al margen del Anexo I). Este valor denota el efecto a largo plazo de las diferentes propuestas de limitación de emisiones respecto de la reducción de las concentraciones futuras de CO<sub>2</sub>.

Para los casos con limitación en los que el valor de referencia para la reducción de emisiones en el ámbito del Anexo I es IS92a, las reducciones de concentración son sustanciales. Hay que señalar, sin embargo, que en todos estos casos las concentraciones de CO<sub>2</sub> en 2100 son superiores al doble del nivel preindustrial (es decir, superiores a  $2 \times 278 = 556$  ppmv), y van rápidamente en aumento en el momento actual (en cualquier caso, para el año 2100 son superiores a 3 ppmv/año, frente al valor a largo plazo, de 1.5 ppmv/año, para 1980-1989; véase el SIE GTI, Figura 2.2); no hay indicaciones de que las concentraciones de CO<sub>2</sub> estén empezando a estabilizarse.

Al utilizar las emisiones IS92e como valor de referencia para las emisiones de los países del Anexo I, la situación es cualitativamente la misma que para IS92a. Como el valor de referencia es más alto, en las propuestas con limitación la reducción de emisiones es mayor, con lo que las reducciones de concentración de CO<sub>2</sub> son también mayores. Con todo, las concentraciones alcanzan todavía niveles elevados en 2100 (entre 2.6 y 2.9 veces superior al nivel preindustrial), y están aumentando muy rápidamente en el momento actual (a razón de 7 a 9 ppmv/año, es decir, a unas cinco veces la velocidad de aumento actual). No hay ningún indicio de que se tienda a la estabilización.

<sup>13</sup>Denominado de aquí en adelante SIE GTI; análogamente, SIE GTII.



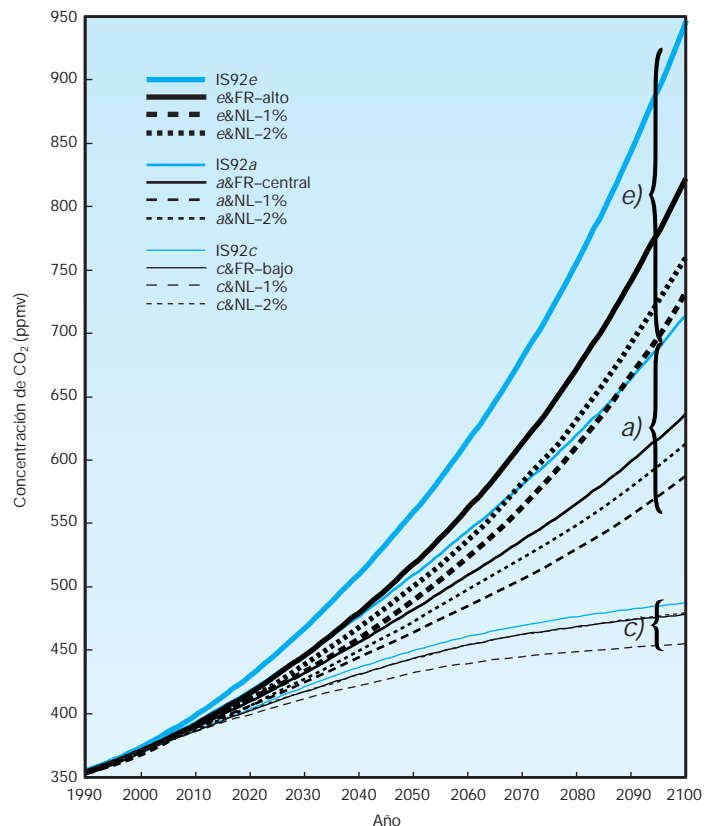
**Figura 5.** Concentraciones de CO<sub>2</sub> mundiales (ppmv) calculadas mediante el modelo Bern, de manera que las emisiones en los países del Anexo I coincidan con las propuestas de limitación de emisiones (Cuadro 3, Figura 3) y que los países al margen del Anexo I evolucionen según IS92a. A título comparativo, se muestran también las concentraciones mundiales de CO<sub>2</sub> en el caso de ausencia de limitación IS92a. En la propuesta 13 (Filipinas, véase el Apéndice 1), las concentraciones coinciden con la propuesta DK hasta 2005 para caer después por debajo de esa línea (en 0.7 ppmv al llegar a 2010).

Dn80s (GtC/año)	0.4	1.1	1.8
<i>Concentraciones de CO<sub>2</sub> mundiales en 2100 (ppmv)</i>			
<i>(sin limitación de emisiones - con limitación de emisiones)</i>			
Sin limitación de emisiones (IS92a)	766	712	667
NL-1%	656 (110)	613 (99)	578 (89)
NL-2%	626 (140)	586 (126)	554 (113)
FR-Central	679 (87)	634 (78)	597 (70)

**Cuadro 5.** Concentraciones de CO<sub>2</sub> mundiales (ppmv) en el año 2100, y (entre paréntesis) reducciones de la concentración para las propuestas de limitación de emisiones (NL-1%, NL-2% y FR-central) cuando se combinan las emisiones contenidas en estas propuestas para los países del Anexo I con las emisiones de IS92a para los países al margen del Anexo I. Los valores de concentración corresponden a mediados de año. Las reducciones están expresadas con respecto al caso "sin limitación de emisiones" (IS92a). Se ofrecen estimaciones para tres valores diferentes de las emisiones medias netas debidas a cambios de utilización del suelo (GtC/año) durante los 80 (Dn80s), con objeto de reflejar incertidumbres en la modelización del ciclo del carbono. Un valor menor de Dn80s da lugar a una menor fertilización por CO<sub>2</sub> y a unos valores de concentración mayores. Obsérvese que el margen de incertidumbre para IS92a es al menos 50 ppmv, mientras que para las reducciones de concentración es de solamente 10 ppmv.

Cuando se utiliza el escenario IS92c como nivel de referencia, la situación difiere notablemente de los casos IS92a y e. En este caso, las reducciones de concentración resultantes de las propuestas de limitación son mucho más modestas (de 8 a 33 ppmv en 2100). Ello se debe a que en el escenario IS92c las emisiones de los países del Anexo I son muy similares a las que señalan las propuestas de limitación (véase la Figura 1), y a que las emisiones de los países al margen del Anexo I según IS92c, que utiliza las proyecciones de emisión más bajas del IPCC, nunca exceden de 4 GtC/año (Figura 2). Con las propuestas de limitación, hay una clara tendencia a la estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> (llegándose a unas 500 ppmv si se extrapolaran más allá de 2100 las tendencias de las emisiones en 2100). Al llegar a 2100, en todos los casos en que se ha utilizado IS92c como nivel de referencia de las emisiones, la tasa de aumento es muy inferior a la tasa de aumento actual (1.5 ppmv/año). Ese es también el caso para el escenario de emisiones mundiales IS92c original.

Naturalmente, estos resultados de concentraciones están sujetos a incertidumbres vinculadas a la modelización del ciclo del



**Figura 6.** Concentraciones de CO<sub>2</sub> mundiales (ppmv) calculadas mediante el modelo Bern para los escenarios de emisión IS92a, c y e, comparadas con las modificaciones que experimentan cuando las emisiones de los países del Anexo I coinciden con las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR-bajo, FR-central, FR-alto) o de los Países Bajos (NL-1%, NL-2%) y los países al margen del Anexo I se ajustan al caso IS92c indicado (IS92a, c o e).



carbono, que se examinan en detalle en el SIE GTI (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3. Algunas de estas incertidumbres pueden cuantificarse mediante el método de Wigley (1993) empleado en trabajos anteriores del IPCC. Las estimaciones de las incertidumbres se calculan haciendo variar el valor promedio de las emisiones netas debidas al cambio de utilización de las tierras en los años 1980<sup>14</sup>. El valor Dn80s se utiliza para inicializar los cálculos del modelo del ciclo del carbono de tal manera que asegure un balance de carbono equilibrado en los años 80 (para más amplia información sobre este procedimiento, véase Enting *et al.*, 1994, y TP3). Un cambio de Dn80s hace variar, a su vez, la magnitud del sumidero de fertilización<sup>8</sup> por CO<sub>2</sub> terrenal utilizada al equilibrar el balance de carbono en media a lo largo de los 80. Si se restringe el efecto de fertilización concomitante a unos límites realistas definidos *a priori*, este método permite también explicar incertidumbres en el flujo de CO<sub>2</sub> de la atmósfera al océano (Wigley, 1993; Enting *et al.*, 1994). Puede obtenerse una estimación razonable de este margen de incertidumbre utilizando Dn80s = 0.4-1.8 GtC/año (frente a un valor central típico de 1.1 GtC/año). Unos valores bajos de Dn80s dan lugar a un sumidero de fertilización de menor magnitud y, por consiguiente, a mayores concentraciones, y viceversa. En el caso IS92a (ausencia de limitación), por ejemplo, la incertidumbre respecto de la concentración en 2100 es de aproximadamente 50 ppmv (véase el Cuadro 5). Como se ha señalado en el SIE GTI (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3, hay otras incertidumbres, asociadas a posibles cambios de orden climático en la biosfera terrenal y en el océano, que podrían acrecentar este margen de incertidumbre apreciablemente.

Aunque las incertidumbres respecto de los niveles de concentración son, en cualquiera de los casos, considerables, las

incertidumbres respecto de las reducciones de concentración vinculadas a las diversas propuestas de limitación de emisiones son mucho menores: aproximadamente, 10 ppmv para los casos en que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92a (véanse los valores agrupados mediante llaves, en la Figura 5). Ello se debe a que todos los casos de emisiones adolecen de parecidas incertidumbres en cuanto a la concentración, asociadas al valor de referencia en que se basan las limitaciones. Las propuestas de limitación modifican las emisiones acumulativas de referencia en no más de un 20 por ciento, con lo que la consiguiente incertidumbre en la concentración es sólo la quinta parte de la asociada al nivel de referencia. Por esa razón, las incertidumbres en las diferencias de concentración entre distintos casos de limitación de emisiones son relativamente pequeñas (aunque podría no ser así si se produjera un cambio importante en el comportamiento del ciclo del carbono). Expresadas en términos de diferencias de forzamiento radiativo, las incertidumbres son aún menores (véase el Cuadro 6). Esta reducción añadida de la incertidumbre se debe a la relación no lineal (logarítmica) entre el forzamiento radiativo y la concentración de CO<sub>2</sub> (Evaluación científica del IPCC<sup>15</sup>; Shine *et al.*, 1990). Dado que las mayores incertidumbres respecto de la concentración aparecen en casos en que las concentraciones de referencia son mayores (es decir, en IS92e), su efecto sobre el forzamiento radiativo por unidad de cambio de concentración es menor.

<sup>14</sup>La notación empleada para esta cantidad es Dn80s, donde Dn es la abreviación de "desforestación neta".

<sup>15</sup>En lo sucesivo, denominada IPCC90.

<i>Dn80s (GtC/año)</i>	<i>IS92a</i>			<i>IS92c</i>	<i>IS92e</i>
	<i>0.4</i>	<i>1.1</i>	<i>1.8</i>	<i>1.1</i>	<i>1.1</i>
<i>Cambio en el forzamiento radiativo entre 1990 y 2100 (W m<sup>-2</sup>)</i>					
Sin limitación de emisiones	4.87	4.40	3.99	2.03	6.19
<i>Reducciones del forzamiento radiativo correspondientes al escenario sin limitación (W m<sup>-2</sup>)</i>					
NL-1%	0.98	0.94	0.90	0.10	1.38
NL-2%	1.27	1.22	1.17	0.43	1.62
FR-bajo				0.12	
FR-central	0.76	0.73	0.70		
FR-alto					0.89

**Cuadro 6.** Aumento del forzamiento radiativo entre 1990 y 2100 (W m<sup>-2</sup>) en ausencia de propuestas de limitación de emisiones (fila superior), y reducciones debidas a los escenarios de limitación de emisiones FR y NL. Se han indicado los resultados correspondientes a IS92a para diferentes medias calculadas sobre el decenio de 1980 (Dn80s) de las emisiones netas imputables al cambio de utilización de las tierras (GtC/año), a fin de ilustrar el efecto de las incertidumbres del modelo de ciclo del carbono. Valores más bajos de Dn80s conducen a una menor fertilización por CO<sub>2</sub> y a unas mayores concentraciones. Los valores de concentración correspondientes a estos casos figuran en el Cuadro 5. Obsérvese que las diferencias de forzamiento radiativo son relativamente insensibles al valor Dn80s y, por consiguiente, a las incertidumbres del modelo de ciclo del carbono. Para calcular el forzamiento se ha utilizado la relación estándar indicada en IPCC90 (Shine *et al.*, 1990).



## 6. LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES Y LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA ESTABILIZACIÓN

Dado que ninguna de las propuestas de limitación de emisiones en los países del Anexo I conduce a unas concentraciones de CO<sub>2</sub> próximas al valor de estabilización cuando se combinan con las emisiones IS92a o IS92e para los países al margen del Anexo I, y dado que la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero es el objetivo último de la CMCC, trataremos de determinar en la presente sección qué reducciones adicionales de las emisiones permitirían alcanzar ese objetivo. Para ello, compararemos las emisiones mundiales que se requerirían para la estabilización, expuestas y discutidas en el SIE GTI (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3, con las emisiones contempladas en las propuestas de limitación FR y NL

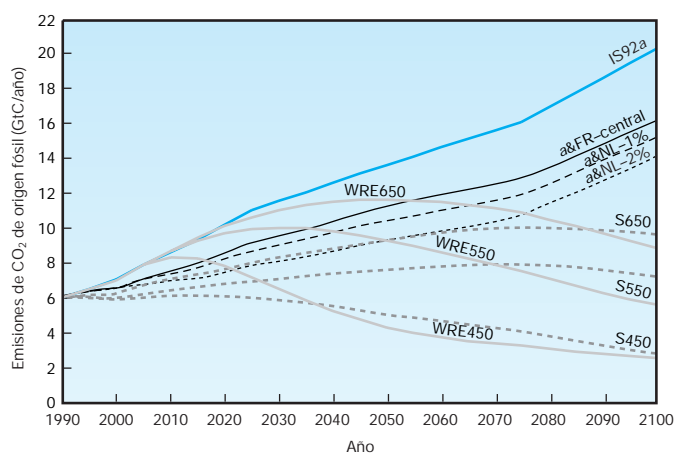
En los casos en que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92a o e, las concentraciones en 2100 se sitúan aproximadamente entre 575 y 950 ppmv, aun en el caso de limitación más restrictivo. La situación es cualitativamente diferente cuando las emisiones en los países del Anexo I se combinan con las emisiones IS92c para los países al margen del Anexo I (Figura 6). En tales casos, al llegar a 2100 las concentraciones contempladas en las diversas propuestas de limitación de las emisiones aumentan mucho más lentamente que en 1990, tendiendo a la estabilización en torno a las 500 ppmv o menos. Estos resultados implican que, a menos que el aumento de la población, el crecimiento económico, el cambio tecnológico y otros factores se combinen de tal modo que las emisiones mundiales reproduzcan el escenario de bajas emisiones IS92c, sería necesaria una reducción sustancial de dichas emisiones por encima de las definidas en las diversas propuestas de limitación de emisiones.

