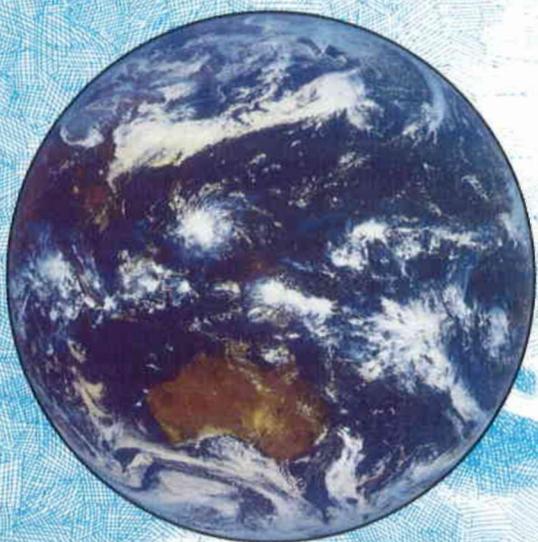




CAMBIO CLIMATICO:

Las evaluaciones del IPCC
de 1990 y 1992



Organización Meteorológica Mundial/
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE
LOS CAMBIOS CLIMATICOS



OMM



PNUMA

CAMBIO CLIMATICO:

Las Evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992

Primer Informe de Evaluación del IPCC
Resumen General y los Resúmenes para Responsables de Políticas
y
Suplemento de 1992 del IPCC

Junio de 1992

Publicado gracias al apoyo de:

Australia	Austria
Canadá	Francia
Alemania	Japón
Países Bajos	Noruega
España	Reino Unido
Estados Unidos de América	



OMM



PNUMA

© Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático 1992
Impreso en Canadá

Cambio Climático: Las evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992

1. Cambios climáticos

I. Título II. IPCC

ISBN: 0-662-02218 -1



Este papel contiene como mínimo 60% de fibras recicladas,
incluyendo 10% de fibras postconsumidor.

AGRADECIMIENTOS

Fotografías de la cubierta

Imagen superior

Foto a color compuesta del satélite GOES en el momento de utilizar sus canales visibles y de rayos infrarrojos. Esta imagen fue creada por Data Integration Division, Climate Adaptation Branch, Canadian Climate Centre.

Imagen del medio

Imagen completa de un satélite de disco global (Canal visible 2) para el 4 de septiembre de 1983, reproducida con la autorización de EUMETSAT.

Imagen inferior

Vista completa del globo terráqueo en la que se muestran patrones de nubes sobre la región australiana el 19 de febrero de 1991, del Satélite Geoestacionario Japones (GMS4). Esta imagen es un compuesto de información – a color mejorado – de información obtenida a través canales visibles e infrarrojos. Ha sido producida por Australian Centre for Remote Sensing of the Australian Survey and Land Information Group.

**Notas*

España – Instituto Nacional de Meteorología

INDICE GENERAL

Prólogo.....	vii
Preámbulo	ix
Suplemento de 1992 del IPCC.....	1
Primer Informe de Evaluación del IPCC	53
Resumen General	57
Resumen del Grupo de Trabajo I destinado a los responsables de políticas (Evaluación científica del cambio climático)	71
Resumen del Grupo de Trabajo II destinado a los responsables de políticas (Impactos potenciales del cambio climático)	96
Resumen del Grupo de Trabajo III destinado a los responsables de políticas (Formulación de estrategias de respuesta).....	128
Resumen del comité especial del IPCC para la participación de los países en desarrollo	167

PROLOGO

La Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, junto con el Consejo Internacional de Uniones Científicas, al establecer el Programa Mundial sobre el Clima después de la Conferencia Mundial sobre el Clima, que tuvo lugar en 1979, indicaron su decisión de continuar realizando estudios sobre el clima y sobre el cambio climático. En la Conferencia Internacional sobre la Evaluación del Papel del Anhídrido Carbónico y de Otros Gases de Efecto Invernadero en las Variaciones Climáticas e Impactos Conexos (Villach, Austria, 1985) las actividades comunes de ambas organizaciones alcanzaron una etapa en la que era necesario tomar una decisión, y los resultados de esta Conferencia así como de las reuniones posteriores que se celebraron sobre el tema sentaron la base de las actividades para el estudio del calentamiento mundial que se están llevando a cabo actualmente a nivel internacional. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos (IPCC), que fue creado conjuntamente por nuestras dos organizaciones en 1988, bajo la presidencia del Profesor Bert Bolin, ha sido uno de los órganos que más ha contribuido a dichas actividades.

El Grupo de Expertos creó tres grupos de trabajo encargados de:

- a) evaluar la información científica disponible sobre el cambio climático (Grupo de Trabajo I);
- b) evaluar los impactos del cambio climático sobre el medio ambiente y sobre las actividades sociales y económicas (Grupo de Trabajo II); y
- c) formular estrategias de respuesta (Grupo de Trabajo III);

y nombró un Comité Especial para la participación de los países en desarrollo destinado a fomentar la participación de estos países en sus actividades.

El Primer Informe de Evaluación del IPCC fue concluido en agosto de 1990 y consta de las partes siguientes: el Resumen General, la evaluación científica del IPCC, la evaluación de impactos del IPCC, las estrategias de respuesta del IPCC (las tres últimas incluyen los resúmenes respectivos destinados a los responsables de políticas) y el resumen del Comité Especial para la participación de los países en desarrollo destinado a los responsables de políticas. El Informe constituye ahora un documento de referencia usual, utilizado por gran número de responsables de políticas, científicos y otros expertos, y es el resultado del esfuerzo coordinado importante realizado por centenares de especialistas del mundo entero.

El IPCC, considerando que sería necesario disponer de información actualizada sobre el cambio climático en el contexto de las negociaciones sobre la Convención General sobre los Cambios Climáticos y de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, junio de 1992) y en función de las atribuciones que le dieron los órganos rectores de nuestras dos organizaciones, pidió, en marzo de 1991, a sus tres grupos de trabajo que preparasen versiones actualizadas de sus informes de 1990. El resultado de esa actualización es el Suplemento del IPCC de 1992, que fue preparado en febrero de 1992; dicho volumen contiene el Suplemento y el Resumen General y los resúmenes de 1990 destinados a los responsables de políticas.

El éxito obtenido en la preparación del Suplemento ha sido posible gracias al entusiasmo sincero y a la labor intensa que han realizado científicos y otros expertos del mundo entero, cuya participación en las actividades del IPCC admiramos, alabamos y agradecemos. Queremos aprovechar esta ocasión para expresar nuestro agradecimiento al Prof. Bolin por la forma ejemplar en que ha dirigido las labores del IPCC. Asimismo queremos felicitar a los presidentes de los tres grupos de trabajo del IPCC, Sir John Houghton (Grupo de Trabajo I), Prof. Yuri A. Izrael (Grupo de Trabajo II) y Sr. Robert A. Reinstein (Grupo de Trabajo III) por la labor óptima que han realizado.

Agradecemos al consorcio de 12 gobiernos que han contribuido financieramente a la publicación del presente documento.

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

M.K. Tolba
Director Ejecutivo
Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente

PREAMBULO

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los cambios climáticos (IPCC), que he tenido el honor de presidir desde su creación, ha terminado una evaluación completa de la cuestión del cambio climático en 1990 y una actualización de dicha evaluación en febrero de 1992. El Grupo de Expertos va a realizar, de aquí a mediados de los años 90, otra evaluación completa, en función de las atribuciones que le asignaron sus órganos patrocinadores, la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

El Suplemento es una actualización de las cuestiones más importantes que fueron tratadas en la evaluación del IPCC de 1990. En marzo de 1991, el IPCC eligió seis tareas que decidió incluir en el Suplemento, después de tomar en consideración los puntos de vista expresados por una serie de países durante la primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación de una Convención General sobre los Cambios Climáticos (CIN).

Durante el último año, se ha puesto de relieve que es de fundamental importancia disponer de metodologías comunes o coherentes para estudiar una serie de aspectos del cambio climático que se puedan aplicar uniformemente en los diversos países y que, por consiguiente, permitan compararse entre sí. Metodologías, por ejemplo, para evaluar las emisiones nacionales netas de gases de efecto invernadero, para realizar evaluaciones nacionales de los impactos sobre el medio ambiente, para evaluar la vulnerabilidad de cada país a un aumento del nivel del mar. Se han empezado a elaborar estos métodos, y durante los próximos años se prestará especial importancia a este proceso.

Como es sabido, existe una serie de incertidumbres en las estimaciones del IPCC sobre el calentamiento climático; el Grupo de Expertos ni lo ha ocultado ni lo ha ignorado. El Grupo ha hecho todos los esfuerzos posibles, y continuará haciéndolos, para evaluar tanto el carácter cualitativo como cuantitativo de estas incertidumbres. En esta tarea, el IPCC acoge positivamente las apreciaciones críticas que sobre sus conclusiones formulen todos los interesados en la cuestión. Además, el Grupo invita a que participen activamente todos los científicos y expertos que estén en desacuerdo con sus resultados y les ruega que presenten detalladamente sus análisis científicos exponiendo sus propios puntos de vista.

Sin el volumen enorme de trabajo realizado por una serie de científicos y de expertos de numerosas partes del mundo, incluyendo los países en desarrollo, no habría sido posible terminar la evaluación de 1990 ni el Suplemento de 1992. Aprovecho esta ocasión para dar las gracias a cada uno personalmente por su ayuda. Espero que haya sido para ellos una experiencia apasionante, aunque un poco agotadora, y que tal vez en el futuro les parezca que vale la pena continuar aportando su ayuda a la labor del IPCC.

Transmito especialmente mi agradecimiento a los presidentes de los tres grupos de trabajo del IPCC y del Comité Especial para la Participación de los Países en Desarrollo, a sus vicepresidentes, a los copresidentes de los subgrupos y a los autores principales. El éxito de cada una de las actividades del IPCC ha sido posible gracias en gran parte, a su colaboración de cada uno de ellos.

También quisiera expresar mi agradecimiento a los dos Jefes Ejecutivos de las organizaciones patrocinadoras y a los gobiernos que han facilitado su apoyo, tanto moral como en efectivo y en especie.

Por último, quisiera dar también las gracias al Sr. N. Sundararaman, Secretario del IPCC, al Sr. S. Tewungwa y al personal de la Secretaría del IPCC, cuyo empeño ha permitido, en gran medida, terminar a tiempo las tareas del IPCC.

B. Bolin
Presidente del
Grupo Intergubernamental de
Expertos sobre los Cambios Climáticos

Suplemento de 1992 del IPCC

INDICE

SECCION I - INTRODUCCION	5
SECCION II - EVALUACION CIENTIFICA.....	6
SECCION III - EVALUACION DE IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMATICO	26
SECCION IV - CUESTIONES RELACIONADAS CON LA ENERGIA Y LA INDUSTRIA.....	32
SECCION V - CUESTIONES RELACIONADAS LA AGRICULTURA Y LA SILVICULTURA	37
SECCION VI - VULNERABILIDAD A LA ELEVACION DEL NIVEL DEL MAR.....	41
SECCION VII - RESEÑA DEL RESUMEN DE 1990 DEL COMITE ESPECIAL DEL IPCC SOBRE LA PARTICIPACION DE LOS PAISES EN DESARROLLO DESTINADO A LOS RESPONSABLES DE POLITICAS	47
SECCION VIII - RESUMEN DE LOS COMENTARIOS Y CUESTIONES QUE DEBEN EXAMINARSE MAS DETENIDAMENTE PLANTEADOS EN LA SEPTIMA REUNION DEL IPCC	49
LISTA DE SIGLAS Y DE SIMBOLOS QUIMICOS	51

SECCION I - INTRODUCCION

En su quinta reunión (Ginebra, marzo de 1991), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos (IPCC), en el marco de sus actividades a corto plazo para actualizar su Primer Informe de Evaluación (agosto de 1990), decidió examinar las seis tareas siguientes:

Tarea 1: Evaluación de las emisiones netas de gases de efecto invernadero:

Subsección 1: Fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero;

Subsección 2: Potencial de calentamiento mundial.

Tarea 2: Predicciones de la distribución regional del cambio climático y estudios de impacto conexos, incluidos los estudios de validación de modelos:

Subsección 1: Actualización de los modelos climáticos regionales;

Subsección 2: Análisis de la sensibilidad al cambio climático regional;

Tarea 3: Cuestiones relacionadas con la energía y la industria;

Tarea 4: Cuestiones relacionadas con la agricultura y la silvicultura;

Tarea 5: Vulnerabilidad al aumento del nivel del mar;

Tarea 6: Escenarios de emisiones.

Cada Grupo de trabajo presentó como documentación un suplemento al Primer Informe de Evaluación del IPCC de 1990, así como documentación de apoyo. Los suplementos, preparados por los subgrupos, han sido examinados detenidamente y aprobados por reuniones plenarias de duración abierta de los tres grupos de trabajo. Los grupos de trabajo, los subgrupos y los autores principales están preparando la documentación de apoyo, cuya idoneidad ha sido y será analizada detenidamente.

El IPCC, en su séptima reunión (Ginebra, 10-12 de febrero de 1992), tomó nota con agrado de la dedicación de muchos científicos en la preparación de los informes y de los documentos de apoyo, considerando especialmente el lapso de tiempo tan corto disponible para su preparación. El IPCC examinó e incluyó los informes presentados por los grupos de trabajo en el suplemento de 1992. El IPCC pidió que, en la medida de lo posible, se suprimiese cualquier incoherencia que existiese entre los informes de los grupos de trabajo. Las demás

incoherencias se irán examinando en la labor futura. El Grupo señaló que los informes suplementarios consisten en un examen general de la labor realizada y que los documentos de apoyo facilitan abundante información complementaria detallada. El Grupo pidió que se distribuyesen estos documentos lo antes posible. Durante la séptima reunión del Grupo se debatieron cuestiones que interesan a los tres grupos de trabajo, así como otros aspectos planteados por miembros del IPCC, especialmente cuestiones que requieren las actividades futuras. Todos estos comentarios figuran en la Sección VIII del Suplemento.

La publicación del Suplemento de 1992 completa la labor a corto plazo sobre las seis tareas que fueron aprobadas por el IPCC en su quinta reunión. En dicha reunión se decidió también que estas tareas debían seguir estudiándose a largo plazo, actividad que continúa en la actualidad.

SECCION II - EVALUACION CIENTIFICA

TAREA 1: Evaluación de emisiones nacionales netas de gases de efecto invernadero y sus repercusiones

TAREA 2: Predicciones de la distribución regional del cambio climático y estudios de impacto conexos, incluidos los estudios sobre validación de modelos (parte relativa a predicciones de la distribución regional del cambio climático, incluidos los estudios de validación de modelos)

TAREA 6: Escenarios de emisiones

Por el grupo de trabajo I

TAREAS ACTUALES

La quinta reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos (Ginebra, marzo de 1991) asignó a sus tres grupos de trabajo seis tareas en el marco de las actividades en curso. Si bien fue necesaria la cooperación entre los tres grupos para terminar con éxito esta labor, el Grupo de trabajo sobre evaluación científica (GEC) se encargó en particular de las tareas 1, 2 y 6:

Tarea 1: Evaluación de las emisiones netas de gases de efecto invernadero;

Subsección 1: Fuentes y sumideros de los gases de efecto invernadero;

Subsección 2: Potenciales de calentamiento mundial.

Tarea 2: Predicción de la distribución regional del cambio climático y estudios sobre los efectos conexos; incluidos los estudios de validación de modelos.

Tarea 6: Escenarios de emisiones.

Las tareas fueron divididas en componentes a largo y a corto plazo. La finalidad del plan de trabajo a corto plazo, de cuyos resultados se da cuenta en el presente documento, era actualizar la evaluación científica de 1990 realizada por el IPCC, abordando algunos de los temas fundamentales de dicho informe. Este informe actualizado es, por definición, menos completo que la evaluación de 1990: no aborda, por ejemplo, el tema de la elevación del nivel del mar por causas diferentes de la dilatación térmica. Las conclusiones de esta actualización deberán interpretarse en esta perspectiva.

Para poder tomar en consideración el mayor número de nuevos elementos disponibles, este informe de evaluación debería examinar necesariamente resultados recientes que todavía no han sido sometidos al habitual examen entre colegas, o que están en esa situación. En esos casos se ha tenido en cuenta que los resultados son de carácter provisional.

En el Anexo a este Suplemento figura un breve informe sobre la elaboración de directrices para constituir inventarios nacionales de las emisiones de gases de efecto invernadero.

PRINCIPALES CONCLUSIONES

La investigación científica que se ha llevado a cabo desde 1990 no ha modificado nuestra comprensión fundamental de los mecanismos científicos que rigen el efecto invernadero. Estos nuevos resultados confirman las principales conclusiones del primer informe de evaluación o no justifican que se modifiquen; cabe destacar los siguientes:

- las emisiones procedentes de las actividades humanas aumentan de manera considerable las concentraciones atmosféricas de los gases que producen efecto invernadero: anhídrido carbónico, metano, clorofluorocarbonos y óxido nítrico;
- los estudios de modelización, las observaciones y los análisis de sensibilidad indican que el aumento de la temperatura media mundial en superficie que resultaría de una duplicación del CO₂ sería probablemente de entre 1,5° y 4,5°C;
- nuestras predicciones contienen muchas incertidumbres sobre todo con respecto al ritmo, a la magnitud y a las patrones regionales del cambio climático debido a que nuestra comprensión es incompleta;
- durante los últimos 100 años, la temperatura media mundial del aire en superficie ha aumentado entre 0,3 y 0,6 °C;
- aunque la magnitud de este calentamiento concuerda ampliamente con las predicciones de los modelos climáticos, concuerda también con el margen de variabilidad natural del clima. Así pues, el aumento observado podría obedecer en gran medida a esta variabilidad natural; por otra parte, dicha variabilidad y otros factores humanos pueden haber contrarrestado un calentamiento todavía mayor debido al efecto invernadero causado por el hombre;

- hasta dentro de un decenio o más no se podrá determinar con certeza, sobre la base de las observaciones, si se ha intensificado el efecto de invernadero.

También hay nuevas conclusiones importantes, que se mencionan a continuación:

Gases y aerosoles

- El agotamiento del ozono en la estratosfera inferior, en las latitudes medias y altas, produce una disminución del forzamiento radiativo cuya magnitud se considera comparable a la contribución de los clorofluorocarbonos al forzamiento radiativo (media global) durante el último decenio aproximadamente.
- También es posible que, durante los últimos decenios, el efecto de enfriamiento de los aerosoles* causado por las emisiones de azufre haya compensado de manera considerable el calentamiento por efecto invernadero en el hemisferio norte. Este fenómeno ya se mencionó en el informe de 1990, pero se ha avanzado en lo que respecta a la cuantificación de este efecto.
- El potencial de calentamiento global (GWP) continúa siendo un concepto útil pero su utilidad práctica, en relación con muchos gases, depende de la debida cuantificación de los efectos indirectos y directos. Reconocemos hoy que hay cada vez más incertidumbres en el cálculo de ese valor, sobre todo para los componentes indirectos y, aunque es probable que los GWP indirectos sean importantes para algunos gases, las estimaciones numéricas de este informe suplementario se limitan a los valores directos.
- Mientras que las concentraciones atmosféricas de muchos gases de efecto invernadero han aumentado a mayor o igual ritmo, las concentraciones de metano y de algunos compuestos halogenados aumentan más lentamente.
- Algunos datos indican que las emisiones mundiales de metano procedentes de los arrozales pueden ser menores de lo calculado previamente.

Escenarios

- Se ha empezado a analizar de forma más completa las relaciones entre las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y diferentes hipótesis y proyecciones socioeconómicas. Se ha preparado una serie de escenarios actualizados que se utilizarán en estudios de modelización, que

describen una amplia gama de posibles emisiones futuras en caso de que no se adopten medidas coordinadas para hacer frente al cambio climático.

Modelización

- Los modelos climáticos mejoran continuamente, tanto en realismo físico como a la hora de simular el clima actual a gran escala, y se están elaborando nuevas técnicas para la simulación de climas regionales.
- Las simulaciones transitorias (en función del tiempo) realizadas con modelos del conjunto océano-atmósfera (modelos CGCM), que no toman en consideración ni los aerosoles ni las variaciones del ozono, indican un ritmo de calentamiento mundial que concuerda, dentro del margen de incertidumbre, con los 0,3°C por decenio señalados por el IPCC (1990) para el escenario A de emisión de gases de efecto invernadero.
- La repartición geográfica del calentamiento en gran escala obtenida de los modelos de estado transitorio CGCM es en general similar a la predicha por los primeros modelos de equilibrio, con la salvedad de que las simulaciones de estado transitorio indican un calentamiento menor sobre el norte del Atlántico Norte y sobre los océanos australes cercanos a la Antártida.
- Los CGCM son capaces de reproducir algunas características de la variabilidad atmosférica en períodos de diez años.
- Nuestro conocimiento de algunas retroacciones climáticas ha progresado, así como su incorporación en los modelos. En particular, ha quedado algo más clara la función del vapor de agua en la troposfera superior. El papel de otros procesos, en especial los efectos de las nubes, sigue sin determinarse.

Observaciones climáticas

- Las temperaturas medias, anormalmente elevadas, registradas en la superficie del globo en los últimos años 1980 persistieron en 1990 y en 1991, que son los años más calurosos registrados.
- Se ha observado que el calentamiento medio, en varias regiones continentales de latitud media del hemisferio norte, se ha caracterizado mucho más por un aumento de las temperaturas mínimas (nocturnas) que de las temperaturas máximas (diurnas).

* La definición científica de "aerosol" se refiere a una partícula o acumulación de partículas; sin embargo, la palabra se ha asociado, erróneamente, con el propulsor que se utiliza en los vaporizadores de aerosol. En este informe, el término "aerosol" tendrá el significado de partícula o partículas en el aire.

- Los datos de radiosondas indican que la troposfera inferior se ha calentado durante los últimos decenios. Como no es posible evaluar tendencias significativas durante períodos tan breves como un decenio, las divergencias entre las tendencias de cenales de la temperatura del aire deducidas de datos de satélites y las deducidas de datos de superficie no pueden confirmarse, ya que estadísticamente es imposible distinguir ambas tendencias.
- La erupción volcánica del Monte Pinatubo en 1991 debería en principio provocar un calentamiento transitorio de la estratosfera. Debido a otras influencias naturales, es menos seguro que en los próximos años se produzca un enfriamiento de la superficie y de la troposfera.
- El calentamiento medio observado en el hemisferio norte durante los últimos 40 años no ha sido uniforme, y se ha caracterizado por variaciones estacionales y geográficas considerables; este calentamiento ha sido especialmente lento, o bien no se ha producido, en el Atlántico noroccidental extratropical.
- La concordancia entre las observaciones de los cambios de la temperatura mundial durante el pasado siglo y las simulaciones mediante modelos del calentamiento debido a los gases de efecto invernadero durante el mismo período es mayor si se tiene en cuenta el efecto de enfriamiento, del que cada vez hay más pruebas, causado por los aerosoles de sulfatos y el agotamiento del ozono estratosférico.

Estas conclusiones tienen una incidencia en las futuras proyecciones del calentamiento mundial y, en cierta medida, modifican la tasa de calentamiento estimado de 0,3°C por decenio según el escenario A de emisión de gases de efecto invernadero que figura en el Primer Informe de Evaluación del IPCC (1990). Si las emisiones de azufre siguen aumentando, es probable que el ritmo de calentamiento se reduzca considerablemente en el hemisferio norte, en una proporción que dependerá de la magnitud y de la distribución regional de las emisiones. Dado que los aerosoles de sulfatos permanecen muy poco tiempo en la atmósfera, su efecto en el calentamiento mundial se ajusta rápidamente al aumento o disminución de las emisiones. Además cabe señalar que, si bien las emisiones de azufre contrarrestan parcialmente el calentamiento debido al efecto invernadero, también son responsables de la lluvia ácida y de otros efectos medioambientales. Asimismo, es probable que, durante los próximos decenios, haya una pequeña reducción neta de la tasa de calentamiento mundial debido a la disminución del ozono estratosférico, parcialmente compensada por el aumento del ozono troposférico.

La investigación que se ha llevado a cabo desde la evaluación del IPCC de 1990 ha permitido delimitar mejor las principales incertidumbres. Continúa siendo necesario intensificar el control (monitorización) y la investigación en el campo de los procesos climáticos y de su modelización. Para ello, se debe, en particular, reforzar la colaboración internacional a través del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) y el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC).

¿Cómo funciona el sistema climático, y qué información necesitamos para evaluar los cambios futuros?

• ¿Cómo funciona el sistema climático?

La superficie terrestre absorbe la mayor parte de la radiación solar. Luego la atmósfera y los océanos vuelven a distribuir dicha energía, que vuelve a ser irradiada al espacio como radiación de mayor longitud de onda (“térmica”, “terrestre” o “infrarroja”). Parte de la radiación térmica es absorbida por los gases radiativamente activos (“de efecto invernadero”) presentes en la atmósfera, principalmente el vapor de agua, pero también el anhídrido carbónico, el metano, los CFC, el ozono y otros gases de efecto invernadero. La energía absorbida vuelve a ser irradiada en todas direcciones (tanto hacia arriba como hacia abajo), con lo que la radiación que acaba disipándose en el espacio proviene de las capas más altas y más frías de la atmósfera (véase el diagrama). El resultado es que, con la presencia de gases de efecto invernadero, hay una menor pérdida de calor desde la superficie de la Tierra, que se mantiene más caliente de lo que

ocurriría si no existieran dichos gases. Este fenómeno, cuyo efecto se asemeja al de un “manto” alrededor de la Tierra, se conoce como efecto invernadero.

• ¿Qué factores pueden cambiar el clima?

Todo factor que altere la radiación recibida del sol o perdida hacia el espacio, o que altere la redistribución de energía en la atmósfera o entre la atmósfera, las tierras y el océano, afectará al clima.

Se sabe que la energía emitida por el sol varía en pequeñas proporciones por ciclos de 11 años, y pueden existir también variaciones de período más largo. A escalas temporales de decenas a millares de años, lentas variaciones de la órbita terrestre han inducido cambios en las distribuciones estacional y latitudinal de la radiación solar, y estos cambios han contribuido en gran parte a controlar las variaciones del clima en tiempos pasados.

Si las concentraciones de los gases de efecto invernadero aumentan, el enfriamiento de la Tierra se hará de forma menos eficaz y la superficie, como la atmósfera inferior, tenderá a calentarse. La magnitud del calentamiento dependerá de la cantidad en

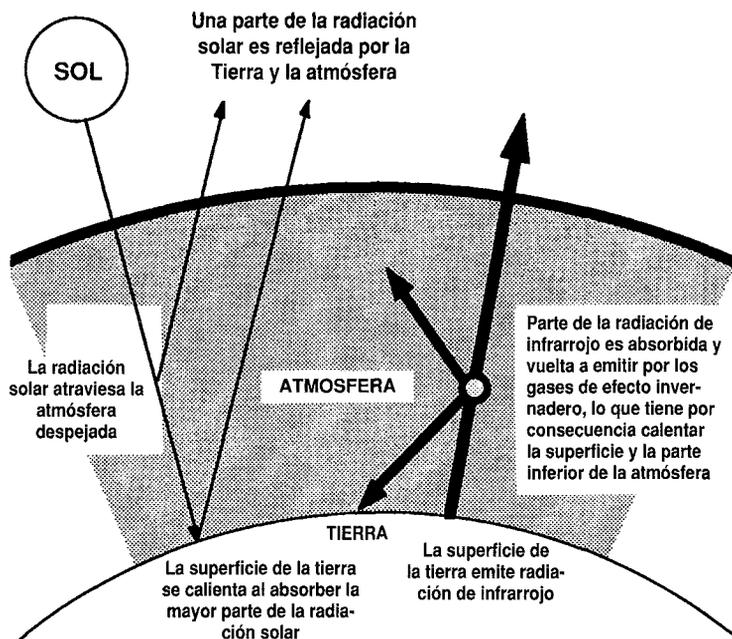
que aumente la concentración de cada gas de efecto invernadero, de las propiedades radiativas de los gases que intervienen en el proceso y de la concentración de otros gases de efecto invernadero que ya se encuentran en la atmósfera. También puede depender de efectos locales tales como la variación con la altura de la concentración del gas de efecto invernadero, a semejanza del vapor de agua, que no se mezcla de forma uniforme en la atmósfera. No se trata de un efecto sencillo, y el equilibrio entre estos factores depende de muchos aspectos del sistema climático.

Los aerosoles (pequeñas partículas) procedentes de erupciones volcánicas o de emisiones de sulfatos de diversos orígenes, entre otros industrial, pueden absorber y reflejar la radiación. Además, los cambios en las concentraciones de aerosoles pueden alterar la reflectividad de las nubes dado su efecto sobre las propiedades de las nubes. En la mayoría de los casos, los aerosoles tienen un efecto de enfriamiento. Puesto que generalmente tienen una vida mucho más corta que los gases de efecto invernadero, sus concentraciones responden mucho más rápido a los cambios en las emisiones.