Cuando la estabilización es un objetivo a alcanzar, el propio ciclo del carbono restringe el recorrido de las emisiones mundiales a un intervalo de valores muy reducido (para un objetivo de estabilización cualquiera) determinado por el recorrido (o "perfil") de la concentración a lo largo del cual se logra la estabilización. Las diferencias en cuanto a emisiones entre los perfiles de concentración "S" y "WRE"<sup>16</sup> ilustran dicho intervalo de valores; se encontrarán más ejemplos en Wigley *et al.* (1996, Figura 2). Si se comparan las emisiones de CO<sub>2</sub> para

<sup>16</sup>Para ilustrar el efecto que el recorrido de la concentración tiene sobre las emisiones, el IPCC ha utilizado dos conjuntos distintos de perfiles de concentración ("S" y "WRE"). Para un nivel de estabilización dado, estos perfiles abarcan una amplia gama de posibilidades. Los recorridos "S" (stabilization) han sido definidos en Enting *et al.* (1994). Los perfiles "WRE" han sido definidos en Wigley, Richels y Edmonds (1996), de cuyas iniciales se ha obtenido el acrónimo. Para la serie "S", las emisiones se desvían del escenario central IS92a ya en 1990, mientras que para la serie "WRE" quedan restringidas a evolucionar según el escenario IS92a hasta el año 2000 o más, en función del nivel de estabilización.

perfiles de estabilización diferentes con las correspondientes a los distintos casos de limitación de las emisiones, la diferencia entre la restricción de las emisiones vinculada al ciclo del carbono y el escenario de limitación nos indica cuál sería la reducción adicional de las emisiones mundiales necesaria para alcanzar determinado objetivo de estabilización de la concentración. Obsérvese que estos cálculos determinan sólo la reducción adicional de las emisiones mundiales que sería necesaria. La manera en que dichas reducciones se distribuirían entre los países al margen del Anexo I o entre los países del Anexo I, o a lo largo del tiempo, dependerá de consideraciones políticas y económicas.

En la Figura 7 se comparan las emisiones mundiales contempladas en las propuestas de limitación de emisiones FR y NL, suponiendo que los países al margen del Anexo I implementan el escenario IS92a, con los recorridos de emisión que permitirían lograr la estabilización a 450, 550 (aproximadamente el doble del nivel preindustrial; es decir,  $2 \times 278 = 556$  ppmv) y 650 ppmv. Se han tenido en cuenta los dos perfiles de concentración "S" y "WRE". Las emisiones resultantes para los casos de estabilización son las determinadas con el modelo Bern (Siegenthaler and Joos, 1992), y son las mismas que figuran en el SIE GTI (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3. Obsérvese que no existe actualmente consenso con respecto al nivel de estabilización que sería apropiado. En el SIE GTI (Schimel *et al.*, 1996) y en TP3 se consideran niveles de estabilización adicionales de 350 ppmv, 750 ppmv y 1000 ppmv. Los resultados aquí expuestos representan un abanico de posibilidades intermedio, fácilmente generalizable a otros casos.



**Figura 7.** Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para el escenario IS92a, y modificaciones de éste basadas en las propuestas de limitación de las emisiones en los países del Anexo I (NL-1%, NL-2% y FR-central) en comparación con las emisiones requeridas para realizar los perfiles de estabilización de la concentración S-450, 550 y 650, y WRE450, 550 y 650. Resultados de estabilización calculados mediante el modelo Bern.

Si la estabilización se alcanza a 450 ppmv, los casos de limitación de emisiones están situados entre recorridos "S" y "WRE" durante los primeros decenios del siglo próximo, después de lo cual aumentan cada vez más por encima de las emisiones para ambos casos de estabilización (Figura 7). Por consiguiente, si se eligiera un objetivo de estabilización a 450 ppmv, se harían necesarias, en algún momento durante los primeros decenios del siglo XXI, reducciones adicionales, y, en la última fase, sustanciales, de las emisiones a nivel mundial sumándose a las contempladas en los escenarios de limitación. Una estabilización a concentraciones de 550 ppmv o superiores permitiría que las emisiones mundiales siguieran cualquiera de las recorridos de limitación propuestos, al menos durante los primeros decenios del siglo XXI, aunque incluso así serían necesarias reducciones sustanciales por debajo de los recorridos de limitación. Cuanto mayor sea el objetivo de estabilización, durante más tiempo será posible cumplir los recorridos de limitación propuestos sin que el objetivo deje de ser viable.

Como resultado general, cuanto más tarde se desvíen las emisiones mundiales de determinado recorrido que no conduzca a la estabilización de la concentración (como, por ejemplo, IS92a), mayores habrán de ser las reducciones subsiguientes de las emisiones para conseguir la estabilización. Este principio se pone claramente de manifiesto comparando las recorridos de emisión "S" y "WRE", teniendo presente que estas últimas coinciden inicialmente con IS92a, mientras que los recorridos "S" comienzan a desviarse de ese escenario en 1990. Del mismo modo, puesto que las propuestas de limitación de emisiones, combinadas con las emisiones IS92a para los países al margen del Anexo I, en ningún caso se aproximan al nivel de estabilización (véase la Figura 6), cuanto más tarde se desvíen las emisiones mundiales de estos recorridos de limitación, en mayor cuantía habrá que reducir las emisiones futuras para alcanzar un nivel de estabilización dado. Además, cuanto más tiempo se esté cumpliendo un recorrido de limitación, menor será el impacto acumulativo sobre el sistema climático (esto es, mediante la reducción del aumento medio

mundial de la temperatura o del nivel del mar); véase, por ejemplo, Wigley *et al.* (1996, Figura 3).

Estos resultados son aplicables específicamente al caso en que las emisiones de los países al margen del Anexo I se ajustan a IS92a. Como ya se ha señalado, si las emisiones de estos países se atuvieran a IS92c y las de los países del Anexo I a IS92c o a alguna de las propuestas de limitación, la estabilización se alcanzaría a un nivel próximo a 550 ppmv con muy poca o ninguna intervención adicional. Sin embargo, si las emisiones de los países al margen del Anexo I coincidieran con IS92e, se haría necesaria una reducción suplementaria de las emisiones mundiales por encima de las propuestas de limitación antes que en el caso IS92a.

Estos resultados se deben a que la estabilización de la concentración hace necesaria, en la última fase, una inversión de la actual tendencia ascendente de las emisiones de CO<sub>2</sub>, sea cual fuese el objetivo de estabilización elegido. Para los casos de limitación de emisiones en que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92c, se produce una inversión a comienzos del siglo XXI y, para 2100, hay una clara tendencia a la estabilización de la concentración. Para los casos de limitación de emisiones en que los países al margen del Anexo I implementan IS92a e IS92e, las emisiones mundiales siguen aumentando continuamente durante el siglo XXI (véase la Figura 4). Para invertir la tendencia se requiere una reducción adicional sustancial de las emisiones. La posibilidad de invertir las tendencias de las emisiones está sujeta a limitaciones de orden económico, social, tecnológico y político, pero es éste un tema que escapa al alcance del presente artículo. En TP3 se encontrará más información al respecto.

Las diversas propuestas de limitación de emisiones tienen también implicaciones diferentes respecto del cambio climático que es posible evaluar *grosso modo*, a tenor de sus efectos sobre los valores medios mundiales de la temperatura y del nivel del mar. Dichos efectos se examinarán en la Sección siguiente.

## 7. CONSECUENCIAS DE LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES RESPECTO DE LOS VALORES MEDIOS MUNDIALES DE LA TEMPERATURA Y DEL NIVEL DEL MAR

A fin de determinar las consecuencias de las diversas propuestas de limitación de emisiones sobre los valores medios mundiales de la temperatura y del nivel del mar, nos hemos basado en los modelos empleados en el SIE GTI (Kattenberg *et al.*, 1996). Se encontrará más información sobre estos modelos en Raper *et al.* (1996) y en TP2 (Harvey *et al.*, 1997). Estos cálculos están sujetos a incertidumbres en diversos órdenes; las más importantes corresponden a: *a)* la diversidad de las propuestas de limitación de emisiones y los valores de emisión supuestos para los países al margen del Anexo I; *b)* incertidumbres en cuanto a nuestra comprensión de los procesos físicos intervinientes; *c)* la forma en que se tomen en consideración las influencias de los gases distintos del CO<sub>2</sub>:

- a) Diversidad de propuestas de limitación, y valores de emisión supuestos para los países al margen del Anexo I.* Para calibrar la diversidad de posibles efectos a que pueden dar lugar las diferentes propuestas de limitación de emisiones, hemos examinado sólo el caso más extremo, NL-2%. Para los países al margen del Anexo I hemos examinado tres casos, correspondientes a las emisiones de CO<sub>2</sub> según los escenarios IS92*a*, *c* y *e*. Es necesario especificar que las emisiones corresponden a los países al margen del Anexo I, dado que las implicaciones de una reducción en las emisiones de los países del Anexo I dependen de las emisiones a nivel mundial. Esa misma cuantía de reducción tiene un mayor efecto sobre el aumento del forzamiento radiativo, de la temperatura y del nivel del mar cuando las emisiones mundiales son pequeñas comparadas con el caso en que las emisiones mundiales son grandes<sup>17</sup>. Pese a este importante efecto, incluso cuando el intervalo de valores de las emisiones es relativamente pequeño (como sucede en las diferentes propuestas de limitación de emisiones para cualquier valor del tiempo), las respuestas de la temperatura y del nivel del mar varían de manera aproximadamente lineal con las emisiones mundiales. Así pues, es posible generalizar los resultados aquí expuestos mediante una interpolación lineal. Los resultados, como ya se ha indicado, son también aplicables a aquellos casos en que las limitaciones de emisiones propuestas están expresadas en términos de CO<sub>2</sub> equivalente (véase TP3);
- b) Incertidumbres respecto de los procesos físicos.* A fin de cuantificar las incertidumbres que se derivan de nuestro

incompleto conocimiento de los procesos físicos intervinientes, hemos utilizado un abanico de valores para los parámetros de los modelos. Este es el procedimiento utilizado en el SIE GTI (Kattenberg *et al.*, 1996). Con respecto a la temperatura media mundial, hemos realizado simulaciones para tres valores de sensibilidad del clima correspondientes a aumentos de 1.5, 2.5 y 4.5°C de la temperatura media mundial en equilibrio para una duplicación de los niveles de CO<sub>2</sub> ( $\Delta T_{2x}$ ). Todos los demás parámetros de los modelos de clima son los utilizados en el SIE GTI, y para las simulaciones se emplea el mismo valor de ralentización de la circulación termohalina y la misma sensibilidad diferencial tierra/océano del clima que los utilizados en dicho trabajo. Las incertidumbres inherentes a parámetros diferentes de la sensibilidad del clima son relativamente pequeñas, como se evidencia por ejemplo en Wigley and Raper (1993). Con respecto al nivel del mar hemos examinado, para el parámetro fusión de hielo, los tres casos bajo, medio y alto. Al igual que en el SIE GTI (Warrick *et al.*, 1996), hemos combinado éstos con unos valores de sensibilidad del clima bajo, medio y alto, a fin de explorar mejor el margen de incertidumbre respecto del nivel del mar.

- c) Influencia de los gases distintos del CO<sub>2</sub>.* A fin de tomar en cuenta las influencias de los demás gases, hemos utilizado un caso de "referencia" idealizado respecto de sus emisiones; concretamente, el caso de referencia utilizado en TP3. La idea es que las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y SO<sub>2</sub> se mantienen constantes en sus valores de 1990, mientras que los halocarbonos obedecen a un escenario concordante con la versión de Copenhague del Protocolo de Montreal<sup>8</sup>. Al igual que en el SIE GTI (Kattenberg *et al.*, 1996), se han modificado las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O previstas en los escenarios IS92 a fin de obtener un balance equilibrado de esos gases para 1990. Este caso de emisiones constantes no sólo presenta la ventaja de ser coherente con TP3, sino que evita posibles complicaciones debidas a las diferencias entre los escenarios IS92 en cuanto a las emisiones de gases que no producen efecto invernadero. Además, tomando como referencia los resultados del estudio de sensibilidad que se indican en TP3, ha sido posible estimar en qué medida estos resultados resultarían afectados por desviaciones respecto del caso de emisiones constantes para cada uno de los gases CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y SO<sub>2</sub>.