Cualquier modificación del balance radiativo de la Tierra, incluida la que se debe a un aumento de

los gases de efecto invernadero o de los aerosoles, tenderá a alterar la temperatura del aire y del océano, y a alterar los regímenes de circulación y de los sistemas meteorológicos. Sin embargo, el clima varía de manera natural en todas las escalas temporales debido a factores tanto externos como internos. Para distinguir entre las variaciones climáticas ocasionadas por el hombre y los cambios naturales, es necesario determinar la "señal" que corresponde a la intervención del hombre frente al "ruido" de fondo de la variabilidad natural.

Para predecir los cambios climáticos que resulten de un aumento de los gases de efecto invernadero y de los aerosoles hay que empezar por evaluar las concentraciones futuras. Para ello es preciso conocer tanto la importancia de sus fuentes (naturales y humanas) como los mecanismos que rigen su eliminación de la atmósfera (sumideros). De ese modo, las proyecciones de las concentraciones futuras podrán utilizarse en los modelos climáticos para calcular la respuesta del clima. También tendremos que determinar si los cambios previstos serán o no apreciables con respecto a las variaciones naturales. Por último, las observaciones son esenciales para seguir de cerca los cambios climáticos, estudiar los procesos climáticos y contribuir a la elaboración de modelos y a la validación de sus resultados.



PROGRESOS CIENTIFICOS RECIENTES

¿COMO HA EVOLUCIONADO NUESTRA COMPRENSION DE LAS FUENTES Y SUMIDEROS DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE LOS AEROSOLES?

Durante los últimos 18 meses se han realizado progresos en nuestro conocimiento de los gases de efecto invernadero y de los aerosoles. Conocemos mejor desde el punto de vista

cuantitativo la distribución atmosférica, las tendencias, las fuentes y los sumideros de los gases de efecto invernadero, de sus precursores y de los aerosoles, así como los procesos que rigen su balance mundial.

Concentración y evolución en la atmósfera de los gases de efecto invernadero persistentes: Las concentraciones atmosféricas de los principales gases de efecto invernadero persistentes (anhídrido carbónico (CO₂), metano (CH₄),

óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbonos (CFC) y tetracloruro de carbono (CCl_4) continúan aumentando debido a las actividades humanas. Si bien la tasa de crecimiento de la mayoría de estos gases se ha mantenido estable o ha aumentado durante el último decenio, la de CH_4 y de algunos de los halocarbonos ha disminuido. Para el CH_4 ha bajado de unos 20 ppmv/año (partes por 1000 millones, en volumen), en los últimos años 1970, a posiblemente no más de 10 ppmv/año en 1989. Aunque se ha formulado una serie de hipótesis para explicar estas observaciones, ninguna de ellas es totalmente satisfactoria.

Concentración y evolución en la atmósfera de otros gases que influyen en el balance radiactivo: El ozono (O_3) es un gas de efecto invernadero muy activo tanto en la estratosfera como en la troposfera. Durante estos últimos 10 a 20 años, se ha observado una disminución considerable en la cantidad columna total de O_3 en todas las latitudes (salvo en los trópicos) en primavera, verano e invierno. La tendencia a la disminución ha sido mayor en los años 1980 que en los 1970. Esta disminución se ha observado sobre todo en la estratosfera inferior (por debajo de 25 km) donde la tasa de disminución ha sido de hasta un 10% por decenio según la altitud. Por otra parte, según los datos de las escasas estaciones ozonométricas existentes en las latitudes medias septentrionales, los niveles de O_3 en la troposfera, hasta 10 km de altitud, han aumentado aproximadamente en un 10% por decenio durante los dos últimos decenios. Además, al parecer, la cantidad de monóxido de carbono (CO) está aumentando en el hemisferio norte, aproximadamente en un 1% al año. Sin embargo, se dispone de poca información nueva sobre las tendencias globales de otros precursores de O_3 troposférico (hidrocarburos no metánicos (HCNM) y óxidos de nitrógeno (NO_x)).

Fuentes y sumideros de anhídrido carbónico: Las dos fuentes principales del aumento observado en el CO_2 atmosférico son el consumo de combustibles fósiles y los cambios en la explotación de las tierras; la producción de cemento es otra fuente importante.

Entre 1987 y 1989 hubo un aumento de las emisiones de CO_2 procedentes del consumo de combustibles fósiles. Los datos preliminares para 1990 no indican cambio con respecto a las de 1989. La estimación óptima de las emisiones mundiales de combustibles fósiles en 1989 y 1990 es de $6,0 \pm 0,5$ GtC*, frente a $5,7 \pm 0,5$ GtC en 1987 (IPCC, 1990). La liberación total estimada de carbono en forma de CO_2 emitida por los incendios de los pozos de petróleo de Kuwait en 1991 fue de 0,065 GtC, aproximadamente un 1% del total de las emisiones antropogénicas anuales.

El flujo neto directo de CO_2 resultante de los cambios de pautas en la explotación de las tierras (sobre todo, la deforestación), integrado con respecto al tiempo, depende de la superficie de las tierras deforestadas, de la tasa de repoblación forestal y de aforestación, de la densidad de

carbono de los bosques naturales y repoblados y del destino del carbono en la superficie y en el suelo. Tendrán que tenerse en cuenta éstos y otros factores para calcular las emisiones netas anuales, si bien existen grandes incertidumbres en nuestro conocimiento cuantitativo de estas emisiones. Desde que el IPCC redactó su informe de 1990, conocemos un poco mejor cuál es el ritmo de deforestación, por lo menos en Brasil. En base a un conjunto pormenorizado de datos de satélites de alta resolución espacial que abarca varios años, se ha podido calcular que la tasa media de deforestación del bosque amazónico del Brasil, entre 1978 y 1989, fue de 2.1 millones de hectáreas (Mha) anuales. Esta tasa aumentó entre 1978 y mediados del decenio de 1980 y ha disminuido a 1,4 Mha/año en 1990. La FAO, gracias a la información proporcionada por diferentes países, ha estimado recientemente que la tasa mundial de deforestación de los bosques de dosel cerrado y abierto de las regiones tropicales entre 1981 y 1990 ha sido de unos 17 Mha/año; es decir, aproximadamente un 50% superior a la registrada en el período de 1976 a 1980.

A pesar de la nueva información referente a la tasa de deforestación, las incertidumbres en la estimación de las emisiones de CO_2 son tan grandes que no hay ninguna razón de peso para revisar las estimaciones presentadas en el informe del IPCC en 1990, es decir un flujo neto medio anual a la atmósfera de $1,6 \pm 1,0$ GtC debido a modificaciones en la explotación de la tierra durante el decenio de 1980.

Desde el informe del IPCC de 1990, se ha prestado especial atención a entender los procesos que regulan la liberalización y la absorción de CO_2 tanto de la biosfera terrestre como de los océanos, y la cuantificación de los flujos. Basándose en los modelos y en la distribución atmosférica del CO_2 , parece que hay en la atmósfera un pequeño aumento neto de carbono procedente de la región ecuatorial, como consecuencia de la acción conjunta del CO_2 que se desprende de las aguas tropicales cálidas y un componente biosférico terrestre que es el residuo de la compensación entre fuentes (incluida la deforestación) y sumideros de gran flujo. Parece que hay un sumidero importante en el hemisferio norte, que contiene componentes tanto oceánicos como biosféricos terrestres y un sumidero menor en el hemisferio sur. La anterior estimación mundial del IPCC de un sumidero oceánico de $2,0 \pm 0,8$ GtC por año sigue siendo todavía aceptable. Los procesos biosféricos terrestres que, según se piensa, contribuyen a los sumideros son el secuestro causado por la regeneración forestal y la fertilización debida a los efectos del CO_2 y del N, pero ninguno de éstos puede cuantificarse debidamente. Esto quiere decir que todavía no se ha podido resolver la disparidad existente (de unas 1-2 GtC/año) entre las fuentes y los sumideros, – el “sumidero desconocido” –. Este hecho tiene consecuencias importantes para la estimación de las concentraciones atmosféricas futuras de CO_2 y para el análisis de la noción de “calentamiento potencial por efecto invernadero”.

* 1 GtC (gigatonelada de carbono) es igual a mil millones de toneladas de carbono.

Fuentes de metano: Puede deducirse una emisión total anual (antropogénica y natural) de CH_4 de alrededor de 500 Tg, tomando como base la magnitud de sus sumideros y su tasa de acumulación en la atmósfera. Aunque la suma de las diferentes fuentes no discrepa de esa cifra, hay todavía muchas incertidumbres al tratar de cuantificar con precisión la magnitud de las emisiones procedentes de las distintas fuentes. En la nueva información disponible se ha revisado la tasa de eliminación de CH_4 por radicales OH atmosféricos (debido a una constante de tasa inferior) se ha procedido a una nueva evaluación de algunas fuentes (por ejemplo los arrozales) y se han añadido nuevas fuentes (por ejemplo, desechos animales y domésticos). Estudios recientes sobre isótopos de CH_4 hacen pensar que alrededor de 100 Tg de CH_4 (un 20% de la fuente total de CH_4) es de origen fósil, en gran parte procedente de las industrias del carbón, del petróleo y del gas natural. De los estudios que se han realizado recientemente sobre las emisiones de CH_4 provenientes de los cultivos de arroz, en particular en Japón, India, Australia, Tailandia y China, se deduce que las emisiones dependen de las condiciones de crecimiento, en particular de las características del suelo, y que varían de manera considerable. Aunque sigue siendo considerable la incertidumbre global sobre la magnitud de las emisiones procedentes de la agricultura arrocerá, un análisis detallado sugiere ahora que han disminuido considerablemente las emisiones anuales en relación con las que comunicó el IPCC en 1990. Según las últimas estimaciones, el tiempo de retención atmosférica del CH_4 es de unos 11 años.

Fuentes de óxido nítrico: Se ha llegado a la conclusión de que la fabricación de ácido adípico (nylon), de ácido nítrico y de vehículos dotados de catalizadores de triple conducto son posiblemente importantes fuentes antropogénicas mundiales de óxido nítrico. Sin embargo, la suma de todas las fuentes antropogénicas y naturales conocidas a duras penas compensa el sumidero atmosférico calculado no aclara el aumento observado de las concentraciones de N_2O en la atmósfera.

Fuentes de compuestos halogenados: El consumo mundial de los CFC 11, 12 y 113 es, en la actualidad, un 40% inferior al nivel que se registró en 1986, y notablemente inferior a las cantidades autorizadas por el Protocolo de Montreal. En las enmiendas de Londres al Protocolo de Montreal (1990) se decretan reducciones aún mayores. A medida que se vayan eliminando por fases sucesivas los CFC, éstos se irán sustituyendo por los HCFC y HFC, pero con índices de emisión inferiores.

Agotamiento del ozono estratosférico: Aunque todas las naciones pusieran en práctica las medidas de control estipuladas en las enmiendas de Londres de 1990 al Protocolo de Montreal, la concentración de cloro y bromo estratosférico seguirá aumentando en los próximos años. Así pues, volverá a reproducirse cada primavera el agujero de ozono Antártico causado por los halocarbonos industriales. Además, hay pruebas que hacen pensar que esos gases son también responsables de las reducciones del O_3 que se han

observado en latitudes medias y altas y está previsto que el agotamiento siga manteniéndose en estas latitudes a lo largo del decenio de 1990.

Fuentes de precursores de ozono troposférico: Se dispone de poca información nueva sobre los precursores del ozono troposférico (CO , NMHC y NO_x), cuyas fuentes naturales y antropogénicas son importantes. Por ello, todavía no se puede establecer con certeza sus balances detallados.

Fuentes de aerosoles: La actividad industrial, la combustión de biomasa, las erupciones volcánicas y las aeronaves subsónicas contribuyen de manera considerable a la formación de aerosoles troposféricos y estratosféricos. Las actividades industriales se concentran en el hemisferio norte donde su impacto sobre los aerosoles de sulfato troposférico es mayor. Las emisiones de azufre, que en gran parte se deben a los efluentes de combustión, tienen antecedentes similares a los del CO_2 antropogénico. Las estimaciones de las emisiones de compuestos naturales de azufre se han reducido con respecto a las cifras anteriores, dándose más importancia a la contribución antropogénica.

ESCENARIOS DE EMISIONES FUTURAS

Es preciso elaborar escenarios de las emisiones netas de gases de efecto invernadero y de precursores de aerosoles para los próximos 100 años o más a fin de respaldar el estudio de los impactos antropogénicos potenciales sobre el sistema climático. Ese tipo de escenarios proporciona insumos (input) para los modelos climáticos y ayudan a examinar la importancia relativa de los gases vestigiales y los precursores de aerosoles en el marco de una composición atmosférica y un clima en evolución. Los escenarios pueden servir también para conocer mejor las relaciones fundamentales que existen entre los factores que determinan las emisiones futuras.

Los productos (outputs) de los escenarios no son predicciones de situaciones futuras y no deben utilizarse como tales; ilustran los efectos de una amplia gama de supuestos económicos, demográficos y políticos. Por su propia naturaleza se prestan a controversia puesto que reflejan diferentes opiniones sobre el futuro. Los resultados de los escenarios a corto plazo pueden diferir considerablemente de los resultados reales incluso para períodos de tiempo cortos. La confianza en los productos de los escenarios se ve menoscabada a medida que aumenta el período de tiempo contemplado, puesto que la base en que se fundan las hipótesis subyacentes se hace cada vez más especulativa. Existen incertidumbres considerables respecto a la evolución de las diversas actividades humanas (incluido el crecimiento y la estructura económica), a los adelantos tecnológicos y a las respuestas del hombre a las posibles limitaciones ambientales, económicas e institucionales. Esta es la razón por la cual los escenarios de emisiones habrán de elaborarse con gran detenimiento y utilizarse con gran precaución.

Desde que se concluyó el escenario A del IPCC (SA90) en 1990, han surgido nuevos acontecimientos y se dispone de nueva información concernientes a los supuestos en que se basa dicho escenario. Entre estos nuevos acontecimientos cabe señalar: las enmiendas de Londres al Protocolo de Montreal, la revisión de los pronósticos demográficos efectuados por el Banco Mundial y las Naciones Unidas, la publicación del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2025 del Subgrupo de energía e industria del IPCC, los acontecimientos políticos y los cambios económicos de la ex URSS, de Europa Oriental y del Oriente Medio, la reestimación de las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (examinada en la presente evaluación), la revisión de los datos preliminares de la FAO sobre la deforestación tropical, y los nuevos estudios científicos sobre la biomasa forestal. Asimismo, se ha reconocido que existen incertidumbres importantes respecto a otros factores importantes que influyen en las emisiones futuras.

Estos factores han llevado a actualizar el SA90. Los seis otros escenarios del IPCC (IS92 a-f) incluyen ahora una amplia gama de supuestos, resumidos en la Tabla 1, que afectan a la forma en la que podrían evolucionar las emisiones futuras de gases de efecto invernadero si no se aplican otras políticas sobre el clima además de las ya adoptadas. Esto supone una mejora importante respecto a los métodos anteriores. Sin embargo, no se ha analizado aún la probabilidad de las trayectorias de emisiones resultantes. El Grupo de Trabajo I del IPCC no se pronuncia a favor de ningún escenario en especial. Combinando otros supuestos se podría ilustrar una mayor diversidad de trayectorias de emisión. Los diferentes mundos que en cuanto a condiciones económicas, sociales y medioambientales implican los nuevos escenarios varían considerablemente. Estas actividades permiten disponer de una perspectiva provisional y sientan la base de un estudio más completo de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y de precursores de aerosoles.

Tabla 1: Resumen de supuestos de los seis escenarios alternativos del IPCC 1992. †

Escenario	Población	Crecimiento económico	Abastecimiento energético ††	Otros †††	CFCs
IS92a	Banco Mundial 1991 11.3 B para el año 2100	1990-2025: 2,9% 1990-2100: 2,3%	12.000 EJ de petróleo convencional 13.000 EJ de gas natural Los costes de la energía solar descienden a 0,075\$EE.UU./kWh 191 EJ de biocombustibles a 70\$EE.UU. el barril	Controles jurídicamente regulados y aprobados a nivel internacional de emisiones de SO _x , NO _x y NMVOC.	Observancia parcial del Protocolo de Montreal. La transferencia de tecnología da por resultado la eliminación progresiva de los CFC también en los países no signatarios de aquí al año 2075.
IS92b	Banco Mundial 1991 11.3 B para el año 2100	1990-2025 2,9% 1990-2100 2,3%	Lo mismo que en "a"	Lo mismo que en "a", además de compromisos asumidos por muchos países de la OCDE para estabilizar o reducir las emisiones de CO ₂ .	Observancia mundial de la eliminación gradual prevista en el Protocolo de Montreal.
IS92c	Caso Medio Bajo NU 6,4 B para el año 2100	1990-2025 2,0% 1990-2100 1,2%	8.000 EJ de petróleo convencional 7.300 EJ de gas natural El coste de la energía nuclear desciende en un 0,4% anual	Lo mismo que en "a"	Lo mismo que en "a"
IS92d	Caso Medio Bajo NU 6,4 B para el año 2100	1990-2025 2,7% 1990-2100 2,0%	Petróleo y gas lo mismo que en "c" Los costes de la energía solar descienden a 0,065\$EE.UU./kWh 272 EJ de biocombustibles a 50\$EE.UU. el barril	Los controles de las emisiones se amplían a escala mundial para el CO, NO _x , NMVOC y SO _x . Se detiene la deforestación. Captura y utilización de las emisiones provenientes de la minería del carbón y de la producción y utilización de gas.	La producción de CFC se elimina progresivamente para el año 1997 en los países industrializados. Eliminación progresiva de los HCFC.
IS92e	Banco Mundial 1991 11.3 B para el año 2100	1990-2025 3,5% 1990-2100 3,0%	18.400 EJ de petróleo convencional El gas lo mismo que en "a" Eliminación progresiva de la energía nuclear para 2075	Controles de las emisiones (30% de recargo por polución sobre las energías fósiles).	Lo mismo que en "d"
IS92f	Caso Medio Alto NU 17,6 B para el año 2100	Lo mismo que en "a"	El petróleo y el gas lo mismo que en "e" El coste de energía solar descende a 0,083\$EE.UU./kWh Los costes de la energía nuclear aumentan a 0,09\$EE.UU./kWh	Lo mismo que en "a"	Lo mismo que en "a"

† Los supuestos sobre los que se basa el escenario A de 1990 se exponen en el Anexo A del IPCC (1990, págs. 331-339).

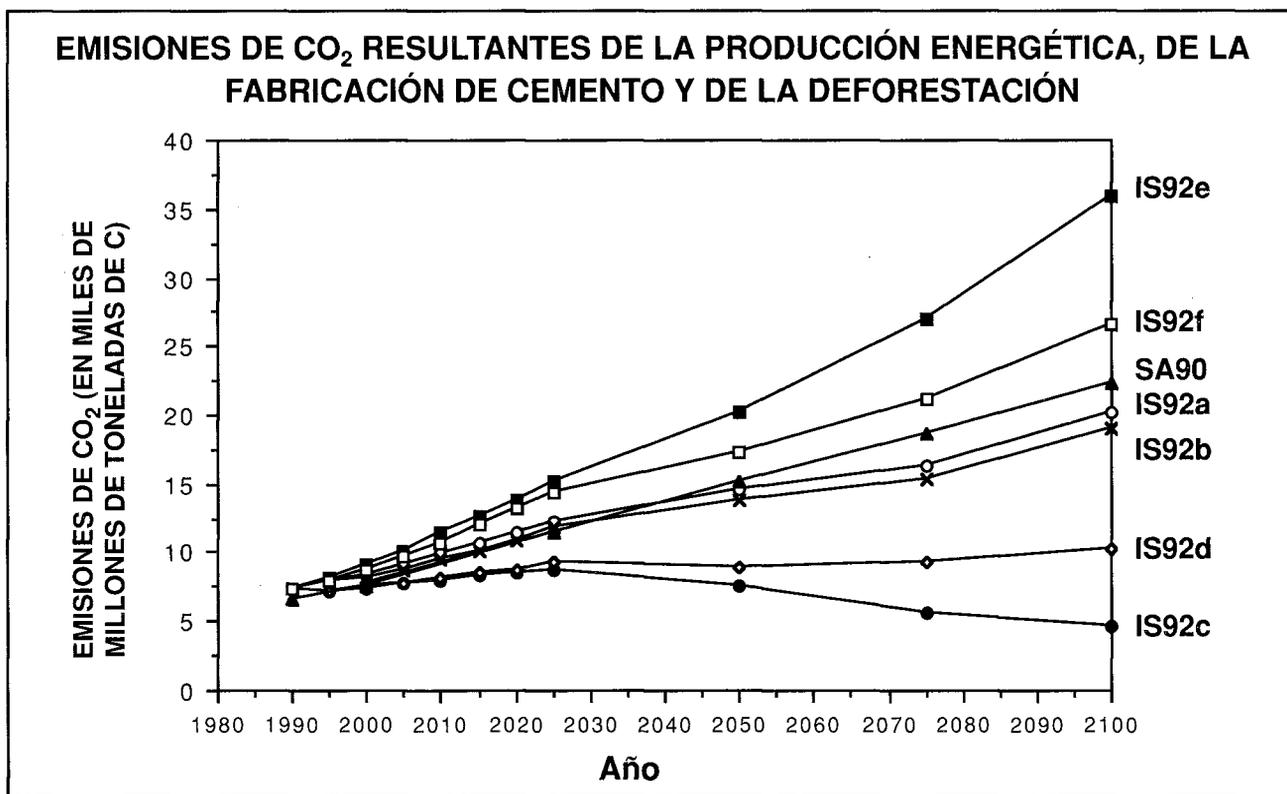
†† Todos los escenarios presuponen unos recursos de carbón de hasta 197.000 EJ. Se supone que podrá disponerse de hasta un 15% de este recurso a 1.30\$/gigajulio en mina.

††† En un principio el ritmo de deforestación de las regiones tropicales (bosques de cubierta cerrada y cubierta abierta) sería, por término medio, de 17,0 millones de hectáreas/año (FAO, 1991) para 1981-1990, para aumentar después con el crecimiento demográfico hasta quedar limitado como resultado de la disponibilidad de tierras no protegidas jurídicamente. IS91d parte del supuesto de una eventual detención de la deforestación por razones distintas a las climáticas. La densidad del carbono de superficie por hectárea varía según el tipo de bosque de 16 a 17 toneladas C/ha oscilando el suelo C entre 68y 100 T C/ha. Sin embargo, sólo una parte del carbono se libera con el transcurso del tiempo a resulta de la conversión de tierras, en función del tipo de conversión.

Resultados de los escenarios: La gama de posibles proyecciones futuras sobre gases de efecto invernadero varía ampliamente, como se deduce de la figura (se indica sólo el CO₂). Los seis escenarios pueden compararse tomando como referencia SA90. El IS92a es ligeramente inferior al SA90 debido a variaciones ligeras, pero de amplio efecto compensatorio, en los supuestos de base. (Por ejemplo, en comparación con SA90, el mayor crecimiento demográfico previsto aumenta las estimaciones de las emisiones, en tanto que la eliminación progresiva de los halocarbonos y un coste más optimista de la energía renovable las reducen.) Los niveles más elevados de gases de efecto invernadero son los que se desprenden del nuevo escenario IS92e que combina, entre otros, los siguientes supuestos: un crecimiento demográfico moderado, un alto crecimiento económico, disponibilidad elevada de combustibles fósiles y posible supresión progresiva de la energía nuclear. Los niveles más bajos de gases de efecto invernadero son los que se prevén en IS92c, que parte del supuesto de que el crecimiento demográfico aumenta y luego disminuye de aquí a mediados del próximo siglo, de que el crecimiento económico será bajo y de que habrá graves limitaciones en el suministro de combustibles fósiles. Los resultados de los seis escenarios

se indican en la Tabla 2. En general, de los diversos escenarios se desprende que las emisiones de gases de efecto invernadero podrían aumentar de manera considerable en el próximo siglo, si no se aplican nuevas medidas destinadas explícitamente a reducir esas emisiones. Sin embargo, el IS92c presenta una trayectoria de emisiones de CO₂ que en su día será inferior al nivel inicial de 1990. Del IS92b, modificación del IS92a, se deduce que los compromisos asumidos por numerosos países Miembros de la OCDE de estabilizar o reducir el CO₂ podrían tener un ligero impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero en los próximos decenios, pero que, a la larga, no contrarrestarían un crecimiento considerable de las posibles emisiones. En IS92b no se tiene en cuenta que esos compromisos podrían impulsar el desarrollo y la difusión de nuevas técnicas de bajas emisiones de gases de efecto invernadero ni tampoco los posibles cambios concomitantes en la mixtura industrial.

Anhídrico carbónico: Los nuevos escenarios de emisiones de CO₂ del sector energético ofrecen una amplia gama de proyecciones (véase la figura siguiente).



El crecimiento demográfico y económico, los cambios estructurales de las economías, los precios de la energía, los adelantos tecnológicos, los suministros de combustibles fósiles y la disponibilidad de energías nuclear y renovable figuran entre los factores que podrían tener la mayor influencia en los niveles futuros de emisiones de CO₂. Acontecimientos como los que han sucedido en la antigua Unión Soviética y en la Europa Oriental, que ya se han incorporado a todos los escenarios, tienen consecuencias importantes sobre las emisiones futuras de carbono de los

combustibles fósiles, ya que afectarán a los niveles de las actividades económicas y a la eficiencia de la producción y de la utilización de la energía. Las emisiones de carbono biótico en los primeros decenios a los que se refieren los escenarios son superiores a los del escenario SA90, reflejando unas estimaciones preliminares de la FAO más elevadas de las tasas actuales de deforestación en muchas partes del mundo, aunque no en todas, y también unas estimaciones más altas de la biomasa forestal.

Cuadro 2: Resultados seleccionados de seis escenarios del IPCC relativos a los gases de efecto invernadero (1992)

Escenario	Años	Disminución de TPER/PNB (promedio del cambio anual)	Disminución de la intensidad de carbono (promedio del cambio anual)	Deforestación tropical			Emisiones por año					
				Emisiones netas acumuladas de carbono de origen fósil (GtC)	Tala total de los bosques (millones de hectáreas)	Emisiones netas acumuladas de carbono (GtC)	Año	CO ₂ (GtC)	CH ₄ (Tg)	N ₂ O (TgN)	CFCs (Kt)	SO _x (TgS)
IS92a	1990-2025	0,8%	0,4%	285	678	42	1990	7,4	506	12,9	827	98
	1990-2100	1,0%	0,2%	1386	1447	77	2025	12,2	659	15,8	217	141
							2100	20,3	917	17,0	3	169
IS92b	1990-2025	0,9%	0,4%	275	678	42	2025	11,8	659	15,7	36	140
	1990-2100	1,0%	0,2%	1316	1447	77	2100	19,0	917	16,9	0	164
							2025	8,8	589	15,0	217	115
IS92c	1990-2025	0,6%	0,7%	228	675	42	2100	4,6	546	13,7	3	77
	1990-2100	0,7%	0,6%	672	1343	70	2025	9,3	584	15,1	24	104
							2100	10,3	567	14,5	0	87
IS92d	1990-2025	1,0%	0,2%	330	678	42	2025	15,1	692	16,3	24	163
	1990-2100	1,1%	0,2%	2050	1447	77	2100	35,8	1072	19,1	0	254
							2025	14,4	697	16,2	217	151
IS92f	1990-2025	1,0%	0,1%	1690	1686	93	2100	26,6	1168	19,0	3	204
	1990-2100	1,0%	0,1%	1690	1686	93	2100	26,6	1168	19,0	3	204
							2100	26,6	1168	19,0	3	204

TPER = Necesidades totales de energía primaria.

La intensidad del carbono se define en unidades de carbono por unidad de TPER.

Entre los CFC figuran: CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115.

Halocarbonos: Los escenarios revisados relativos a los clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias que agotan el ozono estratosférico son muy inferiores a SA90. Esto es consecuente con la amplia participación en los controles reglamentados en las enmiendas de Londres de 1990 al Protocolo de Montreal. Sin embargo, la producción y composición futuras de sustitutos de los CFC (HCFC y HFC) podrían afectar considerablemente los niveles del forzamiento radiativo debido a dichos componentes.

Metano, óxido nítrico, precursores de ozono y gases sulfurados: La distribución de las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de las distintas fuentes ha cambiado respecto a la del caso SA90. El nivel de metano procedente de los arrozales es más bajo, y se han añadido emisiones derivadas de los desechos de origen animal y de las aguas residuales domésticas. Los factores de emisión de N_2O correspondientes a fuentes estacionarias y a la combustión de biomasa se han revisado a la baja. Se han incluido los ácidos nítrico y adípico como fuentes adicionales de emisiones de N_2O . Los análisis preliminares de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y de anhídrido sulfuroso sugieren que es posible que las emisiones mundiales de esas sustancias aumenten en el próximo siglo si no se adoptan nuevas estrategias de limitación.

RELACIONES ENTRE LAS EMISIONES Y LAS CONCENTRACIONES ATMOSFERICAS Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE RADIATIVO

Una cuestión fundamental es establecer una relación entre las emisiones de gases de efecto invernadero, los precursores de gases de efecto invernadero y los precursores de aerosoles, por una parte, y las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y de aerosoles, por otra, para evaluar su impacto en el balance radiativo. Se ha elaborado una serie de tipos de modelos diferentes.