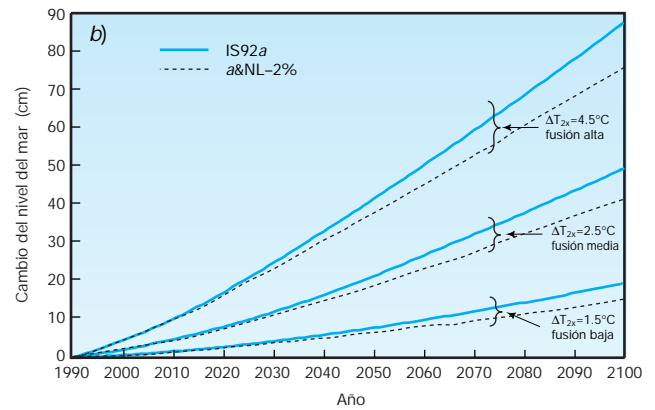
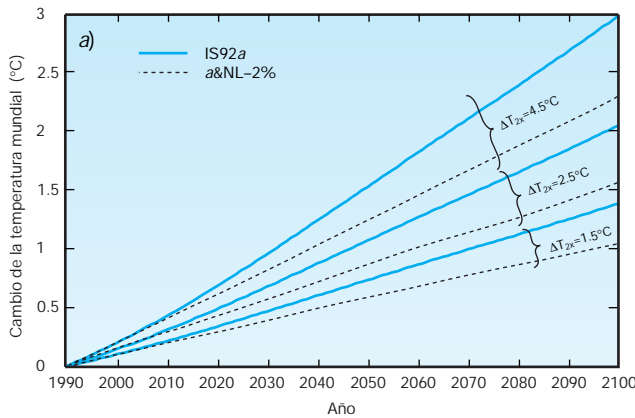
En las Figuras 8 a 10 se muestran las consecuencias, respecto de los valores medios mundiales de la temperatura y del nivel del mar, del escenario de limitación de emisiones NL-2%. En ellas se comparan distintos casos de "ausencia de limitación" en que las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> se ajustan a los escenarios IS92*a*, *c* y *e* con otros casos de "limitación" en que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92*a*, *c* y *e*, y las de los países del Anexo I coinciden con NL-2%. Cada Figura contiene proyecciones de tres valores de

<sup>17</sup> Este efecto se debe principalmente a la relación no lineal (logarítmica) entre el forzamiento radiativo y la concentración de CO<sub>2</sub>. En el caso del CO<sub>2</sub>, la reducción de las concentraciones que se deriva de una reducción dada de las emisiones es en realidad menor para un nivel de emisiones mundiales más bajo; este efecto, sin embargo, resulta más que compensado por la relación no lineal entre el forzamiento y la concentración.

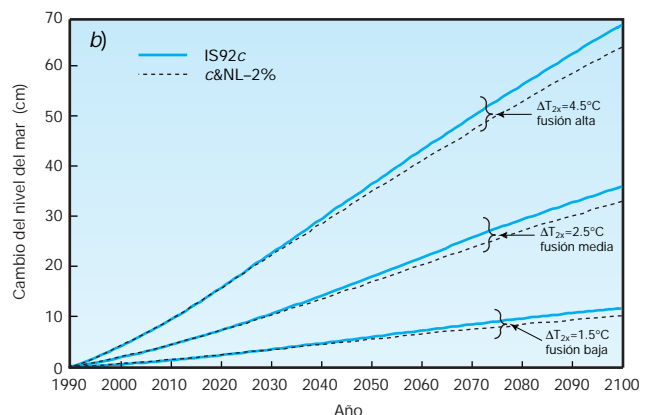
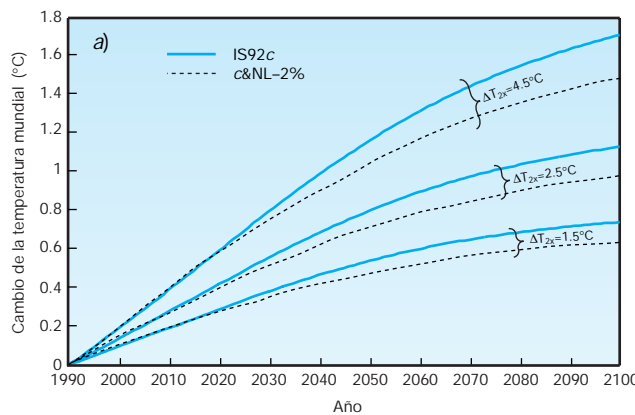
sensibilidad del clima ( $\Delta T_{2x}=1.5, 2.5$  y  $4.5^\circ\text{C}$ ), combinadas con unas estimaciones baja, media y alta de fusión de hielo para los resultados acerca del nivel del mar.

La influencia del escenario de limitación de emisiones NL-2% en la reducción de los valores medios mundiales de la temperatura y del nivel del mar depende del caso de emisiones que se utilice como valor de referencia para las emisiones de los países del Anexo I (IS92a, c o e), de las emisiones mundiales totales (es decir, de las cuantías de emisión supuestas para los países al margen del Anexo I) y de los parámetros sensibilidad del clima

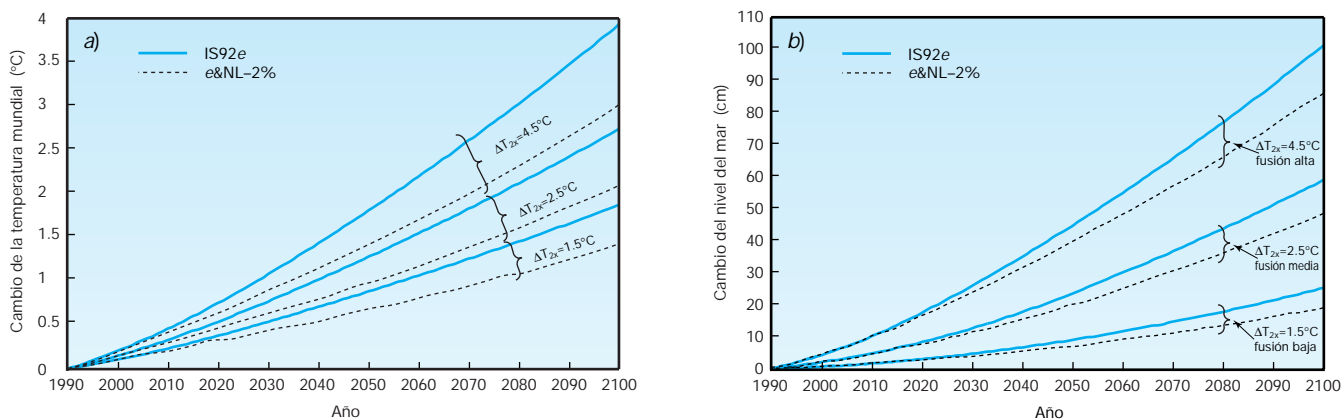
y fusión de hielo. Las reducciones son mayores para los casos en que el nivel de referencia de las emisiones en los países del Anexo I es más alto, ya que éstas son objeto de mayores reducciones para una propuesta de limitación dada; y son también mayores para valores más altos de sensibilidad del clima y/o de fusión de hielo. Las reducciones de la temperatura para el caso NL-2% en el año 2100 (resultados para una sensibilidad del clima entre baja y alta) son:  $0.34\text{-}0.68^\circ\text{C}$  para IS92a,  $0.11\text{-}0.23^\circ\text{C}$  para IS92c, y  $0.44\text{-}0.91^\circ\text{C}$  para IS92e. Las correspondientes reducciones del nivel del mar son:  $4.5\text{-}11.5$  cm para IS92a,  $1.6\text{-}4.6$  cm para IS92c, y  $6.2\text{-}15.0$  para IS92e.



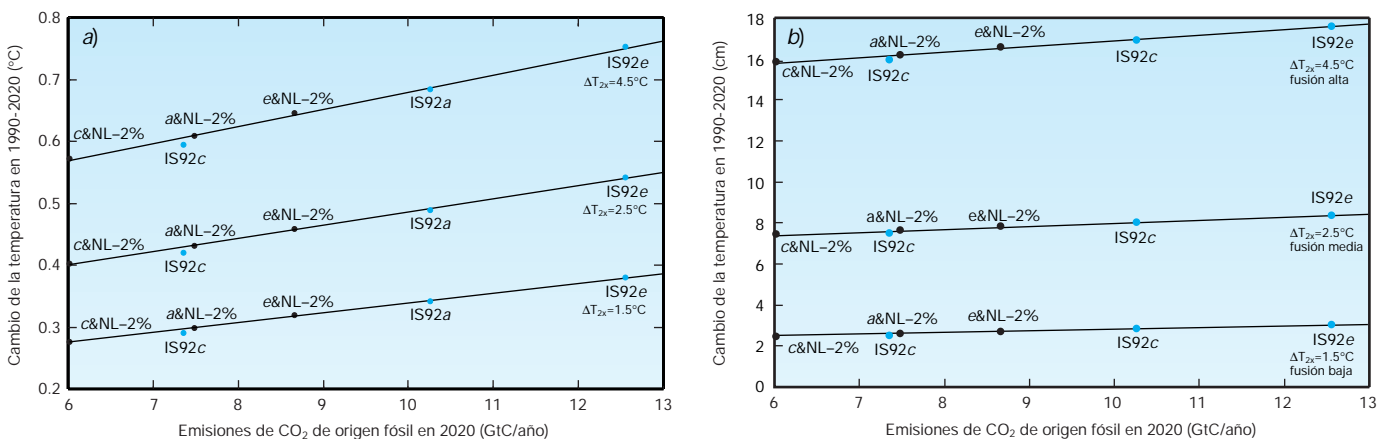
**Figura 8.** a) Efecto de la propuesta de limitación de emisiones NL-2% sobre la temperatura media mundial ( $^\circ\text{C}$ ) para diferentes valores de la sensibilidad del clima ( $\Delta T_{2x}$ ). Se examinan aquí el caso de "ausencia de limitación", en el que las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo I y en los países al margen del Anexo I se ajustan al escenario IS92a, y el de "limitación", en el que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92a y las de los países del Anexo I coinciden con NL-2%. b) Igual que en a), pero para el valor medio mundial del nivel del mar (cm). Las sensibilidades del clima de 1.5, 2.5 y  $4.5^\circ\text{C}$  se combinan con los parámetros de fusión de hielo bajo, medio y alto, respectivamente.



**Figura 9.** a) Efecto de la propuesta de limitación de emisiones NL-2% sobre la temperatura media mundial ( $^\circ\text{C}$ ) para diferentes valores de la sensibilidad del clima ( $\Delta T_{2x}$ ). Se examina aquí el caso de "ausencia de limitación", en el que las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo I y en los países al margen del Anexo I se ajustan al escenario IS92c, y el de "limitación", en el que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92c y las de los países del Anexo I coinciden con NL-2%. b) Igual que en a), pero para el valor medio mundial del nivel del mar (cm). Las sensibilidades del clima de 1.5, 2.5 y  $4.5^\circ\text{C}$  se combinan con los parámetros de fusión de hielo bajo, medio y alto, respectivamente.



**Figura 10.** a) Efecto de la propuesta de limitación de emisiones NL-2% sobre la temperatura media mundial (°C) para diferentes valores de la sensibilidad del clima ( $\Delta T_{2x}$ ). Se examina aquí el caso de "ausencia de limitación", en que las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo I y en los países al margen del Anexo I se ajustan al escenario IS92e, y el de "limitación", en el que las emisiones de los países al margen del Anexo I coinciden con IS92e y las de los países del Anexo I coinciden con NL-2%. b) Igual que en a), pero para el valor medio mundial del nivel del mar (cm). Las sensibilidades del clima de 1.5, 2.5 y 4.5°C se combinan con los parámetros de fusión de hielo bajo, medio y alto, respectivamente.



**Figura 11.** a) Relación entre las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil en el año 2020 (GtC/año) y el cambio de la temperatura media mundial (°C) en el período 1990-2020. Los resultados corresponden a diferentes valores de la sensibilidad del clima ( $\Delta T_{2x}$ ). Los puntos representan valores de casos diferentes, como en las Figuras 8 a 10, mientras que las líneas rectas representan la aproximación lineal de mínimos cuadrados entre esos puntos de datos. Las líneas rectas pueden servir para interpolar los resultados para niveles de emisión en 2020 distintos de los específicamente analizados en este estudio. b) Igual que en a), pero para el valor medio mundial del nivel del mar (cm). Las sensibilidades del clima de 1.5, 2.5 y 4.5°C se combinan con los parámetros de fusión de hielo bajo, medio y alto, respectivamente.

Dadas las estrechas relaciones empíricas entre las emisiones de CO<sub>2</sub> en un año determinado, las emisiones acumulativas de CO<sub>2</sub> hasta ese mismo año, la concentración y el forzamiento radiativo en ese año, y los correspondientes valores de temperatura y de nivel del mar (para un conjunto dado de parámetros del modelo) en los casos aquí examinados, es posible generalizar los resultados actuales a otros casos no específicamente estudiados. Esas relaciones se caracterizan por la circunstancia de que los cambios de temperatura y de nivel del mar en un año dado guardan una relación casi lineal con el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> en ese año. Esta relación está representada para el año 2020 en la Figura 11. Pueden obtenerse resultados similares para un año cualquiera; a medida que se avanza hacia el futuro, la coincidencia con una relación lineal es ligeramente menor. Si

se desean obtener los resultados en 2020 para un caso de limitación de emisiones no examinado aquí, bastará con introducir en la Figura 11 el correspondiente valor de las emisiones para 2020, más el valor elegido para la sensibilidad del clima, más una estimación del cambio de temperatura o de nivel del mar obtenida leyendo la línea recta que se ajusta a los puntos representativos de los datos. Dado que todos los cambios son casi lineales a lo largo del tiempo, es posible generalizar a otros años los resultados correspondientes a 2020 mediante las Figuras 8 a 10. En cualquier caso, convendría usar estos métodos de interpolación con cautela; únicamente deberían aplicarse en aquellas situaciones en que las emisiones varíen sin brusquedad a lo largo del tiempo, de forma semejante a los casos aquí considerados.





## REFERENCIAS

- Acosta Moreno, R., R. Baron, P. Bohm, W. Chandler, V. Cole, O. Davidson, G. Dutt, E. Haites, H. Ishitani, D. Kruger, M. Levine, L. Zhong, L. Michaelis, W. Moomaw, J. R. Moreira, A. Mosier, R. Moss, N. Nakicenovic, L. Price, N. H. Ravindranath, H.-H. Rogner, J. Sathaye, P. Shukla, L. Van Wie McGrory y T. Williams, 1996: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. *Documento Técnico 1 del IPCC*. R. T. Watson, M. C. Zinyowera y R. H. Moss (eds.), IPCC, Ginebra, Suiza, 84 págs.
- di Primio, J. C., 1993: Estimates of carbon dioxide emissions from fossil fuels combustion in the main sectors of selected countries 1971–1990. BMFT (Bundesministerium für Forschung und Technologie), *Ikarus Teilprojekt 9*, Jülich, Alemania, 177 págs.
- Enting, I. G., T. M. L. Wigley and M. Heimann, 1994: Future emissions and concentrations of carbon dioxide: key ocean/atmosphere/land analyses, *CSIRO Division of Atmospheric Research Technical Paper 31*, Mordialloc, Australia, 120 págs.
- Harvey, L. D. D., J. Gregory, M. Hoffert, A. Jain, M. Lal, R. Leemans, S. C. B. Raper, T. M. L. Wigley y J. R. de Wolde, 1997: Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. *Documento Técnico 2 del IPCC*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, D. J. Griggs y K. Maskell (eds.), IPCC, Ginebra, Suiza, 50 págs.
- IPCC-SIE (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Subgrupo de industria y energía), 1990: *Informe del Subgrupo de industria y energía*, 31 de mayo de 1990. IPCC, Ginebra (21P-2001 US EPA, Washington D. C.).
- Jain, A. K., H. S. Keshgi, M. I. Hoffert and D. J. Wuebbles, 1995: Distribution of radiocarbon as a test of global carbon cycle models. *Global Biogeochemical Cycles*, 9, págs. 153–166.
- Joos, F., M. Bruno, R. Fink, U. Siegenthaler, T. F. Stocker, C. le Quéré and J. L. Sarmiento, 1996: An efficient and accurate representation of complex oceanic and biospheric models of anthropogenic carbon uptake. *Tellus*, 48B, págs. 397–416.
- Kashiwagi, T., J. Bruggink, P.-N. Giraud, P. Khanna, W. R. Moomaw, 1996: Industry. En: *Climate Change 1995: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, R. T. Watson, M. C. Zinyowera and R. H. Moss (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 649-677.
- Kattenberg, A., F. Giorgi, H. Grassl, G. A. Meehl, J. F. B. Mitchell, R. J. Stouffer, T. Tokioka, A. J. Weaver and T. M. L. Wigley, 1996: Climate models — Projections of future climate. En: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 285-357.
- Leggett, J. A., W. J. Pepper and R. J. Swart, 1992: Emissions scenarios for IPCC: An update. En: *Climate Change, 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, J. T. Houghton, B. A. Callander and S. K. Varney (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 69-95.
- Marland, G. and T. A. Boden, 1991: CO<sub>2</sub> emissions-modern record, global. En: *Trends '91: A Compendium of Data on Global Change*, T. A. Boden, R. J. Sepanski and F. W. Stoss (eds.), ORNL/CDIAC-46, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, págs. 386–389.
- Marland, G., R. J. Andres and T. A. Boden, 1994: Global, regional, and national, CO<sub>2</sub> emissions 1950–1991. En: *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*, T. A. Boden, D. P. Kaiser, R.J. Sepanski and F. W. Stoss (eds.), ORNL/CDIAC-65, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, págs. 505–581.
- Nakicenovic, N., A. Grübler, H. Ishitani, T. Johansson, G. Marland, R. Moreira and H.-H. Rogner, 1996: Energy primer. En: *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, R. T. Watson, M. C. Zinyowera and R. H. Moss (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 75-92.
- Pepper, W. J., J. A. Leggett, R. J. Swart, J. Wasson, J. Edmonds and I. Mintzer, 1992: *Emissions Scenarios for the IPCC — An Update: Assumptions, Methodology, and Results*, págs.115.
- Raper, S. C. B., T. M. L. Wigley and R. A. Warrick, 1996: Global sea level rise: Past and future. En: *Sea Level Rise and Coastal Subsidence: Causes, Consequences and Strategies*, J. D. Milliman and B. U. Haq (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos, págs. 11–45.
- Schimel, D. S., I. G. Enting, M. Heimann, T. M. L. Wigley, D. Raynaud, D. Alves and U. Siegenthaler, 1995: CO<sub>2</sub> and the carbon cycle. En: *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emissions Scenarios*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 35-71.

- Schimel, D. S., D. Alves, I. G. Enting, M. Heimann, F. Joos, D. Raynaud, and T. M. L. Wigley, 1996: CO<sub>2</sub> and the carbon cycle. En: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 65-86.
- Schimel, D. S., M. Grubb, F. Joos, R. K. Kaufmann, R. Moss, W. Ogana, R. Richels, y T. M. L. Wigley, 1997: Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. *Documento Técnico 3 del IPCC*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, D. J. Griggs y K. Maskell (eds.), IPCC, Ginebra, Suiza, 52 págs.
- Shine, K. P., R. G. Derwent, D. J. Wuebbles, and J.-J. Morcrette, 1990: Radiative forcing of climate. En: *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. J. Ephraums (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 41-68.
- Shine, K. P., Y. Fouquart, V. Ramaswamy, S. Solomon and J. Srinivasan, 1995: Radiative forcing. En: *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emissions Scenarios*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 163-203.
- Siegenthaler, U. and F. Joos, 1992: Use of a simple model for studying oceanic tracer distributions and the global carbon cycle. *Tellus*, 44B, 186-207.
- Warrick, R. A., C. Le Provost, M. F. Meier, J. Oerlemans, P. L. Woodworth, 1996: Changes in sea level. En: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 359-405.
- Wigley, T. M. L., 1993: Balancing the carbon budget. Implications for projections of future carbon dioxide concentration changes. *Tellus*, 45B, págs. 409-425.
- Wigley, T. M. L. and S. C. B. Raper, 1993: Future changes in global-mean temperature and sea level. En: *Climate and Sea Level Change: Observations, Projections and Implications*, R. A. Warrick, E. M. Barrow and T. M. L. Wigley (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 111-133.
- Wigley, T. M. L., R. Richels and J. A. Edmonds, 1996: Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. *Nature*, 379, págs. 242-245.

NOTA: Los documentos oficiales de la CMCC citados en este Documento Técnico pueden encontrarse en el sitio Web sobre la CMCC (<http://www.unfccc.de>).

# Apéndice 1

## RECIENTES PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES

Como ya se ha señalado en el texto del documento, una vez concluido el borrador inicial del presente Documento Técnico el GAHMB formuló, en el texto de negociación (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1, 22 de abril de 1997) una nueva serie de propuestas de limitación de emisiones y retiradas de propuestas. Aunque en dicho texto de negociación no se indicaban los nombres de las Partes que efectuaban las propuestas, se han incluido aquí por motivo de claridad (Cuadro A1). Con una sola excepción, en que las propuestas están expresadas en términos cuantitativos específicos, todas las demás se hallan dentro del abanico de posibilidades anteriormente examinado. Por el momento, no se ha adoptado ninguna propuesta, por lo que todo análisis de las implicaciones de las limitaciones de emisiones propuestas ha de considerarse únicamente una indicación de las posibles implicaciones. En la Sección 7 se ha mostrado cómo es posible cuantificar fácilmente una nueva situación a partir de los resultados expuestos. Así pues, en

nuestra opinión no es necesario ningún nuevo cálculo basado en las nuevas propuestas, excepto para la Propuesta 13 (Filipinas) (lo cual, estrictamente hablando, es también innecesario, ya que sus implicaciones pueden deducirse fácilmente mediante extrapolación del material anteriormente expuesto). Conviene señalar que algunas de esas propuestas, más que proponer sugerencias cuantitativas específicas, reflejan principios en los que basar nuevas propuestas de limitación de emisiones. En algunos de estos casos es necesario indicar objetivos y fechas no especificados: para ello, hemos denotado mediante  $P_1$ ,  $P_2$ , etc. los cambios porcentuales en los países del Anexo I, y las fechas mediante  $[2000 + x]$ ,  $[2000 + y]$  y  $[2000 + z]$ , donde  $x$ ,  $y$  y  $z$  representan números de años. En el documento original (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1, 22 de abril de 1997), hay gran número de sugerencias que aportan muchos más detalles que el presente documento.

<i>Propuestas</i>	<i>Partes que formulan la propuesta</i>	<i>Partes objeto de compromisos</i>	<i>Propuestas de limitación de emisiones (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1)</i>
1	Trinidad y Tobago, en nombre de la ADPEI	Anexo I	Reducir para 2005 las emisiones de CO <sub>2</sub> en un 20 por ciento respecto de 1990, y adoptar objetivos y plazos específicos para "otros g.e.i."
2	Australia	Anexo A <sup>18</sup>	El objetivo de emisiones de g.e.i. para diferentes países en el año 2010 debería situarse entre -30 y +40 por ciento del nivel de 1990.
3	Países Bajos, en nombre de la UE y de sus Estados Miembros	Anexo X <sup>19</sup>	Lograr, de 2000 en adelante, reducciones notables en las emisiones de g.e.i. por debajo del nivel de 1990 ateniéndose a plazos especificados. Reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O conjuntamente (total ponderado, utilizando el PCM con un horizonte de tiempo de 100 años) en <i>al menos un 7.5 por ciento</i> <sup>20</sup> hasta 2005, y en un 15 por ciento hasta 2010 (año de referencia, 1990). HFC, PFC y SF <sub>6</sub> deberían incluirse en el grupo de gases no más tarde del año 2000 para aplicarles los citados objetivos de reducción.

<sup>18</sup>El Anexo A contiene una lista de las Partes actualmente incluidas en el Anexo I de la Convención, aunque está abierto a otras Partes como, por ejemplo, las que se incorporan a la OCDE.

<sup>19</sup>En el Anexo X se incluyen las Partes actualmente incluidas en el Anexo I a la Convención, más Croacia, Eslovenia, Liechtenstein, México, República Checa, República de Corea y República Eslovaca. Podrían incorporarse a él países desarrollados o países de economía en transición. Obsérvese que Checoslovaquia figura en el Anexo I de la Convención como un solo país.

<sup>20</sup>Este objetivo de reducción de "al menos un 7.5 por ciento" fue acordado en las Conclusiones del Consejo de 19 de junio de 1997.

**Cuadro A1.** Propuestas de limitación de emisiones formuladas tras redactarse el borrador inicial del presente Documento Técnico (FCCC/AGBM/1997/3/Add. 1, 22 de abril de 1997).

Cuadro A1 (continuación)

<i>Propuestas</i>	<i>Partes que formulan la propuesta</i>	<i>Partes objeto de compromisos</i>	<i>Propuestas de limitación de emisiones (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1)</i>
4	Islandia y Noruega	Anexo I	<p>a) Las emisiones netas de g.e.i. desde [2000 + x<sub>1</sub>] hasta [2000 + x<sub>2</sub>] deberían ser inferiores en P<sub>1</sub> por ciento al nivel de 1990 + z<sub>1</sub> (o al promedio a lo largo de algún período equivalente);</p> <p>b) Las emisiones netas de g.e.i. en el período posterior de [2000 + y<sub>1</sub>] a [2000 + y<sub>2</sub>] deberían ser inferiores en P<sub>2</sub> por ciento al nivel de 1990 + z<sub>2</sub> (o al promedio a lo largo de algún período equivalente).</p> <p>“Noruega ha propuesto, en condiciones de diferenciación, generalidad de alcance, flexibilidad y armonización, un objetivo de emisión común consistente en reducir en 10-15 por ciento las emisiones de g.e.i. para las Partes en el Anexo I de aquí a 2010”<sup>21</sup>.</p>
5	Japón	Anexo I	<p>Cada Parte podrá elegir una de las dos especificaciones siguientes:</p> <p>a) Las emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante entre [2000 + x] y [2000 + x + [5]] deberían ser iguales o inferiores a cierto nivel especificado;</p> <p>b) Las emisiones de CO<sub>2</sub> entre [2000 + x] y [2000 + x + [5]] deberían estar un P por ciento o menos por debajo del nivel de 1990.</p>
6	Federación de Rusia	Anexo A más otros países desarrollados	Mantener en 2000–2010 un nivel medio de emisiones de g.e.i. igual a los niveles de 1990, o de algún otro año de base convenido. Las emisiones deberían reducirse a partir de 2010.
7	Suiza	Anexo I	En una primera fase, reducción del 10 por ciento en las emisiones totales de g.e.i. de aquí a 2010, referidas a 1990.
8	Nueva Zelanda	Anexo [*] <sup>22</sup>	Se establecerán compromisos de limitación de emisiones de g.e.i. para n intervalos de y años cada uno, a contar desde [2000 + x].
9	Perú	Anexo I	<p>a) Retornar en 2000 a los niveles de emisión de 1990;</p> <p>b) De aquí a 2005, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 15 por ciento respecto de 1990, y fijar unos objetivos realistas para "otros g.e.i.";</p> <p>c) Reducir de aquí a 2010 las emisiones de g.e.i. en un 15-20 por ciento adicional respecto de los niveles de 1990.</p> <p>(Esta propuesta incluye también cláusulas de penalización para las Partes que no lleguen a cumplir los objetivos de reducción de emisiones).</p>
10	Estados Unidos de América	Anexo A <sup>23</sup> y Anexo B <sup>24</sup>	<p>a) Se asignaría a cada una de las Partes incluidas en los Anexos A y B un objetivo neto multianual de g.e.i., denominado balance de emisiones;</p> <p>b) El balance de emisiones de cada Parte del Anexo A sería igual a un porcentaje fijo de sus emisiones en 1990 multiplicado por el número de años del período de balance;</p> <p>c) El balance de emisiones de cada Parte del Anexo B sería propuesto por dicha Parte y acordado mediante un proceso consultivo con las Partes que figuren en los Anexos A y B;</p> <p>d) El balance de emisiones puede aumentarse mediante el comercio de emisiones, la implementación conjunta para aumentar el haber y la constitución de "bancos".</p>

<sup>21</sup>Según la declaración de Noruega en la sexta reunión del GAHMB (Bonn, 3-7 de marzo de 1997).

<sup>22</sup>El Anexo [\*] consistirá en la lista de las Partes del Anexo I de la Convención, más otras Partes que pudieran asumir compromisos de limitación de emisiones legalmente vinculantes en los términos del Protocolo.

<sup>23</sup>Para la propuesta de Estados Unidos, el Anexo A incluiría las Partes enumeradas en el Anexo I de la Convención, más las que se sumen ulteriormente en los términos del Artículo 2.

<sup>24</sup>El Anexo B incluiría las Partes no contenidas en el Anexo A que indiquen, antes de ser adoptado el Protocolo, que desean ser incluidas en este Anexo, más las que se incorporen ulteriormente en los términos del Artículo 2.