Modelos del ciclo del carbono: Aunque existen diversos modelos del ciclo del carbono (incluidos los modelos océano-atmósfera 3-D, los modelos océano-atmósfera de difusión caja 1-D y modelos de caja que incorporan un sumidero biosférico terrestre), todos estos modelos están sujetos a grandes incertidumbres ya que se comprenden mal los procesos que controlan la toma y liberación de CO_2 por los océanos y los ecosistemas terrestres. Algunos modelos dan por sentada la existencia de una biosfera terrestre neutra neta, compensándose las emisiones de CO_2 de los combustibles fósiles mediante la toma por los océanos y la acumulación en la atmósfera; otros logran el equilibrio recurriendo a suposiciones adicionales relativas al efecto de fertilización del CO_2 sobre las diferentes partes de la biosfera. No obstante, incluso los modelos que nivelan el ciclo del carbono pasado y actual no pueden predecir con precisión las concentraciones atmosféricas futuras debido a que no representan necesariamente la mixtura adecuada de los procesos en tierra y en los océanos. Las diferencias en los cambios predichos de las concentraciones de CO_2 alcan-

zan hasta un 30%. Esto no representa la mayor de las incertidumbres en la predicción de los cambios climáticos futuros, si se compara con las incertidumbres en la estimación de las pautas futuras de las emisiones de gases vestigiales y en la cuantificación de los procesos de retroacción climática. Una estimación empírica sencilla puede basarse en la suposición de que la fracción de las emisiones que permanece en la atmósfera es la misma que la observada durante el último decenio, es decir un $46 \pm 7\%$.

Modelos de procesos químicos en fase gaseosa en la atmósfera: Los modelos troposféricos actuales muestran diferencias considerables en sus predicciones de los cambios en O_3 , en el radical hidroxilo (OH) y en otros gases químicamente activos debidos a emisiones de CH_4 , de hidrocarbonos que no contienen metano, de CO y, en particular, de NO_x . Esto se debe a las incertidumbres existentes en el conocimiento de la composición química de fondo y a nuestra incapacidad de representar los procesos de pequeña escala que acontecen en la atmósfera. Estas deficiencias limitan la precisión en la predicción de los cambios de abundancia y distribución del O_3 troposférico, así como la persistencia de varios otros gases de efecto invernadero, entre ellos los HCFC y HFC, todos los cuales dependen de la abundancia del radical OH. Los aumentos de CH_4 , NMHC, y CO , provocan todos un aumento de O_3 y una disminución de OH, lo que implica un aumento del forzamiento radiativo. Por otra parte, puesto que al aumentar los NO_x aumentan tanto el O_3 como el OH, el efecto neto sobre el forzamiento radiativo es incierto.

Modelos de aerosoles de sulfatos en la atmósfera: La química atmosférica de los aerosoles de sulfatos y sus precursores se ha estudiado detenidamente en relación con la cuestión de la lluvia ácida. Si bien en los últimos años comprendemos mucho mejor los procesos relativos a las transformaciones químicas, quedan aún bastantes incertidumbres, en especial en lo que respecta a la microfísica de la formación de aerosoles, a la interacción de los aerosoles con las nubes y a la eliminación de las partículas de aerosoles por la precipitación.

¿COMO HA EVOLUCIONADO NUESTRA COMPRESION DE LOS CAMBIOS OCURRIDOS EN EL FORZAMIENTO RADIATIVO?

Desde que se publicó el informe de evaluación del IPCC en 1990, se han realizado progresos considerables en nuestra comprensión del impacto producido por el agotamiento del ozono y por los aerosoles de sulfatos en el forzamiento radiativo y de las limitaciones del concepto de potencial de calentamiento mundial.

Forzamiento radiativo debido a los cambios en ozono estratosférico: Por vez primera, se han utilizado los valores de agotamiento mundial de O_3 observados en la baja estratosfera para calcular los cambios del balance radiativo de la atmósfera. A pesar de que los resultados son sensibles

a los ajustes atmosféricos, y de que no se han efectuado estudios con modelos GCM sobre las repercusiones de los cambios en O₃ sobre la temperatura de superficie, los cálculos del balance radiativo indican que las disminuciones de O₃ observadas en el decenio de 1980 han causado reducciones en el forzamiento radiativo del sistema superficie-troposfera en las latitudes medias y altas. Esta reducción del forzamiento radiativo por efecto del agotamiento de O₃, promediada a escala mundial y durante el último decenio, podría ser aproximadamente igual en magnitud y de signo contrario al aumento del forzamiento radiativo debido al incremento de CFCs durante el mismo período. En latitudes altas su efecto es particularmente pronunciado y, debido a esas enormes variaciones con la latitud y la región, es necesario efectuar urgentemente estudios utilizando modelos CGM para comprobar más a fondo dichos descubrimientos.

Forzamiento radiativo debido a los cambios en el ozono troposférico: Si bien se ha observado un claro aumento del ozono troposférico (hasta un 10% por decenio) en determinados lugares de Europa, no se dispone de suficientes observaciones a escala mundial para cuantificar la magnitud del aumento del forzamiento radiativo. No obstante, se ha calculado que un aumento mundial uniforme del ozono troposférico de un 10% aumentaría el forzamiento radiativo en alrededor de una décima de watio por m².

Efectos radiativos de las emisiones de azufre: Las emisiones de los compuestos de azufre procedentes de fuentes antropogénicas dan lugar a la presencia de aerosoles de sulfatos que reflejan la radiación solar. Es probable que este fenómeno produzca un efecto de enfriamiento en el hemisferio norte (el efecto producido en el hemisferio sur es insignificante). Sólo en condiciones de cielo despejado, el enfriamiento causado por las tasas actuales de emisiones ha sido de aproximadamente 1 Wm⁻² promediado sobre el hemisferio norte, frente a los 2,5 Wm⁻² estimados para el calentamiento debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero hasta la fecha. La distribución no uniforme de los aerosoles de sulfatos de origen humano, unida a su permanencia en la atmósfera, de relativa breve duración, produce grandes variaciones regionales en cuanto a sus efectos. Además, los aerosoles de sulfatos pueden afectar al balance de radiación como consecuencia de cambios en las propiedades ópticas de las nubes.

Potenciales de calentamiento mundial: Los gases pueden ejercer forzamiento radiativo tanto directa como indirectamente: el forzamiento directo ocurre cuando el propio gas es un gas de efecto invernadero, mientras que el forzamiento indirecto sucede cuando una transformación química del gas inicial produce un gas o gases de efecto invernadero. El concepto de potencial de calentamiento global (GWP) fue elaborado para los responsables de políticas como medida del posible efecto de calentamiento sobre el sistema superficie-troposfera originado por las emisiones de cada gas tomando como referencia el CO₂. Los índices se calculan para la atmósfera contemporánea y no tienen en cuenta los

cambios posibles en la composición química de la atmósfera. Los cambios en el forzamiento radiativo ocasionado por el CO₂, midiendo la masa en kg, son no lineales con respecto a los de las concentraciones atmosféricas de CO₂. Por consiguiente, a medida que los niveles de CO₂ aumentan en relación con los valores actuales, los potenciales de calentamiento mundial de los gases que no contienen CO₂ serían más elevados que los aquí evaluados. Para que el concepto sea más útil, es necesario que se cuantifiquen los componentes directos e indirectos del GWP.

Potenciales de calentamiento mundial directo: Los componentes directos de los potenciales de calentamiento mundial (GWPs) se han calculado de nuevo, teniendo en cuenta las estimaciones revisadas de su persistencia, para una serie de horizontes cronológicos que oscila entre 20 y 500 años, utilizando como gas de referencia el CO₂. Se ha utilizado el mismo modelo del ciclo de carbono océano-atmósfera que en el IPCC de 1990 para establecer una relación entre las emisiones de CO₂ y las concentraciones. El Cuadro 3 muestra los valores de un conjunto seleccionado de gases clave para un horizonte cronológico de 100 años. Mientras que, en la mayoría de los casos, los valores son similares a los valores del IPCC de 1990, los GWP para algunos de los HCFC y HFC han aumentado entre un 20 y un 50% debido a una revisión de la estimación de su persistencia en la atmósfera. El GWP directo del CH₄ se ha ajustado al alza, rectificando así un error del informe anterior del IPCC. El modelo del ciclo del carbono utilizado en estos cálculos probablemente infravalora los valores tanto directos como indirectos del GWP para todos los gases distintos del CO₂. La magnitud del error sistemático depende de la persistencia del gas en la atmósfera y del horizonte cronológico del GWP.

Cuadro 3: GWP directo para un horizonte cronológico de 100 años

Gas	GWP	Signo del componente indirecto del GWP
Anhídrido carbónico	1	ninguno
Metano	11	positivo
Oxido nitroso	270	incierto
CFC-11	3400	negativo
CFC-12	7100	negativo
HCFC-22	1600	negativo
HFC-134a	1200	ninguno

Potenciales de calentamiento global indirecto: Dados nuestros conocimientos incompletos de los procesos químicos, es probable que la mayoría de los GWP indirectos mencionados en el IPCC de 1990 contengan errores considerables y no pueda recomendarse ninguno de ellos. Aunque aún no podemos recomendar valores numéricos revisados, sabemos, no obstante, que el GWP indirecto del metano es positivo y que su magnitud sería equiparable a su valor directo. Por el contrario, sobre la base de los datos mencionados anteriormente, los GWP indirectos de los halocarbonos de cloro y bromo es probablemente negativo. El concepto de un GWP para constituyentes de vida corta y dis-

tribuidos de forma no homogénea como CO, HCNM y NO_x puede resultar inaplicable, si bien, como se mencionó anteriormente, sabemos que dichos constituyentes afectarán el balance radiativo de la atmósfera como consecuencia de los cambios en ozono troposférico y OH. De forma similar, un GWP para el SO₂ se considera inaplicable debido a la distribución no uniforme de los aerosoles de sulfatos.

Influencia de los cambios de efluencia solar: Se ha comunicado la existencia de acentuadas correlaciones entre las

características del ciclo de actividad solar y la temperatura media mundial. La única explicación física directamente plausible de esas correlaciones estaría vinculada a la variabilidad de la irradiancia total del sol a escalas de tiempo superiores a las del ciclo de actividad de 11 años. Puesto que sólo se dispone de medidas precisas de la irradiancia en el último decenio, no se pueden sacar conclusiones concretas sobre la influencia de la variabilidad solar en el cambio climático.

¿QUE INSTRUMENTOS UTILIZAMOS Y QUE INFORMACION NECESITAMOS PARA PREDECIR EL CLIMA FUTURO?

Modelos

El instrumento más perfeccionado que tenemos para establecer un modelo del clima y del cambio climático es el modelo de circulación general (GCM). Estos modelos se basan en leyes físicas y utilizan descripciones en términos físicos simplificados (llamados parametrizaciones) de procesos de menor escala, tales como los referentes a las nubes y a las mezclas profundas en el océano. Los modelos de circulación general "acoplados" (CGCM) vinculan el componente atmosférico con un componente oceánico de complejidad equiparable.

Los pronósticos climáticos se obtienen de forma diferente de los meteorológicos. Un modelo de predicción meteorológica describe el estado de la atmósfera hasta aproximadamente 10 días en adelante, a partir de una descripción detallada de un estado inicial de la atmósfera en un momento determinado. Dichos pronósticos describen el movimiento y la evolución de amplios sistemas meteorológicos, aunque no pueden representar fenómenos de escala muy reducida; por ejemplo, las nubes de chubasco aisladamente.

Para estimar la influencia de los gases de efecto invernadero o de los aerosoles en un clima que cambia, primero se aplica el modelo durante algunos decenios (simulados). Las estadísticas de los resultados del modelo son una descripción del clima simulado del modelo que, si es un buen modelo e incluye los principales factores de forzamiento, se parecerá mucho al clima de la atmósfera y del océano reales. Esta actividad se repite entonces introduciendo en el modelo concentraciones cada vez mayores de gases de efecto invernadero o de aerosoles. Las diferencias entre las estadísticas de las dos simulaciones (por ejemplo en la temperatura media y en la variabilidad interanual) da una estimación del cambio climático correspondiente.

Asimismo, debemos determinar si los cambios previstos serán perceptibles con respecto a las variaciones naturales del clima. Por último, se deben realizar observaciones para monitorizar el clima, mejorar nuestros conocimientos de los procesos climáticos y coadyuvar a la validación de modelos.

El cambio a largo plazo de la temperatura del aire en superficie a consecuencia de la duplicación del anhídrido carbónico (conocido como sensibilidad climática) se utiliza normalmente como referencia en la comparación de modelos. La gama de valores de sensibilidad climática señalada en la evaluación de 1990 y reiterada en este suplemento era de 1,5 a 4,5°C, con una estimación óptima, basada en los resultados de los modelos y teniendo en cuenta el registro climático observado, de 2,5°C.

Se utilizan también modelos más sencillos, que simulan el comportamiento de los GCM, para efectuar predicciones sobre la evolución en el tiempo de la temperatura mundial a partir de diversos escenarios de emisión. Estos modelos, denominados "de difusión-caja", contienen unas bases físicas altamente simplificadas pero ofrecen resultados similares a los obtenidos por los GCM cuando están promediados a escala del globo. No obstante, sólo los GCM muy completos pueden ofrecer una distribución tridimensional de los cambios en otras variables climáticas, incluidos los cambios originados por procesos no lineales que los modelos simplificados no pueden ofrecer. La obtención de esta información a partir de los resultados de GCM, acoplados es una práctica muy reciente.

Concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y de aerosoles

Un punto de partida necesario para la predicción de los cambios en el clima debidos a los cambios en los constituyentes atmosféricos es una estimación de sus concentraciones futuras. Esto exige un conocimiento de sus fuentes y sumideros (de origen natural y humano), así como una estimación de cómo los efectivos de esas fuentes y sumideros podrían cambiar en el futuro (un escenario de emisiones). Con ello, las proyecciones de las concentraciones futuras pueden utilizarse en los modelos climáticos para estimar la respuesta climática.

¿Los GCM predicen el clima futuro?

Para efectuar una predicción del clima futuro es necesario cumplir las condiciones: a) incluir todos los factores

principales de carácter humano y natural que influyen en el clima y b) predecir las concentraciones futuras en la atmósfera de los gases de efecto invernadero. Hasta el momento, los GCM (y los CGCM) han incluido solamente el forzamiento radiativo ocasionado por los gases de efecto invernadero y, por lo tanto, sus resultados se refieren sólo al componente del cambio climático vinculado a los gases de efecto invernadero.