Cuadro A1 (continuación)

<i>Propuestas</i>	<i>Partes que formulan la propuesta</i>	<i>Partes objeto de compromisos</i>	<i>Propuestas de limitación de emisiones (FCCC/AGBM/1997/3/Add.1)</i>
11	República Democrática del Congo	Anexo I	Las Partes que en 2000 retornen al nivel de emisiones de 1990 reducirían las emisiones de g.e.i., respecto de 1990, en un 10 por ciento de aquí a 2005; en un 15 por ciento de aquí a 2010; y en un 20 por ciento de aquí a 2020. (Esta propuesta incluye también cláusulas de penalización para aquellas Partes que no cumplan los objetivos de reducción de las emisiones).
12	República Unida de Tanzania, en nombre del Grupo 77 y de China	Anexo I	a) Retornar en 2000 a los niveles de emisiones de g.e.i. de 1990; b) Reducir de aquí a 2005 las emisiones de g.e.i. en $P_1$ por ciento respecto de 1990; c) Reducir ulteriormente, de aquí a 2010, las emisiones de g.e.i. en $P_2$ por ciento respecto de 1990;
13	Filipinas	Anexo I	a) Retornar en 2000 a los niveles de emisiones de g.e.i. de 1990; b) Reducir, de aquí a 2005, las emisiones de g.e.i. en un 20 por ciento respecto de 1990; c) Reducir ulteriormente, de aquí a 2010, las emisiones de g.e.i. en un 20 por ciento respecto de 1990. (Esta propuesta incluye también cláusulas de penalización para aquellas Partes que no cumplan los objetivos de reducción de las emisiones)
14	Un grupo de Países Asociados a la UE (Bulgaria, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Polonia y Rumania)	Anexo XX <sup>25</sup>	a) Reducir de aquí a 2005 las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O conjuntamente (total ponderado, utilizando el PCM con un horizonte de tiempo de 100 años) al nivel de 1990 o a un nivel más bajo de aquí a 2005 (el porcentaje de reducción se anuncia en el momento de la ratificación); b) A partir de 2005, controlar y/o reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O.
15	República Checa	Anexo X	Reducir de aquí a 2005 las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O conjuntamente (totalizadas, utilizando el PCM con un horizonte de tiempo de 100 años) en un 5 por ciento respecto de 1990 y, para 2010, en un 15 por ciento respecto de 1990. Las reducciones anteriores a 2000 podrán utilizarse para cumplir el objetivo.
16	Canadá	No especificado	Se establecerían unos niveles de referencia para las emisiones de g.e.i. como un valor promedio a lo largo de cierto número de años convenido. Se especificarían objetivos (presumiblemente respecto del nivel de referencia) en términos de promedios a lo largo de períodos futuros convenidos.

<sup>25</sup>El Anexo XX es una variante del Anexo X conforme a la propuesta de la UE.

Obsérvese que, con posterioridad a este texto de negociación, Brasil ha propuesto como objetivo reducir en un 30 por ciento los niveles de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de aquí a 2020. La propuesta original figura en FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3, y fue incluida como Alternativa 1 (párrafo 11) en FCCC/AGBM/1997/INF.1.

## Apéndice 2

### CUANTIFICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE LIMITACIÓN DE EMISIONES DE FRANCIA (FR) Y PAÍSES BAJOS (NL)

El presente Apéndice tiene por objeto cuantificar las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR) y de los Países Bajos (NL), a fin de situarlas en perspectiva respecto de las propuestas formuladas por otros países (véase el Cuadro 3 del texto principal) y de los escenarios IS92 del IPCC. En primer lugar, examinaremos las propuestas mismas en términos de emisiones de los países del Anexo I. Seguidamente, ampliaremos esos resultados a escala mundial incorporando las emisiones de los países al margen del Anexo I. Como ya se ha indicado en el texto principal, estas últimas están basadas en el supuesto de que no existen limitaciones a las emisiones en esos países. Señalemos también que, aunque las propuestas se refieren a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, consideraremos que éstos se limitan únicamente al CO<sub>2</sub> de origen fósil.

Las propuestas FR y NL permiten establecer una comparación útil, ya que están basadas en criterios de emisión muy distintos: emisiones por habitante en el primer caso, y emisiones absolutas en el segundo. La utilización de las emisiones por habitante introduce un elemento adicional de incertidumbre, a saber, la población futura, lo cual complica notablemente el cálculo de las emisiones absolutas. Aunque las emisiones por habitante pueden ser un concepto unificador útil para establecer comparaciones entre diferentes países (y, en particular, entre países del Anexo I y países al margen del Anexo I), la complejidad de los cálculos que se exponen más adelante haría que cualquier propuesta de limitación de emisiones formulada en esos términos resultara mucho más difícil de llevar a efecto.

#### Emisiones en los países del Anexo B

En el marco de la propuesta NL, configurar las emisiones futuras de CO<sub>2</sub> de origen fósil es tarea sencilla. Para estos países, basándose en IS92 (Leggett *et al.*, 1992) y Pepper *et al.* (1992) se obtiene un valor de 4.59 GtC/año de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil en 1990 (para más información, véase el Apéndice 3). Hemos supuesto (véase el texto principal) que las emisiones de los países del Anexo I se mantienen en los niveles de 1990 de aquí al año 2000. Así pues, habrá que suponer que la sugerida disminución de un 1-2 por ciento (compuesto) al año (texto principal, Cuadro 1) comenzará en 2000 (tal como se indica en el Cuadro 2 del texto principal). Examinaremos dos casos por separado: una disminución de un 1 por ciento anual compuesto a partir de 2000 (NL-1%), y una disminución de un 2 por ciento anual compuesto a partir de 2000 (NL-2%).

La propuesta FR es más complicada. También en este caso, nuestro análisis de esta propuesta está basado en unas cuantías

de emisión constantes e iguales a los niveles de 1990 para los países del Anexo I en el período 1990-2000. En 2000-2010, los cambios en las emisiones se especifican como una disminución de un 7-10 por ciento en las emisiones por habitante. Con objeto de calcular el valor de las emisiones absolutas que ello implica, necesitamos conocer el valor proyectado de las emisiones por habitante en el año 2000. Es posible estimar ese valor a partir de los documentos del IPCC, pero la gama de posibilidades que se obtenga dependerá del escenario elegido respecto de la población futura (véase el Cuadro 4 en el texto principal).

Para los escenarios IS92 se han empleado tres proyecciones de población: el caso medio-bajo de las Naciones Unidas (utilizado en IS92c y d), un caso central del Banco Mundial (utilizado en IS92a, b y e), y el caso medio-alto de las Naciones Unidas (utilizado en IS92f). Los valores de población estimados según esas proyecciones para el año 2000 en los países del Anexo I son de 1.286 millones, 1.313 millones y 1.354 millones, interpolados linealmente a partir del Cuadro 4. Estos valores, junto con un valor de emisiones total de 4.59 GtC/año, arrojan para el año 2000 unas emisiones anuales por habitante de 3.57 tC/año, 3.50 tC/año y 3.39 tC/año respectivamente, frente a un valor de 3.63 tC/año para 1990. Puesto que el intervalo de valores es relativamente pequeño y el valor para 2000 es, en todo caso, incierto, hemos tomado el promedio de esos tres valores (3.485 tC/año si no se redondean las cantidades) como un único valor representativo de las emisiones por habitante anuales en 2000 (en torno a un 4 por ciento por debajo del nivel de 1990).

Aplicando a este valor para el año 2000 la reducción especificada de 7-10 por ciento en las emisiones por habitante durante el período 2000-2010, se obtiene una gama de valores de 3.14-3.24 tC/año para las emisiones anuales por habitante en el año 2010. Para convertir estos valores en emisiones reales, hay que multiplicar por la cifra de población. Al hacerlo, habrá que tener en cuenta una vez más las incertidumbres respecto del crecimiento de la población: las cifras de población del IPCC para 2010, interpoladas linealmente a partir del Cuadro 4, son de 1.307-1.444 millones para los escenarios de Naciones Unidas, y de 1.363 millones para el escenario del Banco Mundial. El valor alto-extremo de las emisiones para 2010 (población elevada, emisiones por habitante elevadas) es, por consiguiente, de 4.68 GtC/año. El valor bajo-extremo (baja población, bajo nivel de emisiones por habitante) es de 4.10 GtC/año. Los valores centrales se sitúan entre 4.27 GtC/año (población media, emisiones por habitante bajas) y 4.41 GtC/año (población media, emisiones por habitante altas), con un valor medio de 4.34 GtC/año. Este conjunto de

	2010		2100	
	Emisiones por habitante (tC/año)			
	3.14	3.24	1.6	2.2
	(10% por debajo de 2000)		(7% por debajo de 2000)	
<i>Proyección de población</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil para los países del Anexo I según la propuesta FRFR (GtC/año)</i>			
baja	4.10 (FR-bajo)	4.24	1.34 (FR-bajo)	1.85
media	4.27 (FR-medio)	4.41 (FR-medio)	2.27 (FR-medio)	3.12 (FR-medio)
alta	4.53	4.68 (F-alto)	3.54	4.87 (F-alto)

**Cuadro B1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I según la propuesta de limitación de emisiones de Francia (FR). Para las proyecciones de población, los valores bajo, medio y alto se refieren a las proyecciones media-baja de las Naciones Unidas, del Banco Mundial y media-alta de las Naciones Unidas utilizadas en IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992) (véase el Cuadro 4 del texto principal). Las emisiones para 1990 y 2000 se han cifrado en 4.59 GtC/año (véase el texto). Los apartados de la columna correspondiente a 2010 representan las emisiones por habitante y los cambios porcentuales de las emisiones por habitante respecto del año 2000 (es decir, 3.485 tC/año) utilizados para calcular aquéllas. Los apartados de la columna correspondiente a 2100 representan emisiones por habitante anuales absolutas. Los valores de emisión utilizados para definir los casos bajo-extremo, central y alto-extremo, a analizar ulteriormente, se indican en el Cuadro como FR-bajo, FR-medio y FR-alto, respectivamente. Para el caso central utilizado en el texto principal, los valores de emisiones empleados son los promedios de los valores medios de proyección de población indicados, es decir, 4.34 GtC/año en 2010 y 2.69 GtC/año en 2100.

Abreviación	Población	Disminución de emisiones por habitante en 2000–2010	Emisiones por habitante en 2100	Cambio en 2010–2100 (GtC/año)
FR-alto	alto	bajo	alto	4.68–4.87
FR-alto (BAJO)	alto	bajo	bajo	4.68–3.54
FR-medio (ALTO)	medio	bajo	alto	4.41–3.12
FR-central	medio	media <sup>1</sup>	media <sup>2</sup>	4.34–2.69
FR-medio (BAJO)	medio	alto	bajo	4.27–2.27
FR-bajo (ALTO)	bajo	alto	alto	4.10–1.85
FR-bajo	bajo	alto	bajo	4.10–1.34

<sup>1</sup> El valor para 2010 es el promedio de los valores bajo y alto de disminución de las emisiones por habitante en 2000-2010 para el caso de población media (es decir, (4.27 + 4.41)/2).

<sup>2</sup> El valor para 2100 es el promedio de los valores bajo y alto de emisión por habitante en 2100 para el caso de población media (es decir,

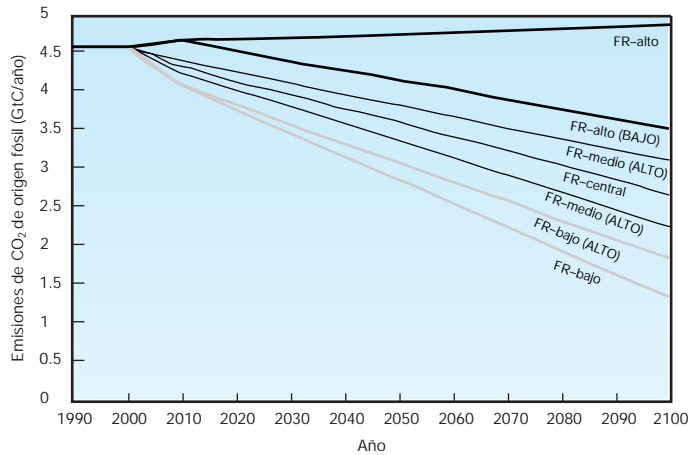
**Cuadro B2.** Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I en 2010-2100 basados en la propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR), y los supuestos en que se basan dichos cambios. El caso "FR-central" es el promedio de los casos FR-medio (ALTO) y FR-medio (BAJO).

valores de emisión para 2010 queda ilustrado en la Figura B1. El Cuadro B1 contiene información numérica más detallada.

Para 2100, la gama de valores de emisión por habitante en los países del Anexo I sería, según la propuesta FR, de 1.6-2.2 tC/año. Para convertir este valor en emisiones totales, deberemos seguir teniendo presentes las incertidumbres sobre el crecimiento de la población, tal como especifica el IPCC y como se indica en el Cuadro 4 del texto principal. Para obtener una gama alta de valores de emisión en 2100, hemos utilizado el valor de emisiones por habitante alto (2.2 tC/año); para los

niveles bajo, medio y alto de población, se obtiene 1.85, 3.12 y 4.87 GtC/año (véase el Cuadro B1). Análogamente, una gama baja, basada en unas emisiones por habitante de 1.6 tC/año, vendría definida por 1.34, 2.27 y 3.54 GtC/año (véase el Cuadro B1).

Los escenarios completos de limitación de emisiones para los países del Anexo I se han obtenido combinando el conjunto de valores de emisión en 2010 con los de 2100, para lo cual bastará con suponer que el cambio será lineal a lo largo del tiempo durante esos 90 años. Existen otras maneras de interpolar entre



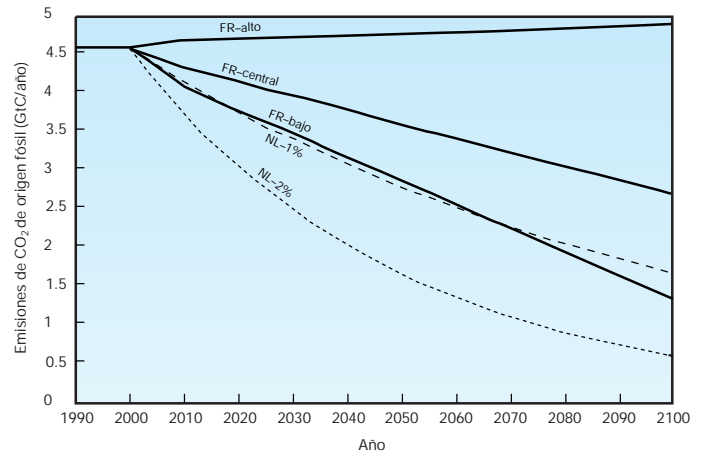
**Figura B1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I según la propuesta de limitación de emisiones de Francia (FR). Las palabras alto, medio y bajo se refieren a las proyecciones media-baja de las Naciones Unidas, del Banco Mundial, y media-alta de las Naciones Unidas aquí utilizadas, mientras que las palabras "ALTO", "BAJO", o la ausencia de ellas se refieren a la utilización de valores bajos, altos o medios de emisiones por habitante. Los cambios en 2000-2010 corresponden a reducciones de 7-10 por ciento de las emisiones por habitante, que dan cuenta de las incertidumbres respecto de la población futura. Los valores correspondientes a 2100 representan emisiones por habitante de 1.6 tC/año o 2.2 tC/año, que también dan cuenta de ese mismo tipo de incertidumbres.

2010 y 2100 (por ejemplo, interpolando linealmente las emisiones por habitante, en lugar de las emisiones totales). No obstante, dado que nuestro objetivo es definir escenarios de limitación simples que concuerden con la propuesta original, el método de interpolación que se elija no es importante. Siempre hay otras maneras de combinar los resultados; el conjunto de posibilidades está representado por las combinaciones del Cuadro B2, y aparece ilustrado en la Figura B1. Para los cálculos del texto principal hemos utilizado solamente los casos FR-bajo, FR-central y FR-alto.

En resumen, se han concebido cinco escenarios propuestos de limitación de emisiones para los países del Anexo I, que abarcan el conjunto de posibilidades compatibles con las propuestas FR y NL. Se ha designado estos casos como FR-bajo, FR-central y FR-alto (casos bajo, central y alto basados en la propuesta de Francia) y NL-1%, NL-2% (reducción anual compuesta de las emisiones en un 1 por ciento y un 2 por ciento a partir de 2000, según la propuesta NL); véase la Figura B2.

### Emisiones mundiales

A fin de determinar las emisiones mundiales, hemos combinado estos casos de emisiones para los países del Anexo I con las emisiones para los países al margen del Anexo I según los escenarios de emisiones IS92 (véase la Figura 2 en el texto princi-



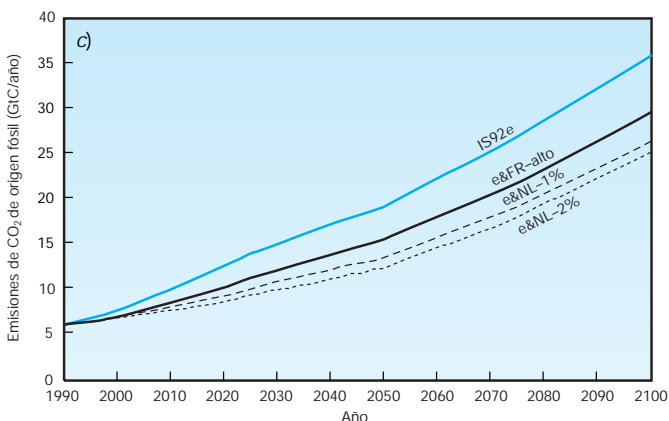
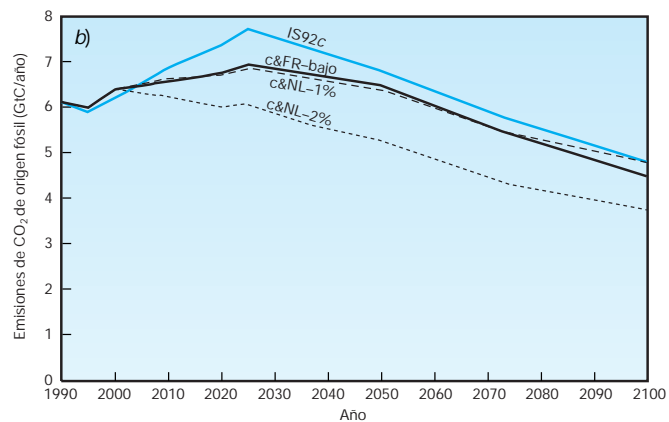
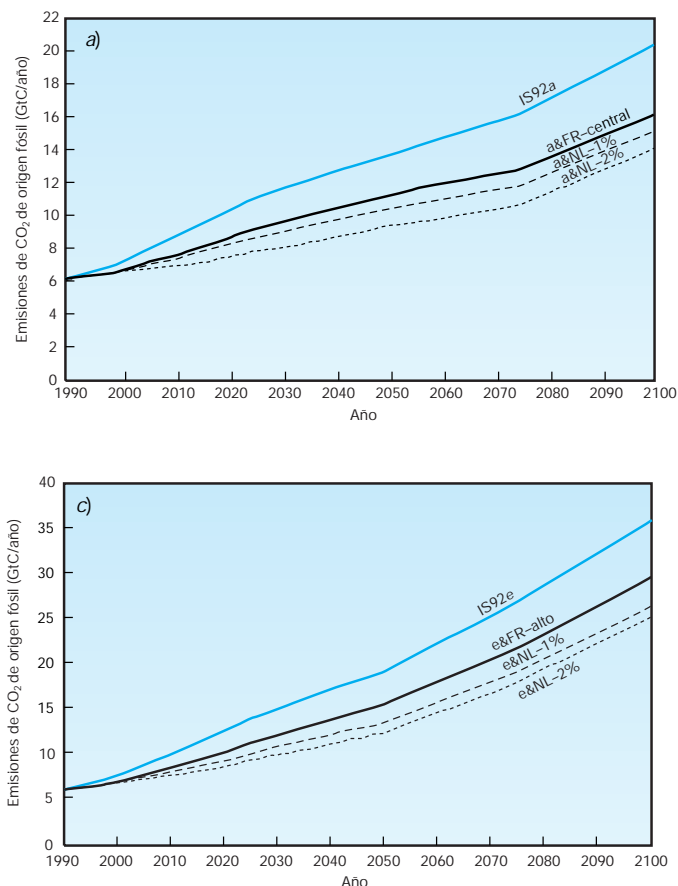
**Figura B2.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para los países del Anexo I según las propuestas de limitación de emisiones de Francia (FR) y Países Bajos (NL). Los niveles FR-alto, FR-central y FR-bajo son los que se indica en la Figura B1. Los valores NL-1% y NL-2% corresponden a reducciones anuales compuestas de las emisiones de 1 por ciento y 2 por ciento respecto del nivel correspondiente al año 2000.

pal)<sup>26</sup>. Cabe señalar que los tres casos FR para el grupo del Anexo I (FR-bajo, FR-central y FR-alto) corresponden a estimaciones de población baja, media y alta. De ese modo, cuando se usan conjuntamente con las emisiones de los países al margen del Anexo I para los escenarios IS92, sólo habrá que considerar conjuntamente los escenarios que se basan en unos mismos supuestos de población. En los cálculos del texto principal hemos considerado solamente los escenarios IS92a, c y e para los países al margen del Anexo I, que abarcan todas las posibilidades de emisiones contempladas por el IPCC. Por consiguiente, las únicas combinaciones absolutamente compatibles con las propuestas de limitación de emisiones FR para los países del Anexo I y con las emisiones IS92a, c o e para los países al margen del Anexo I son FR-bajo con IS92c, FR-central con IS92a, y FR-central con IS92e.

El escenario de población elevada se utiliza sólo en IS92f, que, debido a otros supuestos definidos al desarrollar este escenario (véase IPCC92 — Leggett *et al.*, 1992) presenta emisiones menores que el caso IS92e basado en una población media. Puesto que necesitamos abarcar el conjunto de posibilidades, hemos combinado los casos FR-alto e IS92e en lugar de

<sup>26</sup> Obsérvese que estos escenarios no incluyen las emisiones procedentes del quemado de combustibles de navegación. El valor de emisiones mundiales utilizado para 1990 sí incluye esa fuente. En 1990, esta cantidad fue de 0.1 GtC/año.





**Figura B3.** a) Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para el escenario IS92a, comparadas con las emisiones obtenidas cuando los países del Anexo I cumplen las propuestas de limitación de emisiones NL-1%, NL-2% o FR-central y los países al margen del Anexo I cumplen IS92a. b) Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para el escenario IS92c, comparadas con las emisiones en el caso en que los países del Anexo I cumplen las propuestas de limitación de emisiones NL-1%, NL-2% o FR-bajo y los países al margen del Anexo I cumplen IS92c. c) Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) para el escenario IS92e, comparadas con las emisiones obtenidas cuando los países del Anexo I se atienen a las propuestas de limitación de emisiones NL-1%, NL-2% o FR-alto y los países al margen del Anexo I se atienen a IS92e.

FR-central e IS92e. Con ello, se maximizan las emisiones de los países al margen del Anexo I en ausencia de limitaciones, minimizando al mismo tiempo la reducción de emisiones en los países del Anexo I. Esta elección, a su vez, proporciona el total de emisiones mundiales más alto posible en cualquiera de los escenarios de limitación de emisiones propuestos y, por consiguiente, los valores proyectados más altos de concentración de CO<sub>2</sub>.

Con respecto a las propuestas de limitación de emisiones NL, los casos de emisión para los países del Anexo I (NL-1% y

NL-2%) son independientes de (y, por consiguiente, pueden combinarse con) las emisiones de los países al margen del Anexo I para cada uno de los escenarios IS92a, c y e. Así pues, el conjunto de escenarios de emisiones mundiales es el siguiente (en primer lugar, para los países al margen del Anexo I): IS92a con FR-central, NL-1% y NL-2% (Figura B3a); IS92c con FR-bajo, NL-1% y NL-2% (Figura B3b); e IS92e con FR-alto, NL-1% y NL-2% (Figura B3c). En el texto principal, el conjunto de estos escenarios aparece ilustrado en la Figura 4. Aquí hemos expuesto separadamente los resultados a, c y e por razones de claridad.

## Apéndice 3

### EFFECTO DE POSIBLES ERRORES E INCERTIDUMBRES SOBRE LAS EMISIONES DE LOS PAÍSES DEL ANEXO I EN 1990

Los valores de emisión utilizados en el presente artículo, así como su desglose entre países del Anexo I y países al margen del Anexo I, están basados principalmente en información aportada en – o elaborada para – el documento IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992; Pepper *et al.*, 1992). En este Apéndice evaluaremos la sensibilidad de los resultados a los valores precisos de emisión utilizados en el texto principal. En particular, examinaremos el efecto de las incertidumbres sobre el valor de referencia para las emisiones de los países del Anexo I, que en nuestro caso es el nivel de 1990 correspondiente a dichas emisiones. Comenzaremos examinando el nivel de emisiones mundial en 1990.

En relación con el escenario IS92a, el valor de las emisiones mundiales que figura en IPCC92 para 1990 (Leggett *et al.*, 1992, Cuadro A3.6) es de 7.4 GtC/año. En el Cuadro A3.11 de dicho informe, esta cifra se desglosa en 6.0 GtC/año por consumo de energía, 1.3 GtC/año por deforestación (cambios de utilización de las tierras) y 0.2 GtC/año por producción de cemento. El desajuste en esta suma, igual a 0.1 GtC/año, es un error de redondeo. Los pormenores están explicados en Pepper *et al.*, (1992, Cuadro 3.6.1); en este texto, la parte correspondiente a la producción de cemento es de 0.15 GtC/año. Ya se ha señalado (Enting *et al.*, 1994, págs. 69, 70) que estos valores no son suficientemente precisos para los cálculos con el modelo de ciclo del carbono, que un análisis creíble no puede contener errores de redondeo, y que los valores de emisión señalados en IPCC92 para 1990 (Leggett *et al.*, 1992) y en Pepper *et al.* (1992) no concuerdan con estimaciones más recientes. Por esa razón, en los trabajos del IPCC posteriores a IPCC92 el valor de las emisiones en 1990 ha sido de 6.10 GtC/año para el consumo de energía y la producción de cemento (tomado de Marland and Boden, 1991, aunque en concordancia con el último análisis de Marland *et al.*, 1994 — a título informativo, el valor más recientemente determinado es de 6.11 GtC/año). Este total mundial abarca emisiones provenientes de todo tipo de fuentes: combustibles de origen fósil, incluidos los combustibles de navegación (los utilizados para viajes internacionales) y la deflagración de gases; producción de cemento; y producción de CO<sub>2</sub> no de combustible.

Para el desglose en países del Anexo I y países al margen del Anexo I nos hemos basado principalmente —al igual que en TP1 (Acosta Moreno *et al.*, 1996, Cuadro A3, pág. 78)— en IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992) y en Pepper *et al.* (1992). En el Cuadro A3.7 de IPCC92 se cifra en 4.5 GtC/año la suma de las emisiones de la OCDE, la URSS y Europa Oriental. Aunque no se indica claramente, éste es sólo el componente de consumo de energía (como puede comprobarse en Pepper *et al.*, 1992, Cuadros 3.1.16-21). El término asociado a la producción de

cemento viene a añadir 0.09 GtC/año adicionales (Pepper *et al.*, Cuadro 3.6.1). El total es, por consiguiente, de 4.59 GtC/año, que es el valor principal utilizado en el presente documento. Aunque no se indica específicamente en IPCC92 (Leggett *et al.*, 1992) o en Pepper *et al.* (1992), es probable que este valor no incluya las emisiones procedentes de la quema de combustibles de navegación<sup>27</sup>. Hay buenas razones para creer que este valor es demasiado alto, en parte porque los análisis del IPCC92 han perdido actualidad, y en parte porque el grupo de países indicado más arriba no coincide exactamente con el de los países del Anexo I. En particular, el grupo de la ex-URSS contiene cierto número de países no vinculados al Anexo I.