Cuando se redactó el informe del IPCC de 1990, se reconoció que los aerosoles de sulfatos ejercen un forzamiento radiativo negativo importante en el clima, pero dicho forzamiento no se cuantificó de forma precisa. Desde entonces, se ha empezado a comprender mejor el forzamiento radiativo generado por los aerosoles de sulfatos y se ha identificado asimismo una fuente adicional de forzamiento negativo en el agotamiento del

ozono estratosférico debido a los halocarbonos. La ausencia de esos factores de forzamiento negativo en los GCM no invalida los resultados obtenidos por los mismos hasta la fecha. Por ejemplo, las estimaciones de la sensibilidad climática, que se define puramente en términos de concentraciones de CO₂, se mantienen inalteradas y se sigue creyendo que en la actualidad, y aún más en el futuro, los gases de efecto invernadero antropogénicos representan la perturbación más importante para el balance radiativo natural de la atmósfera. Sin embargo, esto significa que las tasas de cambio de, por ejemplo, la temperatura de superficie necesitan ajustarse para factores de forzamiento adicionales antes de que puedan cumplir la condición a). La segunda condición se cumple cuando se utiliza una predicción específica (y no un escenario) de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero.

FIABILIDAD DE LAS PREDICCIONES BASADAS EN MODELOS

Sigue mejorando poco a poco la capacidad de los modelos para simular el clima actual, a pesar de que es necesario mejorar aún más la resolución de los modelos y la parametrización de los procesos físicos. Desde el último informe, se acumularon nuevas pruebas de que los modelos atmosféricos son capaces de reproducir una serie de aspectos de variabilidad atmosférica. Los modelos océano-atmósfera acoplados producen, a escalas cronológicas de diez años, una variabilidad similar en algunos aspectos a la observada, y los modelos oceánicos muestran fluctuaciones a más largo plazo asociadas a los cambios en la circulación termohalínica.

Se ha logrado cierta clarificación respecto de la naturaleza de la retroacción del vapor del agua, aunque el efecto radiativo de las nubes y los procesos conexos continúa siendo la fuente principal de incertidumbre y subsisten incertidumbres en los cambios pronosticados respecto al vapor de agua de la troposfera superior en los trópicos. Las retroacciones biológicas aún no se han tomado en cuenta al efectuar simulaciones del cambio climático.

El aumento de la confianza en las pautas geográficas del cambio climático requerirá nuevas simulaciones con modelos acoplados perfeccionados y con escenarios de forzamiento radiativo en los que estén incluidos los aerosoles.

La confianza en las pautas regionales del clima basada directamente en los productos de los GCM sigue siendo escasa y no hay pruebas sólidas sobre cambios en la variabilidad o en la tempestuosidad. Los resultados del GCM pueden interpolarse en pequeña escala mediante métodos estadísticos (correlacionando el clima regional con el flujo en gran escala) o mediante un enfoque integrado (modelos climáticos regionales de alta resolución basados en resultados de GCM, de gran escala). Ambos métodos son prometedores, pero hasta el momento el número de estudios

realizados es insuficiente para ofrecer una visión de conjunto mejorada del cambio climático regional imputable al aumento de los gases de efecto invernadero; en cualquier caso ambos métodos de interpolación dependen considerablemente de la calidad del flujo en gran escala en el GCM. Dado nuestro conocimiento incompleto del clima, no podemos descartar la posibilidad de que se produzcan sorpresas.

SIMULACION DEL RITMO Y DE LA DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CAMBIO CLIMATICO

Los resultados de los modelos de circulación general (GCM) disponibles para el informe de 1990 se referían principalmente a simulaciones de *equilibrio*. Sólo se había efectuado una sesión completa con un modelo de *estados transitorios* esto es, en el que se simula la respuesta del clima a un constante aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero, en función del tiempo.

Desde entonces han aparecido en publicaciones selectivas muchos trabajos que tratan de modelos del clima y sus resultados. Se han hecho importantes progresos en modelos de estados transitorios, y hay cuatro grupos de modelización que han realizado simulaciones del clima hasta 100 años vista utilizando modelos climáticos mundiales acoplados océano-atmósfera (CGCM) que contienen una descripción detallada del océano profundo y, por consiguiente, pueden simular el desfase climático inducido por la circulación oceánica profunda. Estos modelos requieren considerables ajustes a los flujos de calor y de agua dulce para lograr una simulación realista del clima actual, y esto puede distorsionar la respuesta de los modelos a pequeñas perturbaciones tales como las que van asociadas al aumento de los gases de efecto invernadero. Para hacer simulaciones del clima futuro empleando estos modelos, se han aumentado las concentraciones de dióxido de carbono a unas tasas próximas al 1% por año (lo que equivale radiativamente más o menos a la tasa actual de aumento de gases de efecto invernadero).

La variabilidad interna disimula las pautas geográficas del cambio durante los primeros decenios de los experimentos. Sin embargo, una vez establecidas estas pautas, su variación es relativamente modesta a medida que se realizan las integraciones, y son semejantes a las producidas por los modelos de equilibrio en diversos modos; por ejemplo:

- i) las temperaturas del aire en superficie aumentan más sobre las tierras que sobre los océanos;
- ii) las precipitaciones aumentan por término medio en las latitudes altas, en la región monzónica de Asia, y, en invierno, en las latitudes medias;
- iii) en zonas continentales de latitud media, los valores de la humedad del suelo disminuyen en promedio en verano.

Las simulaciones de estados transitorios con CO₂ muestran, sin embargo, que en la parte septentrional del Atlántico norte y en los océanos australes cerca de la Antártida la elevación térmica es inferior en un 60% o más con relación a las simulaciones de equilibrio en el momento en que se duplica el CO₂.

Es preciso perfeccionar y validar mucho más los modelos acoplados.

ESTIMACION DEL CAMBIO CLIMATICO EN FUNCION DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES

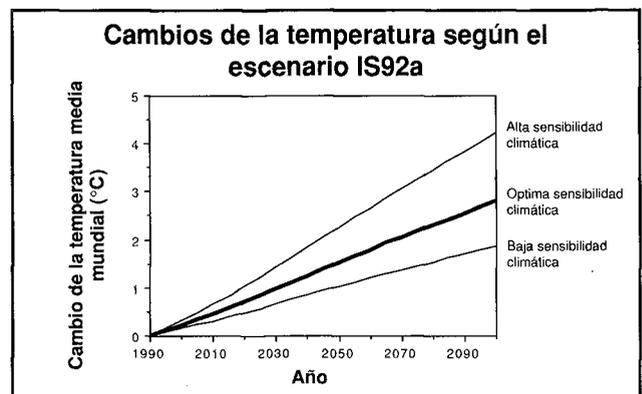
Las nuevas simulaciones realizadas con modelos GCM acoplados océano-atmósfera, en los que no están incluidos los efectos de los sulfatos y del agotamiento del ozono, confirman en general las estimaciones hechas en 1990 por el IPCC de un calentamiento futuro aproximado de 0,3°C/decenio (en un margen de variación de 0,2 a 0,5°C/decenio) para el próximo siglo según el Escenario A del IPCC-1990. Puesto que los GCM no incluyen aún las posibles influencias antropogénicas en contrario, entre ellas el forzamiento derivado de los aerosoles de sulfatos y el agotamiento del ozono estratosférico, la tasa neta de aumento de la temperatura de superficie será probablemente menor que lo que cabría esperar si actuase solamente el forzamiento de los gases de efecto invernadero, por lo menos mientras sigan aumentando las emisiones de azufre. Sin embargo, la magnitud promediada a escala mundial del efecto de los aerosoles de sulfatos no ha sido calculada aún con precisión y es necesario trabajar más sobre el tema.

La tasa simulada de cambio del nivel del mar *causado por la expansión oceánica de origen térmico* únicamente es de entre 2 y 4 cm por decenio, de nuevo concordante con el informe anterior.

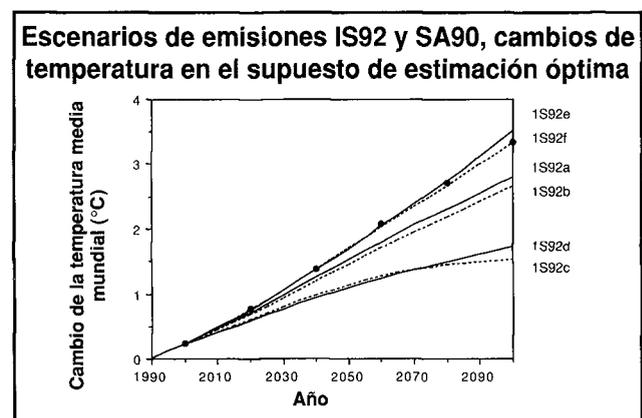
El IPCC ha elaborado nuevos escenarios de emisiones para 1992 (IS92a-f; véase la Sección "Escenarios de emisiones futuras") a la luz de la nueva información conocida y de

acuerdos internacionales. Para presentar una evaluación inicial del efecto de los nuevos escenarios, se ha estimado el cambio de la temperatura de superficie mediante el modelo climático sencillo utilizado en el informe del IPCC de 1990, calibrado con relación a los modelos acoplados océano-atmósfera, más omnicomprendidos (véase el recuadro sobre modelos). Estos cálculos incluyen, al igual que los cálculos de 1990, los efectos de forzamiento radiativo directos de todos los gases de efecto invernadero incluidos en los escenarios.

Al igual también que en los cálculos de 1990, no se ha incluido el efecto del agotamiento del ozono atmosférico y de los aerosoles de sulfatos. En los diagramas que aparecen a continuación se presenta: i) la evolución temporal de la temperatura de superficie para el IS92a, en los supuestos de sensibilidad climática alta, de "estimación óptima", y baja (4,5, 2,5 y 1,5°C), y ii) los cambios de la temperatura para los seis escenarios elaborados por el IPCC en 1992, y el Escenario A de 1990 en el supuesto de "estimación óptima" de la sensibilidad del clima (véase en el recuadro "Qué instrumentos utilizamos..." la definición de sensibilidad climática).



Estimaciones del cambio de la temperatura media mundial para IS92a utilizando los valores de sensibilidad climática alta (4,5°C), de "estimación óptima" (2,5°C), y baja (1,5°C). No se han incluido los efectos de los aerosoles de sulfatos ni del agotamiento del ozono.



Estimaciones del cambio de la temperatura media mundial para los escenarios (IS92a-f) del IPCC para 1992, en el supuesto de "estimación óptima" de la sensibilidad climática del IPCC. No se han incluido los efectos de los aerosoles de sulfatos ni del agotamiento del ozono.

ACTUALIZACION DEL REGISTRO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS MUNDIALES

Los nuevos análisis de las temperaturas de los océanos registradas en el siglo XIX no han alterado significativamente el cálculo del aumento de la temperatura en superficie en los últimos 100 a 130 años, cifrado en $0,45 \pm 0,15^\circ\text{C}$. Por otra parte, las temperaturas mundiales en superficie de los años 1990 y 1991 han sido semejantes a las de los años más calientes del decenio de 1980 y siguen siendo más elevadas que las del resto de los datos registrados. Sin embargo, la investigación ha permitido hacer un pequeño ajuste en las temperaturas hemisféricas. Las tendencias de calentamiento a largo plazo evaluadas en cada hemisferio son ahora casi iguales, habiendo sido la temperatura en el hemisferio sur un poco más elevada en el siglo XIX, mientras que en el hemisferio norte la tendencia no ha sufrido cambios con relación a las estimaciones anteriores.

Se observa que en gran parte de las masas terrestres continentales del hemisferio norte el calentamiento en los pasados decenios se debe principalmente a un aumento de las temperaturas nocturnas. Estos cambios parecen tener una relación parcial con los aumentos de la nubosidad, pero no hay que excluir otros factores, por ejemplo un efecto de enfriamiento directo de los aerosoles sobre las temperaturas máximas con tiempo soleado, la influencia de unas mayores concentraciones de gases de efecto invernadero, y cierta influencia residual de la urbanización sobre las temperaturas mínimas. Es preciso hacer un estudio más completo, ya que sólo se ha analizado el 25% de la parte terrestre del planeta. Al respecto, quizás sea necesario precisar por separado los cambios regionales de las temperaturas máxima, mínima y media en relación con los cambios en la utilización de la tierra (por ejemplo, desertificación, deforestación o regado generalizado).

Otra nueva fuente de información confirma el aumento de las temperaturas de la superficie del mar en muchas regiones tropicales en el pasado decenio: se observa un aumento de la decoloración de los corales tropicales. Se ha demostrado que esta decoloración tiene (en parte) relación con episodios de aumento de la temperatura de la superficie del mar superiores al margen normal de tolerancia de estos animales, aunque tampoco hay que descartar los efectos del aumento de la polución.

Las observaciones de la temperatura de la troposfera media hechas desde 1979 con la Unidad de Sondeo con Microondas (MSU) a bordo de los satélites TIROS-N han despertado considerable interés. Los datos proporcionados por la MSU son de cobertura auténticamente mundial, pero el registro de mediciones es corto (13 años); los datos de superficie y de radiosonda son menos completos espacialmente pero sus registros son mucho más largos (más de 130 y casi 30 años, respectivamente). Las tendencias mundialmente promediadas de los conjuntos de datos de la MSU, de radiosonda y de superficie entre 1979 y 1991 difieren un poco ($0,06$, $0,17$ y $0,18^\circ\text{C}$ por decenio, respectivamente), si bien las diferencias no son estadísticamente importantes.

Las sondas satelitales, los radiosondas y los instrumentos de superficie tienen todos ellos diferentes características de medición y, además, no se espera que las variaciones geográficas y temporales de las temperaturas en la troposfera media y en superficie sean idénticas. Pese a ello, las correlaciones entre los valores mundiales anuales de los tres conjuntos de datos son muy altas.

Obsérvese que no es posible establecer de forma absoluta un orden de magnitud de estos últimos años de temperaturas elevadas; depende del registro utilizado, a qué nivel se refiere y qué incertidumbre se atribuye a cada valor.

Con los datos suministrados por el MSU se ha podido detectar de forma impresionante el impacto de las erupciones volcánicas en la temperatura de la estratosfera inferior. La variabilidad de estos datos entre 1979 y 1991 está dominada por las fluctuaciones de la temperatura a corto plazo (las más elevadas en los trópicos) a consecuencia de la inyección de grandes cantidades de aerosol en la estratosfera producidas por las erupciones de El Chichón (1982) y Pinatubo (1991). A escala mundial, los aumentos de la temperatura en la estratosfera inferior fueron de aproximadamente 1°C y $1,3^\circ\text{C}$ respectivamente. El calentamiento estratosférico provocado por El Chichón duró casi dos años, en tanto que el originado por el Pinatubo no ha cesado aún. Sin embargo, el registro de los datos proporcionados por los radiosondas, de mayor duración, revela una importante tendencia mundial al enfriamiento en la estratosfera inferior, en torno a $0,4^\circ\text{C}$ por decenio desde mediados del decenio de 1960.