Trabajos más recientes, apuntados en el SIE GTII (Nakicenovic *et al.*, 1996; Kashiwagi *et al.*, 1996), sugieren también que el valor 4.59 GtC/año podría ser demasiado alto. En este informe se utiliza información tomada de di Primio (1993) y de Marland *et al.* (1994), que es probablemente de mejor calidad que la utilizada en IPCC92. Los datos de Marland *et al.* (1994) indican que un valor de unas 4.0 GtC/año sería más correcto. Como únicamente nos interesa estimar la sensibilidad de los resultados del texto principal respecto de ese año de referencia de 1990, no necesitamos conocer el dato con precisión. Por ello, hemos realizado una serie de análisis basados en 4.09 GtC/año para las emisiones de los países del Anexo I en 1990, 0.5 GtC/año por debajo del valor utilizado para nuestros cálculos básicos. ¿Cuál es la sensibilidad de las proyecciones de concentración indicadas en otro lugar de este informe frente al valor supuesto para las emisiones de los países del Anexo I en 1990? Para responder a esta cuestión tendremos que determinar la manera en que ambos componentes de las emisiones mundiales futuras, las emisiones de los países del Anexo I y las emisiones residuales (países al margen del Anexo I, más combustibles de navegación<sup>28</sup>), resultarían influenciados por un

<sup>27</sup> Obsérvese que no está claro el tratamiento que recibirán los combustibles de navegación en un instrumento jurídico que se refiera a las limitaciones de emisiones, ni la manera en que se repartiría este componente entre los países del Anexo I y los países al margen del Anexo I, ni la aceptabilidad de un tal reparto. Por esa razón, hemos supuesto en todo momento que el componente de emisiones de los países del Anexo I no incluye ese término.

<sup>28</sup> Obsérvese que no se tiene información sobre las emisiones futuras provenientes de la quema de combustibles de navegación, por lo que éstos no han sido incluidos en los cálculos. Dado que este pequeño componente sería común tanto al escenario de emisiones original como al modificado, por el hecho de ignorarlo no influiremos apreciablemente en los resultados.

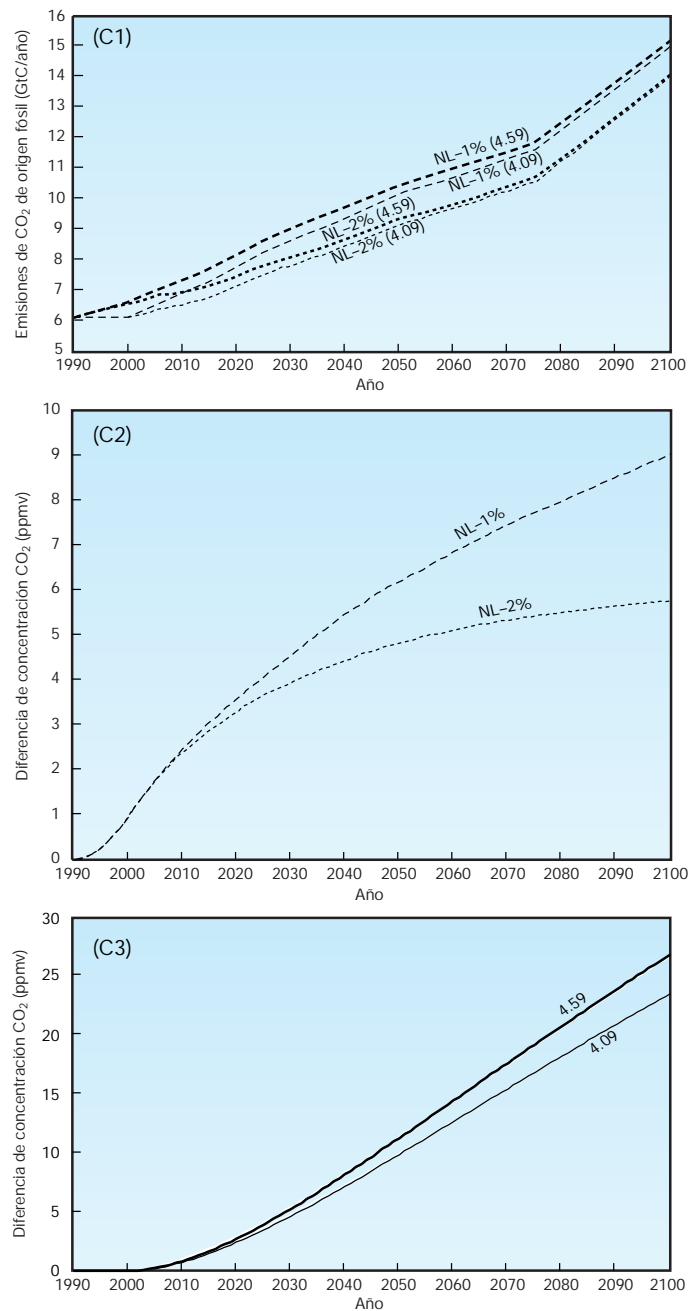
**Figura C1.** Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> de origen fósil (GtC/año) en los casos en que las emisiones de los países del Anexo I se ajustan a las propuestas de limitación de emisiones NL-1% y NL-2% y las de los países al margen del Anexo I se ajustan a IS92a. Los dos pares de curvas indican los resultados correspondientes a diferentes valores del nivel de emisiones de 1990 para los países del Anexo I; a saber, 4.59 GtC/año (conforme se utiliza en el texto principal) y 4.09 GtC/año.

**Figura C2.** Sensibilidad de las proyecciones de concentraciones de CO<sub>2</sub> (ppmv) frente al nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil supuesto para 1990 en los países del Anexo I. En la Figura se representan las diferencias de concentración de CO<sub>2</sub> para las propuestas de limitación de emisiones NL-1% y NL-2% en el caso en que las emisiones de los países del Anexo I se cifran en 4.59 GtC/año (conforme se utiliza en el texto principal) menos el caso en que este nivel de emisiones es de 4.09 GtC/año. En todos los casos, las emisiones de los países al margen del Anexo I se ajustan a IS92a.

**Figura C3.** Sensibilidad de las proyecciones de concentración de CO<sub>2</sub> (ppmv) frente al nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil supuesto para 1990 en los países del Anexo I. En la Figura se representan las diferencias de concentración de CO<sub>2</sub> para las propuestas de limitación de emisiones NL-1% y NL-2%, para dos valores del nivel de emisiones de 1990, 4.59 GtC/año (conforme se utiliza en el texto principal) y 4.09 GtC/año. En todos los casos, se han utilizado las emisiones IS92a para los países al margen del Anexo I.

cambio en el valor de las emisiones "de referencia" para los países del Anexo I. Para ser específicos, hemos tomado en consideración las propuestas de limitación de emisiones NL-1% y NL-2%.

Para los países del Anexo I, las emisiones recalculadas son inferiores a lo largo de todo el período, puesto que las emisiones futuras están ligadas a un valor de referencia de 1990 más bajo, de 4.09 GtC/año. Para los restantes, la situación es menos clara y hay diferentes elecciones posibles. El valor para 1990 deberá ser más alto (por ejemplo, 2.01 GtC/año en lugar de 1.51 GtC/año), ya que todos los casos se basan en un mismo valor de emisiones mundiales para 1990 (6.10 GtC/año). En el año 2000 y posteriormente, podríamos o bien usar los mismos valores IS92 utilizados anteriormente (a saber, 2.00 GtC/año en 2000 para el caso IS92a, etc. — véase la Figura 2 en el texto principal), o bien inflar todos los valores agregándoles el "error" de 0.5 GtC/año en 1990 (es decir, manteniendo los valores de cambio de IS92 en lugar de los valores absolutos). El primer método produce unos valores de emisiones mundiales que comienzan en el mismo punto en 1990 y que son inferiores a los valores originales para todos los años subsiguientes en cuantías que aumentan linealmente hasta las 0.5 GtC/año en 2000 para decaer después hasta 0.18 GtC/año en 2100 (para NL-1%) o 0.07 GtC/año en 2100 (para NL-2%). El segundo método produce unos valores de emisiones mundiales que se mantienen sin cambios durante 1990-2000 y rebasan después los valores originales en cuantías que aumentan paulatinamente hasta 0.32 GtC/año (o 0.43 GtC/año) en 2100 para NL-1% (o NL-2%). Dado que el primer método tiene unas consecuencias mucho más acusadas respecto de la concentración a corto plazo, examinaremos sólo este caso. Designaremos a las



emisiones definidas con arreglo a este método como NL-1%\* y NL-2%\*. Las cuatro trayectorias de emisiones mundiales (la original y la modificada) están representadas en la Figura C1.

En cuanto a las implicaciones desde el punto de vista de la concentración, el efecto del valor de referencia de las emisiones en los países del Anexo I para 1990 puede entenderse de dos maneras. En primer lugar, comparando las concentraciones en NL-1% (o NL-2%) con las de NL-1%\* (o NL-2%\*) podemos ver en qué manera el efecto de la propuesta de limitación de emisiones (NL-1% o NL-2%) depende de ese valor. Estas diferencias de concentración (es decir, NL-1% menos NL-1%\* y NL-2% menos NL-2%\*) aparecen representadas en la Figura C2. En ambos casos, la diferencia aumenta progresivamente, alcanzando cerca de 9 ppmv en 2100 para el caso NL-1% y acercándose a 6 ppmv en ese mismo año para el caso NL-2%.

En términos de forzamiento radiativo por CO<sub>2</sub> en el año 2100, estas diferencias se cifran en 0.1-0.2 W m<sup>-2</sup>. Las consecuencias de tales incertidumbres desde el punto de vista del clima y del nivel del mar son extremadamente pequeñas; mucho menores que las ligadas a otros factores como, por ejemplo, las emisiones futuras en los países al margen del Anexo I según los escenarios IS92, las incertidumbres en las emisiones de otros gases, las incertidumbres en los modelos de clima y de nivel del mar, etc.

Una segunda comparación es la que se establece entre diferentes propuestas de limitación de emisiones: ¿en qué medida es sensible, por ejemplo, la diferencia de concentración entre NL-1% y NL-2% respecto de los valores de emisión supuestos para los países del Anexo I en 1990? Estos resultados pueden verse en la Figura C3. En ella, el efecto es nulo hasta 2000;

después, el "error" aumenta progresivamente hasta llegar a unas 3 ppmv en 2100. La diferencia de concentración entre NL-1% y NL-2%, que es de 27 ppmv en 2100, desciende hasta unas 24 ppmv para el caso del nivel de referencia inferior. Este efecto es soslayable en términos de forzamiento radiativo, y también en cuanto a sus consecuencias para el clima.

En resumen, al determinar los cambios absolutos de concentración para una propuesta de limitación de emisiones dada, es importante usar el valor correcto sea cual fuere el nivel de emisiones de referencia. Para comparar proyecciones de concentración correspondientes a propuestas distintas, sin embargo, si ambas propuestas están basadas en un mismo nivel de referencia, las diferencias de concentración son relativamente insensibles al valor preciso del nivel de referencia.

# Apéndice 4

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### **Aerosol**

Conjunto de partículas en suspensión en el aire. Se ha asociado también este término, incorrectamente, al propelente utilizado en los "vaporizadores de aerosoles".

### **Antropógeno**

Resultante de, o producido por, actividades humanas. En el contexto del ciclo del carbono, este concepto se entiende como el ingreso directo de carbono en la atmósfera por efecto de actividades humanas, y es la suma de los componentes "de origen fósil" y "por cambio de utilización de las tierras". Excluye explícitamente las aportaciones que se derivan sólo del aumento de los niveles de CO<sub>2</sub>. En principio, las emisiones antropógenas deberían incluir los cambios de flujos de CO<sub>2</sub> asociados a otros cambios antropógenos a nivel mundial. Sin embargo, en el presente estudio esos flujos quedarían incluidos en el componente "fertilización" (véase la definición), a fin de equilibrar el balance.

### **Cambio climático (según la CMCC)**

Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

### **Cambio climático (según el IPCC)**

El IPCC usa el término "cambio climático" para referirse a todo tipo de cambio debido a actividades humanas y/o a procesos naturales. El cambio climático ocurre por efecto de cambios internos del sistema climático o de la interacción entre sus componentes, o por efecto de cambios del forzamiento externo debidos a causas naturales o a actividades humanas. En las proyecciones de cambio climático futuro del IPCC se suele tener en cuenta únicamente la influencia ejercida sobre el clima por los aumentos antropógenos de los gases de efecto invernadero y por otros factores relacionados con los seres humanos.

### **Ciclo de carbono**

Término utilizado para describir el intercambio de carbono (en formas diversas; por ejemplo, como dióxido de carbono) entre la atmósfera, el océano, la biosfera terrena y los depósitos geológicos.

### **Clima**

Se suele definir el clima como el "promedio del estado del tiempo", o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés durante períodos de varios decenios (normalmente, tres decenios, según la definición de la OMM). Dichas cantidades son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un

sentido más amplio el "clima" es la descripción del estado del sistema climático

### **Emisión de CO<sub>2</sub> de origen fósil**

Este concepto incluye todas las aportaciones antropógenas (véase) al balance neto de carbono atmosférico, a excepción de las que se clasifican como asociadas al cambio de utilización de las tierras. En la práctica, dichas aportaciones son las que provienen de la combustión de combustibles de origen fósil (incluida la deflagración de gases) y de la producción de cemento

### **Escenario**

Descripción plausible de un posible futuro, basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las relaciones clave y las fuerzas subyacentes (por ejemplo, rapidez de cambio de la tecnología, precios). Obsérvese que los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos.

### **Estratosfera**

Región muy estratificada y estable de la atmósfera situada por encima de la troposfera (véase) y que se extiende desde la tropopausa (véase) (situada en promedio a unos 9 km. en latitudes altas y a unos 16 km en los trópicos) hasta unos 50 km.

### **Fertilización por CO<sub>2</sub>**

Estrictamente hablando, es la intensificación de la productividad básica neta de la vegetación terrena (el crecimiento de las plantas) que se produce como proceso biológico por efecto de una elevada concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. En la práctica, en los cálculos estándar de los modelos de ciclo del carbono, la fertilización por CO<sub>2</sub> actúa como un término de sumidero que engloba todos los cambios del carbono terreno no asociados a la utilización de las tierras.