¿PUEDE INFERIRSE UNA EVOLUCION DE LAS OTRAS MAGNITUDES QUE DESEMPEÑAN UN PAPEL EN EL CLIMA?

Hay pruebas documentales de variaciones importantes de la precipitación en muchas escalas temporales y espaciales, pero las dificultades de cobertura de datos y de inhomogeneidad no permiten hacer ninguna afirmación sobre cambios a escala mundial. El aumento presumible del vapor de agua en los trópicos es paralelo al aumento de la temperatura en la troposfera inferior, pero no es aún posible decir en qué medida estos cambios son reales y si son de mayor amplitud que la variabilidad natural.

En una nueva compilación mejorada de estos datos se ha observado desde 1973 una disminución pequeña e irregular, alrededor del 8%, de la extensión anual promedia de la cubierta de nieve sobre el hemisferio norte. Se cree que la disminución es real, porque los valores anuales de la extensión de la cubierta de nieve y de las temperaturas del aire en superficie sobre las tierras extratropicales del hemisferio norte presentan una alta correlación: $-0,71$.

Existen pruebas de que se pueden producir, a escala regional, con relativa rapidez cambios climáticos (a veces denominados abruptos). Estos cambios pueden durar más de varios decenios pero a menudo ocurren en función de la estación. Estos cambios no se comprenden bien pero pueden tener una importancia práctica considerable.

¿CONCUERDAN LAS OBSERVACIONES CON LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA PREVISTOS?

Los CGCM, que todavía no tienen en cuenta los cambios en aerosoles, predicen que en el hemisferio norte se producirá un mayor grado de calentamiento que en el hemisferio sur a causa de su mayor superficie terrestre, que responde más rápidamente al forzamiento. El mayor calentamiento observado en el hemisferio sur en los últimos decenios (0,3°C entre 1955 y 1985) en comparación con el hemisferio norte (que apenas aumentó de temperatura en el mismo período) constituye una señal aparentemente contradictoria de esta predicción. No obstante, recientemente el hemisferio norte ha empezado a calentarse muy rápidamente. No se conocen las razones de las diferencias de las diferentes tasas de calentamiento observadas en los dos hemisferios, si bien los aerosoles fabricados por el hombre (vease la Sección “¿cómo ha evolucionado”...) y los cambios de la circulación oceánica pueden haber influido en ello.

Asimismo, los aumentos de CFCs pueden haber reducido suficientemente los niveles de ozono para compensar a nivel medio mundial el efecto invernadero directo de dichos CFC. En consecuencia, las estimaciones del calentamiento en los últimos cien años debido a los aumentos de los gases de efecto invernadero que figuran en el informe original pueden haber resultado en cierto modo demasiado rápidas porque no tuvieron en cuenta esas influencias enfriadoras. Teniendo esto en cuenta, los resultados de las simulaciones de modelos podrían estar más próximos a los cambios observados.

Por sí solas, erupciones volcánicas como la de El Chichón pueden haber producido un enfriamiento de superficie durante varios años pero a largo plazo deberían tener efectos despreciables. No se ha demostrado, aunque puede que exista, la influencia de las variaciones solares en escalas cronológicas relacionadas con varios ciclos de las manchas del sol.

La conclusión del informe del IPCC de 1990 sigue invariable:

“las dimensiones del calentamiento son ampliamente compatibles con las predicciones de los modelos climáticos, pero también son de la misma magnitud que la variabilidad natural del clima. Por consiguiente, el aumento observado podría deberse en gran medida a esta variabilidad natural; o bien esta variabilidad y otros factores humanos podrían haber compensado un calentamiento todavía mayor de origen humano originado por el efecto invernadero”.

PRINCIPALES INCERTIDUMBRES Y NUEVAS EXIGENCIAS

La predicción del cambio climático futuro depende decisivamente de los escenarios que se adopten respecto de las emisiones antropogénicas futuras de gases de efecto invernadero y otros agentes de forzamiento climático, como los

aerosoles. Estos escenarios dependen no sólo de los factores que pueden estudiar las ciencias naturales sino también de otros factores, como el crecimiento demográfico y económico y la política energética, respecto de los que hay gran incertidumbre y que conciernen a las ciencias sociales. Los especialistas en ciencias naturales y en ciencias sociales tienen que cooperar estrechamente en la elaboración de escenarios sobre las emisiones futuras.

Desde que se publicó el informe del IPCC de 1990, se conocen mejor muchas de las incertidumbres que influyen en nuestras predicciones sobre el ritmo, magnitud y pautas regionales del cambio climático. Estas incertidumbres siguen debiéndose a nuestro inadecuado conocimiento de lo siguiente:

- las fuentes y sumideros de los gases de efecto invernadero y los aerosoles, y sus concentraciones atmosféricas (incluidos sus efectos indirectos sobre el calentamiento mundial);
- las nubes (especialmente su efecto de retroacción sobre el calentamiento mundial inducido por los gases de efecto invernadero, así como el efecto de los aerosoles sobre las nubes y sus propiedades radiativas) y otros elementos del balance hídrico atmosférico, incluidos los procesos que controlan el vapor de agua en niveles superiores;
- los océanos, que mediante su inercia térmica y sus posibles cambios de circulación influyen en el ritmo y pautas del cambio climático;
- los bancos de hielos polares (cuya respuesta al cambio climático también influyen en las predicciones sobre el aumento del nivel del mar);
- los procesos y retroacciones de la superficie terrestre, incluidos los procesos hidrológicos y ecológicos que emparejan los climas regionales y el mundial.

La reducción de estas incertidumbres requiere lo siguiente:

- mejoras de la observación sistemática, y comprensión de las variables de forzamiento del clima a escala mundial, incluidos la irradiancia solar y los aerosoles;
- desarrollo de observaciones de alcance completo de las variables pertinentes que describen todos los componentes del sistema climático, incluyendo según convenga nuevas tecnologías y el establecimiento de conjuntos de datos;
- mejor comprensión de los procesos relacionados con el clima, especialmente los asociados con las nubes, los océanos y el ciclo del carbono;

- mejor entendimiento de los procesos sociales, tecnológicos y económicos, especialmente de los países en desarrollo, que son necesarios para desarrollar escenarios más realistas de las emisiones futuras;
- desarrollo de inventarios nacionales de las emisiones actuales;
- conocimiento más pormenorizado de los cambios climáticos que se han producido en el pasado;
- apoyo mayor y sostenido a las actividades de investigación climática que traspasan las fronteras nacionales y disciplinarias; todavía se requieren medidas especiales para facilitar la plena participación de los países en desarrollo;
- mejor intercambio internacional de datos climáticos.

Muchas de estas necesidades se examinan ya en el marco de los principales programas internacionales, en especial el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) y el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Deben proporcionarse recursos suficientes para la organización internacional de estos programas y para los esfuerzos nacionales que los apoyan si se quieren obtener nuevos elementos de información necesarios para reducir las incertidumbres. También se necesitan recursos para apoyar, sobre una base nacional o regional, especialmente en los países en desarrollo, el análisis de los datos relativos a gran número de variables climáticas y la observación permanente de importantes variables, con una cobertura y precisión adecuadas.

Referencia:

IPCC, 1990: Cambios climáticos. La evaluación científica del IPCC (Press Syndicate of the University of Cambridge, CB2 IRP, U.K.).

ANEXO

Progresos realizados en la elaboración de una metodología del IPCC, para preparar inventarios nacionales de las emisiones netas de gases de efecto invernadero

La evaluación científica se interesa principalmente por las fuentes y sumideros a nivel mundial y de extensas regiones pero, para apoyar las respuestas nacionales e internacionales frente al cambio climático, es necesario estimar las emisiones y sumideros a nivel nacional, de manera convenida y coherente.

El IPCC (1991) ha establecido un programa de trabajo destinado a:

- i) preparar la aprobación de una metodología pormenorizada para calcular los inventarios nacionales de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero;
- ii) ayudar a todos los países participantes a aplicar esta metodología y proporcionar los resultados obtenidos a finales de 1993.

Este programa se basa en la labor preliminar patrocinada por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 1991). La OCDE y la Agencia Internacional de la Energía (AIE) siguen proporcionando apoyo técnico al programa de trabajo del IPCC. Este programa gestionará la preparación y aprobación de métodos y procedimientos de inventario, y la concentración y evaluación de datos. También colaborará con otros patrocinadores, entre ellos el Servicio del Medio Ambiente Mundial (GEF), el Banco Asiático de Desarrollo, la Comunidad Europea, la CEPE y países donantes individuales, para alentar la financiación de proyectos de cooperación técnica en materia de inventarios de gases de efecto invernadero.

El IPCC pidió que los países participantes le proporcionen, a más tardar a finales de septiembre de 1991, todos los datos disponibles en inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero. En enero de 1992, dieciocho países habían presentado inventarios completos o parciales de esta clase (véase cuadro). Este proceso ha sido especialmente útil para determinar los problemas de cobertura y coherencia de los inventarios disponibles.

En un cursillo práctico del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero celebrado en Ginebra los días 5 y 6 de diciembre de 1991, se proporcionaron directrices sobre las mejoras necesarias para el proyecto de metodología y las prioridades del programa de trabajo. Se acordaron numerosas mejoras de metodología y se propusieron prioridades para el programa de trabajo y para las actividades de cooperación técnica. Como resultado de la concentración preliminar de datos, del cursillo práctico y de otros comentarios recibidos, se han establecido las siguientes principales prioridades del programa de trabajo del IPCC:

Metodología

- Preparación de una metodología más sencilla y un documento agilizado como “manual de trabajo” para ayudar a los usuarios en su aplicación.
- Colaboración con expertos para preparar un método nuevo y más sencillo de calcular las emisiones de CO₂ debido al cambio en la utilización de bosques y tierras.
- Establecimiento de grupos técnicos de expertos para mejorar la metodología con respecto al CH₄ originado por la producción de arroz y los combustibles fósiles, así como a otros gases y tipos de fuente fundamentales.
- Colaboración con expertos para incluir los halocarbonos en el inventario de gases de efecto invernadero a partir de los datos disponibles gracias al proceso del Protocolo de Montreal.
- Preparación y difusión de factores y supuestos de emisiones, aplicables regionalmente.

Programa de trabajo

- Las prioridades de los inventarios nacionales son las siguientes: a) CO₂ debido a la energía, para todos los países, b) CO₂ debido a la utilización de bosques y tierras, cuando es importante en el país, y c) CH₄ para las categorías de fuentes importantes, por países.
- Iniciación de estudios de intercomparación de los inventarios pormenorizados existentes.
- Inclusión en el programa de trabajo de un examen científico de los datos de los inventarios nacionales y de los totales agregados, por regiones y mundialmente.

Cooperación técnica

- El IPCC mejorará las comunicaciones entre los centros de coordinación técnica de todos los países participantes y con las demás organizaciones internacionales interesadas.
- Debería darse gran prioridad a las monografías por países, a la formación, a la cooperación regional, y a otras actividades de ayuda a países que no sean miembros de la OCDE para que prueben y apliquen la metodología de los inventarios de los gases de efecto invernadero.
- Suministro de métodos en forma de manual de trabajo agilizado, en varios idiomas. También se desarrollará de manera muy prioritaria una versión de hoja electrónica de cálculo de fácil utilización.

Cuadro anexo: Lista de países que han presentado inventarios completos o parciales de emisiones de gases de efecto invernadero (enero de 1992)

Australia	Finlandia	Polonia
Alemania	Francia	Reino Unido
Bélgica	Italia	Suecia
Canadá	Noruega	Suiza
Dinamarca	Nueva Zelandia	Tailandia
Estados Unidos	Países Bajos	Vietnam

Referencias

- IPCC, 1991:** Informe de la quinta reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos OMM/PNUMA sobre los Cambios Climáticos (IPCC), 13-15 de marzo de 1991, Ginebra.
- OCDE, 1991:** Estimation of Greenhouse Gas Emissions and Sinks: Final Report from the OECD Experts Meeting, 18-21 de febrero de 1991, París, revisión de agosto de 1991.

SECCION III - EVALUACION DE IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMATICO

TAREA 2: Predicción de las distribuciones regionales del cambio climático y estudios de impacto conexos, incluidos estudios de validación de modelos

TAREA 3: Cuestiones relacionadas con la energía y la industria (parte sobre impactos del cambio climático)

TAREA 4: Cuestiones relacionadas con la agricultura y la silvicultura (parte sobre impactos del cambio climático)

TAREA 5: Vulnerabilidad a la elevación del nivel del mar (parte sobre impactos del cambio climático)

POR EL GRUPO DE TRABAJO II

INTRODUCCION

El Grupo de Trabajo II examinó aspectos de cuatro de las tareas aprobadas en la quinta reunión del IPCC (marzo de 1991). Dichas tareas son las siguientes:

- predicción de la distribución regional del cambio climático y estudios de impacto conexos, incluidos estudios de validación de modelos;
- cuestiones relativas a la energía y la industria;
- cuestiones relativas a la agricultura y la silvicultura;
- vulnerabilidad al aumento del nivel del mar.

La primera de estas tareas comprende la elaboración de directrices para la evaluación de los efectos del cambio climático y la determinación de los componentes regionales/nacionales de los sistemas de monitorización que podrían usarse para los estudios de impacto.

También se incluyen aquí actividades adicionales en materia de recursos hídricos e hidrología, que son los temas mencionados con mayor frecuencia por los países como los más preocupantes, en la respuesta que dieran a un cuestionario que hizo circular el Grupo de trabajo, así como a otros temas relacionados con la estructura del Grupo de trabajo en sí. Las actividades citadas se centran solamente en los aspectos de esas tareas directamente relacionados con los impactos del cambio climático.

Desde la aparición del Primer Informe de Evaluación del IPCC (1990) se han incluido estudios que han servido para

ampliar nuestros conocimientos sobre los impactos potenciales del cambio climático. Con todo, estos estudios no alteran radicalmente las conclusiones de aquel informe, pese a sus incertidumbres.

Estimulados por la publicación del Primer Informe de Evaluación del IPCC, se ha llevado a cabo un gran número de estudios regionales sobre la evaluación de los impactos del cambio climático. Un cuestionario que hizo circular el Grupo de Trabajo II resultó muy valioso, por brindar nuevas informaciones y determinar esferas de preocupación comunes a muchos países. Así pues, aproximadamente un 50% de las respuestas pusieron de relieve los impactos del cambio climático en la hidrología y los recursos hídricos, haciendo hincapié en la importancia que tiene el agua en la mayoría de los países. Otros temas de interés prioritario, especialmente para los países en desarrollo, fueron la agricultura y la silvicultura, así como los océanos y las zonas costeras. Ambos reflejan las preocupaciones de los distintos países en lo relativo a la disponibilidad de alimentos procedentes de fuentes terrestres y marítimas.