### **Forzamiento radiativo**

Mide en términos simples la importancia de un posible mecanismo de cambio climático. El forzamiento radiativo es una perturbación del balance de energía del sistema Tierra-atmósfera (en W m<sup>-2</sup>) que se produce, por ejemplo, a raíz de un cambio en la concentración de dióxido de carbono o en la energía emitida por el Sol. El sistema climático responde al forzamiento radiativo de manera que se restablezca el balance de energía. Un forzamiento radiativo tiende, si es positivo, a calentar la superficie y, si es negativo, a enfriarla. El forzamiento radiativo suele expresarse como un valor medio mundial y anual. Una definición más precisa del forzamiento radiativo, tal como se emplea en los informes del IPCC, es la perturbación del balance de energía del sistema superficie-troposfera, dejando un margen para que la estratosfera (véase) se reajuste a

un estado de equilibrio radiativo medio mundial (véase el Informe IPCC 1994; Shine *et al.*, 1995). Se denomina también "forzamiento del clima".

### Gas de efecto invernadero

Gas que absorbe radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación (radiación infrarroja) emitido por la superficie de la Tierra, por la atmósfera y por las nubes. El gas emite a su vez radiación infrarroja desde un nivel en el que la temperatura es más baja que en la superficie. El efecto neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente y la superficie del planeta tiende a calentarse. En la atmósfera de la Tierra, los gases de efecto invernadero son, básicamente: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). Los halocarbonos (véase) son también gases de intenso efecto invernadero. Obsérvese que en la CMCC se emplea a veces el término "gas de efecto invernadero" en un sentido restrictivo que excluye los gases sometidos a control en los términos del Protocolo de Montreal.

### Halocarbonos

Compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono. Muchos de estos compuestos contienen también hidrógeno. Pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero (véase aquí arriba) en la atmósfera. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo están también relacionados con el agotamiento de la capa de ozono. Algunos tipos de halocarbonos específicos son: los CFC (clorofluorocarbonos), que contienen sólo cloro, flúor y carbono; los HCFC (hidroclorofluorocarbonos), que contienen también hidrógeno; los HFC (hidrofluorocarbonos), que contienen hidrógeno, flúor y carbono; y los halones, que contienen carbono, flúor y/o cloro, y bromo.

### Partes en el Anexo I

El Anexo I de la CMCC de las Naciones Unidas incluye en su alcance los países que eran miembros de la OCDE en 1992, los que están en transición a una economía de mercado y los de la Comunidad Económica Europea. La lista completa figura al final del Glosario.

### Perfil

Conjunto de concentraciones lentamente cambiante, que representa un posible recorrido hacia la estabilización. La palabra "perfil" se utiliza para distinguir dichos recorridos de los recorridos de las emisiones, a los que habitualmente se denomina "escenarios" (véase la definición).

### Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal de 1987 relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, posteriormente modificado en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995) y Montreal (1997), controla el consumo y producción de sustancias químicas que contienen cloro y bromo y que destruyen el ozono de la estratosfera.

### Sensibilidad del clima

En los informes del IPCC, el término "sensibilidad del clima" suele referirse al cambio que llega a experimentar (en condiciones de equilibrio) la media mundial de la temperatura del aire cerca de la superficie a raíz de una duplicación de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. En términos más generales, define el cambio de la temperatura del aire cerca de la superficie, en condiciones de equilibrio, a raíz de un cambio unitario (°C/W m<sup>-2</sup>) en el forzamiento radiativo (véase este término) en la cima de la troposfera (véase este término).

### Tropopausa

Frontera entre la troposfera y la estratosfera (véanse también estos dos términos).

### Troposfera

Parte inferior de la atmósfera, comprendida entre la superficie y unos 10 km de altitud en latitudes medias (variando, en promedio, entre unos 9 km en latitudes altas y unos 16 km en los trópicos), en que se encuentran las nubes y se producen los fenómenos "meteorológicos". Se define la troposfera como la región en que las temperaturas suelen disminuir con la altitud.

## PARTES EN EL ANEXO I DE LA CMCC

Alemania	Federación de Rusia	Nueva Zelanda
Australia	Finlandia	Países Bajos
Austria	Francia	Polonia
Belarús	Grecia	Portugal
Bélgica	Hungría	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Bulgaria	Islandia	Rumania
Canadá	Irlanda	Suecia
Comunidad Económica Europea	Italia	Suiza
Checoslovaquia	Japón	Turquía
Dinamarca	Letonia	Ucrania
España	Lituania	
Estados Unidos de América	Luxemburgo	
Estonia	Noruega	

# Apéndice 5

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ADPEI	Asociación de pequeños Estados insulares	<b>Abreviaturas utilizadas para denotar propuestas de limitación de emisiones formuladas por diversas Partes:</b>	
CFC	Clorofluorocarbonos	ADPEI	Asociación de pequeños Estados insulares
CMCC	Convención Marco sobre el Cambio Climático (de las Naciones Unidas)	AT	Austria
CP	Conferencia de las Partes (en la CMCC de las Naciones Unidas)	BE	Bélgica
Dn80s	Emisiones netas por cambio de utilización de las tierras promediadas sobre el decenio de 1980. Dn = desforestación neta	CH	Suiza
g.e.i./GEI	Gases de efecto invernadero	DE	Alemania
GAHMB	Grupo Ad Hoc sobre el Mandato de Berlín (de la CMCC de las Naciones Unidas)	DK	Dinamarca
GTI, II, y III	Grupos de trabajo I, II y III del IPCC	EU	Unión Europea
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos	FR	Francia
HFC	Hidrofluorocarbonos	NL	Países Bajos
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	UK	Reino Unido
IS92	Escenarios de emisiones del IPCC definidos en el Informe Suplementario a la Evaluación Científica del IPCC (1992)	ZR	Zaire (actualmente, República Democrática del Congo)
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos	<b>Símbolos químicos</b>	
OCLRE	Objetivos Cuantificados de Limitación y Reducción de Emisiones	Br	Bromo atómico
OMM	Organización Meteorológica Mundial	CFC-11	CFCl <sub>3</sub> , o equivalentemente CCl <sub>3</sub> F (triclorofluorometano)
OSACT	Órgano subsidiario de asesoramiento científico y tecnológico (de la CMCC de las Naciones Unidas)	CFC-12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , o equivalentemente CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (diclorodifluorometano)
PCM	Potencial de calentamiento mundial	CH <sub>4</sub>	Metano
Perfiles S	Perfiles de concentración de CO <sub>2</sub> conducentes a la estabilización, definidos en el Informe IPCC 1994 (Schimel <i>et al.</i> , 1995) y Enting <i>et al.</i> (1994)	Cl	Cloro atómico
Perfiles WRE	Perfiles de concentración conducentes a la estabilización definidos en Wigley <i>et al.</i> (1996)	CO	Monóxido de carbono
PFC	Perfluorocarbono	CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
PNB	Producto nacional bruto	HCFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>
SIE	Segundo Informe de Evaluación del IPCC	HCFC-22	CF <sub>2</sub> HCl (clorodifluorometano)
TP	Documento Técnico del IPCC (Technical Paper)	N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
UE	Unión Europea	NO	Monóxido de nitrógeno
		NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
		NO <sub>x</sub>	Suma de NO y NO <sub>2</sub>
		O <sub>3</sub>	Ozono
		OH	Hidroxilo
		S	Azufre atómico
		SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre
		SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ion sulfato

# Apéndice 6

## UNIDADES

### Unidades SI (Sistema Internacional)

Cantidad física	Nombre de la Unidad	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
temperatura termodinámica	kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol

Fracción	Prefijo	Símbolo	Múltiplo	Prefijo	Símbolo
10 <sup>-1</sup>	deci	d	10	deca	da
10 <sup>-2</sup>	centi	c	10 <sup>2</sup>	hecto	h
10 <sup>-3</sup>	milli	m	10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>-9</sup>	nano	n	10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>-12</sup>	pico	p	10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>-15</sup>	femto	f	10 <sup>15</sup>	peta	P
10 <sup>-18</sup>	atto	a			

### Nombre y símbolos especiales para ciertas unidades derivadas del SI

Cantidad física	Nombre de la unidad del SI	Símbolo de la unidad del SI	Definición de la unidad
fuerza	newton	N	kg m s <sup>-2</sup>
presión	pascal	Pa	kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> (=N m <sup>-2</sup> )
energía	julio	J	kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
potencia	vatio	W	kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> (=Js <sup>-1</sup> )
frecuencia	hertz	Hz	s <sup>-1</sup> (ciclos por segundo)

### Fracciones decimales y múltiplos de unidades del SI con denominaciones especiales

Cantidad física	Nombre de la unidad del SI	Símbolo de la unidad del SI	Definición de la unidad
longitud	ångstrom	Å	10 <sup>-10</sup> m = 10 <sup>-8</sup> cm
longitud	micrón	μm	10 <sup>-6</sup> m
área	hectárea	ha	10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
fuerza	dyne	dyn	10 <sup>5</sup> N
presión	bar	bar	10 <sup>5</sup> N m <sup>-2</sup> = 10 <sup>5</sup> Pa
presión	milibar	mb	10 <sup>2</sup> N m <sup>-2</sup> = 1 Pa
peso	tonelada	t	10 <sup>3</sup> kg

### Otras unidades

°C grados Celsius (0°C = ~273 K)  
Se indican también en °C (=K) las diferencias de temperatura, en lugar de utilizar la forma más correcta "grados Celsius"

ppmv partes por millón (10<sup>6</sup>) en volumen  
ppbv partes por millardo (10<sup>9</sup>) en volumen  
pptv partes por billón (10<sup>12</sup>) en volumen  
bn millardo (mil millones)  
bp (años) antes de la fecha actual  
kpb miles de años antes de la fecha actual  
mbp millones de años antes de la fecha actual

Las unidades de masa adoptadas en el presente informe son generalmente aquellas que forman parte del uso común, y deliberadamente no han sido armonizadas; por ejemplo:

kt kilotoneladas  
GtC gigatoneladas de carbono (1 GtC = 3.7 Gt dióxido de carbono)  
PgC petagramos de carbono (1PgC = 1 GtC)  
MtN megatoneladas de nitrógeno  
tC toneladas de carbono  
TgC teragramos de carbono (1TgC = 1 MtC)  
TgN teragramos de nitrógeno  
TgS teragramos de azufre



# Apéndice 7

---

## AFILIACIÓN DE LOS AUTORES PRINCIPALES

Tom M. L. Wigley  
Atul K. Jain  
Fortunat Joos  
Buruhani S. Nyenzi  
P. R. Shukla

Centro Nacional para la Investigación Atmosférica  
Universidad de Illinois  
Universidad de Berna  
Junta de Meteorología  
Instituto Indio de Gestión

EE.UU.  
EE.UU.  
Suiza  
República Unida de Tanzania  
India

# Apéndice 8

## LISTA DE PUBLICACIONES DEL IPCC

### I. PRIMER INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC (1990)

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

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

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

### II. SUPLEMENTO DEL IPCC (1992)

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

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

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

**Informe del Cursillo de Estudios Nacionales del IPCC, 1992.**

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

### III. INFORME ESPECIAL DEL IPCC, 1994

- a) **Directrices de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero** (3 volúmenes), 1994 (*también en chino, francés, inglés y ruso*).
- b) **Directrices técnicas del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación, 1994** (*también en árabe, chino, francés, inglés y ruso*).

- c) **CAMBIO CLIMÁTICO 1994 — Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC.**

### IV. SEGUNDO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC, 1995

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

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

### V. INFORME ESPECIAL DEL IPCC, 1995

**Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (3 volúmenes), 1995.**

### VI. DOCUMENTOS TÉCNICOS DEL IPCC

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

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

**Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub> — Documento Técnico 4 del IPCC** (*también en francés e inglés*).

# Procedimientos del IPCC para la preparación, examen y publicación de sus documentos técnicos

AtEn su undécima reunión (Roma, 11-15 de diciembre de 1995), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático adoptó por consenso los siguientes procedimientos para la preparación de documentos técnicos.

Los documentos técnicos del IPCC se preparan sobre temas en que se considera esencial una perspectiva científico/técnica internacional independiente.

- a) Se basan en material que se encuentra ya en informes de evaluación e informes especiales del IPPCC;
- b) se inician: i) atendiendo una petición formal de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático o sus órganos subsidiarios y aceptada por la Mesa del IPCC; o ii) por decisión del Grupo;
- c) se preparan por un equipo de autores, que comprenden un autor principal coordinador, elegido por la Mesa del IPCC de conformidad con las directrices de la selección de autores principales contenidas en los procedimientos del IPCC;\*
- d) se someten en forma de proyecto para el examen simultáneo por expertos y gobiernos, al menos cuatro semanas antes de la recepción de los comentarios;
- e) son revisados por los autores principales sobre la base de los comentarios examinados en la fase anterior;
- f) se someten a los gobiernos para el examen final al menos cuatro semanas antes de la recepción de los comentarios;
- g) son ultimados por los autores principales, en consulta con la Mesa del IPCC que cumple la función de comité de redacción, sobre la base de los comentarios recibidos; y

- h) en caso necesario, según determine la Mesa del IPCC, se incluirán en un anexo opiniones, basadas en comentarios hechos durante el examen final de los gobiernos, no reflejadas debidamente en el documento.

Los documentos técnicos se ponen a disposición de la Conferencia de las Partes o de su órgano subsidiario, en respuesta a su petición, y luego se difunden. Cuando los documentos técnicos corresponden a una iniciativa del grupo se publican con carácter general. En ambos casos, en los documentos técnicos del IPCC se resalta al comienzo:

“Este es un documento técnico del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático preparado en respuesta a una [petición de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático]/ [decisión del Grupo]. El material que contiene ha sido examinado por expertos y gobiernos, pero no considerado por el Grupo para su posible aceptación o aprobación.”

- 
- \* La preparación del primer proyecto de informe deben realizarla autores principales designados por la Mesa del Grupo de trabajo pertinente entre los expertos citados en las listas proporcionadas por todos los países y organizaciones participantes, teniendo debidamente en cuenta los conocidos por sus publicaciones o su obra. En la medida de lo posible, la composición del Grupo de autores principales para una sección de un informe reflejará un justo equilibrio entre diferentes puntos de vista que la Mesa del Grupo de trabajo pueda esperar razonablemente, y en él deberá figurar al menos un experto de un país en desarrollo.