Otras esferas de preocupación identificadas en el cuestionario fueron la desertificación –especialmente en África y Asia–, los ciclones y otros fenómenos extremos –especialmente los relacionados con países insulares y deltas–, el esparcimiento y el turismo –particularmente sus consecuencias económicas–, y la variabilidad del clima relacionada con el fenómeno El Niño –oscilación austral (ENSO), las sequías prolongadas y los fenómenos extremos. Las respuestas de los países incluyeron la preocupación de que las modificaciones en la variabilidad climática como consecuencia del cambio climático puedan provocar un aumento de los riesgos, en especial en las regiones del mundo en que se sabe que la variabilidad climática tiene impactos sociales y económicos significativos. Es importante observar que muchos países, particularmente del hemisferio sur, también mencionaron el aumento de las radiaciones ultravioleta B como esfera importante de preocupación.

ENERGIA, ASENTAMIENTOS HUMANOS, TRANSPORTE E INDUSTRIA, SALUD HUMANA Y CALIDAD DEL AIRE

En recientes estudios sobre Maldivas y los Estados insulares del Pacífico, como Tuvalu, Kiribati, las Islas Marshall, o el Territorio de Tokelau, quedó confirmado que esos pequeños Estados de litoral bajo y las grandes poblaciones que viven en áreas costeras bajas van a volverse cada vez más vulnerables, especialmente si las medidas de adaptación a la conjunción del aumento del nivel del mar, las trombas tormentosas y las inundaciones costeras se revelan inadecuadas.

La gran dependencia de muchos países en desarrollo respecto de la biomasa y la energía hidráulica indica que estos países son muy sensibles a los impactos del cambio climático. La producción de biomasa, de la que dependen países en desarrollo como Bangladesh para satisfacer de un 90 a un 100% de sus necesidades energéticas, podría verse perjudicada por una combinación de sequías e inundaciones provocadas por el cambio climático.

Por otra parte, no ha habido muchos trabajos nuevos que hayan echado más luz sobre la cuestión de los impactos socioeconómicos del cambio climático en los sectores de la energía, los asentamientos humanos, y transporte e industria, así como en la salud humana y la calidad del aire.

Un estudio efectuado en el Reino Unido muestra que la contracción e hinchamiento del suelo por efecto del cambio climático en áreas ricas en arcilla tiene una importante incidencia en los sectores de la construcción, seguros y asentamientos humanos. Las industrias que dependen del agua, como la del procesamiento de alimentos, la fabricación de papel o la generación de energía podrían verse afectadas por los cambios hidrológicos acaecidos en el contexto de un cambio climático.

El conocimiento de la influencia del cambio climático en la salud humana se ha ampliado y ha confirmado los resultados comunicados anteriormente, entendiéndose mejor ahora los cambios potenciales en los hábitat de los vectores de enfermedades como resultado del calentamiento mundial, especialmente en Nueva Zelanda y Australia. Enfermedades como la malaria, la filariasis linfática, la esquistosomiasis, la leishmaniasis, la oncocercosis (ceguera de los ríos), la fiebre dengue y la encefalitis australiana y japonesa podrían propagarse o volver a aparecer en muchos países como consecuencia del calentamiento mundial. Respecto de los efectos de las radiaciones ultravioleta-B sobre la salud, estudios recientes demuestran que las mismas afectan al sistema inmunosupresor humano y a la visión.

AGRICULTURA Y SILVICULTURA

Otros estudios llevados a cabo recientemente, como los realizados en la Comunidad Europea, Norteamérica y el Sureste asiático, confirman las conclusiones del primer informe de evaluación de impactos del IPCC (1990) en el sentido de que los impactos variarán, en gran medida, según la importancia del cambio climático y el tipo de agricultura. Estas conclusiones amplían considerablemente, aunque no modifican radicalmente, las del informe de 1990. Pese a ello, confirman que el impacto del calentamiento mundial sobre la agricultura puede ser grave si el calentamiento alcanza el punto máximo de la gama de valores proyectados del Grupo de Trabajo I del IPCC.

Estudios recientes han reforzado la preocupación por la sequía como esfera en que el cambio climático plantea el mayor riesgo para la agricultura y, consiguientemente, por la probabilidad de que las regiones áridas y semiáridas sean las más vulnerables al cambio climático.

Otros estudios recientes confirman las anteriores conclusiones del IPCC en el sentido de que el cambio climático puede favorecer la existencia de condiciones ecológicas para el desarrollo y la proliferación de insectos, que quizás tengan efectos negativos sobre los cultivos, el ganado y la producción forestal de algunas regiones.

La investigación sigue abordando la importancia relativa de los efectos directos e indirectos del CO₂, combinados con un aumento de la temperatura, sobre la futura producción agrícola. Si bien algunos científicos ponen el acento en el aumento de la fotosíntesis y en el aprovechamiento más eficiente del agua constatados en condiciones controladas, otros se muestran escépticos en cuanto a la posibilidad de que esos beneficios se pongan de manifiesto en las explotaciones agrícolas en condiciones climáticas cambiantes.

Los efectos del cambio climático sobre el crecimiento de las plantas pueden traducirse en el mantenimiento de las condiciones actuales del suelo en algunas regiones, ya que una mayor cantidad de materia orgánica del suelo y una cubierta más densa del mismo pueden contrarrestar los efectos de la erosión del suelo causada por precipitaciones pluviales más intensas e índices más elevados de oxidación de la materia orgánica a causa del aumento de la temperatura.

La adaptación del sistema de producción agrícola existente al cambio climático sería posible y los sistemas mundiales de investigación agrícola estarían en condiciones de brindar nuevas variedades de cultivos, que mantendrían un rendimiento elevado y calidad nutritiva. No obstante, será menester realizar esfuerzos para que los pequeños agricultores de los países en desarrollo puedan acceder oportunamente a aquellos adelantos y responder así a los cambios sobrevenidos en las condiciones climáticas locales.

Nuevos análisis apoyan la conclusión del Informe de 1990 en el sentido de que los impactos del cambio climático en los bosques podrían tener consecuencias socioeconómicas significativas. Esto es importante sobre todo para los países y regiones en que el bienestar económico y social y el desarrollo económico dependen en gran medida del sector forestal.

Las principales incertidumbres hacen necesario seguir recopilando datos e investigando, con vistas a la elaboración de políticas y la toma de decisiones. Conciernen particularmente a: 1) la extensión de los bosques naturales y sujetos a ordenación, su variación espacial y temporal, y su papel en el ciclo mundial del carbono; 2) la genética y la fisiología de las especies arbóreas y las relaciones entre especies subordinadas y competitivas; 3) los impactos a nivel regional; y 4) los vínculos entre los impactos a nivel regional, las estructuras socioeconómicas, y los umbrales y límites críticos en que se producen los cambios.

ECOSISTEMAS NATURALES TERRESTRES

Análisis subsiguientes a los que figuran en el Primer Informe de Evaluación del IPCC (1990) refuerzan la prin-

principal conclusión de este informe en el sentido de que los ecosistemas naturales terrestres podrían verse confrontados con impactos medioambientales de importancia como resultado del aumento de la concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero y de los consiguientes cambios climáticos. En particular estos estudios siguen sugiriendo que el ritmo de esos cambios será el principal factor de determinación del tipo y grado de los impactos, habiéndose previsto diversas respuestas según las diferentes regiones y comunidades dentro de los ecosistemas. Las actuales proyecciones climáticas siguen sugiriendo que el ritmo del cambio puede ser más rápido que la capacidad de respuesta de algunas especies que componen los ecosistemas, y que las respuestas de las especies y de los ecosistemas pueden ser repentinas y conducir potencialmente a la desestabilización o degradación de tales ecosistemas.

El fomento de una mayor conciencia pública de los valores generales de los ecosistemas naturales terrestres es esencial para lograr el apoyo público con miras a sostener estos ecosistemas en un clima cambiante. Se debería hacer especial hincapié en la participación de los responsables de gestión de los ecosistemas, y de la gente del lugar, en la evaluación de los impactos y consecuencias del cambio climático y de las estrategias de respuesta.

Uno de los principales problemas relativos a los impactos del cambio climático en los ecosistemas terrestres se refiere a la disponibilidad de agua. En efecto, estudios llevados a cabo recientemente sugieren que, si bien la eficiencia en el aprovechamiento del agua por la vegetación podría aumentar en una atmósfera enriquecida en CO₂, la misma cantidad de agua podría ser necesaria en cada unidad de superficie de suelo, debido al aumento del índice foliáceo causado por la mayor cantidad de biomasa producida en esa atmósfera enriquecida.

Como consecuencia de los cambios climáticos proyectados se prevé un más rápido achicamiento de la selva tropical del continente africano y la aparición del síndrome del Sahel en la sabana. Estos cambios podrían empeorar los ya precarios sistemas productivos de las regiones afectadas de África, ejerciendo una presión aún mayor sobre los ecosistemas naturales correspondientes y las especies que los componen. La degradación de las tierras húmedas y de los lagos poco profundos - por ejemplo, en los ecosistemas de la sabana africana o en las grandes planicies de América del Norte - como resultado de la disminución proyectada de la cantidad de lluvia y de la humedad del suelo, podrían afectar negativamente a los animales del lugar y a las especies migratorias.

Los cambios climáticos proyectados pueden causar impactos profundos, tanto beneficiosos como perjudiciales, por lo que se refiere a la distribución y la productividad de valiosas pesquerías e industrias afines. La presión adicional sobre los ecosistemas de agua dulce como resultado del cambio climático puede reducir a corto plazo el número de especies y la diversidad genética entre las especies que viven en

aguas dulces. El calentamiento prolongaría la temporada de crecimiento, lo que podría llevar a un aumento de la productividad pesquera en sitios en que la temperatura constituye actualmente un factor limitativo.

En los conocimientos actuales subsisten incertidumbres y lagunas en lo relativo a nuestra comprensión de los impactos del cambio climático en el medio ambiente y de las consiguientes consecuencias socioeconómicas. Los esfuerzos nacionales, regionales y mundiales deben realizarse mancomunadamente y centrarse en la reducción de estas deficiencias, que se originan sobre todo en la falta de información suficiente sobre: a) los procesos ecológicos fundamentales; b) los vínculos existentes entre el clima y la química atmosférica por una parte, y la respuesta de los ecosistemas naturales terrestres y las especies que los componen por la otra; y c) los vínculos existentes entre los cambios en los ecosistemas naturales terrestres y el bienestar social y económico en condiciones climáticas cambiantes. Existe particularmente una falta de información sobre la sensibilidad al cambio climático de estos ecosistemas y de las especies que los componen, sobre la vulnerabilidad de los sistemas sociales y económicos a los cambios en los ecosistemas, y sobre los umbrales/niveles críticos de estos ecosistemas y de los sistemas sociales y económicos correspondientes. Los programas internacionales existentes, como GEMS y MAB, pueden constituir un medio adecuado para examinar estas deficiencias.

OCEANOS Y ZONAS COSTERAS: EFECTOS ECOLOGICOS

Desde la publicación del primer informe de evaluación de impactos del IPCC (1990), nuevos estudios realizados confirman que el aumento del nivel del mar es más preocupante para los ecosistemas de las zonas costeras bajas que el aumento de la temperatura del agua. Pese a ello, la combinación de un aumento del nivel del mar y de la temperatura del agua, junto con cambios en las precipitaciones y las radiaciones ultravioleta B, pueden tener efectos importantes en los ecosistemas marinos, como la redistribución y los cambios en la producción biótica.

El impacto de la elevación del nivel del mar dependerá del aumento neto total resultante de los movimientos verticales relativos de las tierras y el mar. En áreas que sufran una elevación eustática natural del suelo debido al movimiento de las placas tectónicas, el reajuste glacial y la actividad volcánica, el nivel del mar aumentará relativamente poco. En áreas terrestres que están hundiéndose naturalmente, como en el sudeste de los Estados Unidos de América, debido a las fuerzas tectónicas y de compactación, los impactos del aumento del nivel del mar serán más importantes. Un nuevo estudio del Mar de Bering indica que en áreas donde no exista elevación natural de las tierras podrían producirse impactos importantes en los sitios en que haya una alta densidad de organismos marinos dependientes de ciertos tipos de medio ambiente costeros o cercanos a las costas que puedan verse afectados por un aumento del nivel del mar. Sea como fuere la elevación del nivel del mar tiene conse-

cuencias mucho menores en las áreas septentrionales que otros impactos del cambio climático en los ecosistemas septentrionales y en el ciclo mundial del carbono. Estas regiones son muy importantes para el ciclo mundial del carbono y un pequeño aumento de temperatura podría causar un importante incremento de la bioproductividad y del flujo de carbono hacia los océanos.

Los organismos coralinos crecen de 1 a 20 centímetros por año, y está comprobado que el conjunto de los arrecifes crece hasta 1,5 centímetros por año. No todos los arrecifes crecen a este ritmo, pero el crecimiento de la mayoría de ellos debería ir parejo al aumento previsto del nivel del mar si otros factores no modifican las condiciones de crecimiento. La presión ejercida en los arrecifes por otras variables (tormentas, sedimentación, enfermedades, lluvias, radiaciones, turbiedad, pesca excesiva, mortandad en los criaderos de algas, etc.) podría impedir que algunos arrecifes crecieran al mismo ritmo que el nivel del mar, traduciéndose esto en cambios en la hidrodinámica de las áreas cercanas a las costas.

Con respecto al aumento de temperatura, los organismos marinos de los trópicos viven más cerca de su tolerancia térmica máxima que los que viven en climas más templados. Si bien un aumento de temperatura de 1 a 2°C elevaría la temperatura media del verano a más de 30°C en muchas regiones tropicales o subtropicales, se prevé que la mayoría de los organismos migratorios estará en condiciones de tolerar un cambio semejante. El aumento de la temperatura puede desencadenar fenómenos de decoloración en algunos corales, pero se espera que las demás presiones mencionadas sean más importantes.

Las plantas sometidas a la acción de las mareas, como los mangles, pueden resistir a temperaturas elevadas y, a menos que el aumento de temperatura afecte a su reproducción, es improbable que tenga consecuencia alguna. Debido a que los mangles crecen mejor en un medio ambiente moderadamente salino, estas plantas quizás puedan adaptarse al aumento del nivel del mar en las áreas húmedas de secano, pero pueden no resistir y sucumbir en áreas más áridas, especialmente si no pueden retirarse al interior. Así pues, los cambios futuros en el régimen de lluvias y escorrentías, así como de la tala excesiva, pueden ser más importantes que el aumento del nivel del mar. Con respecto a las marismas, nuevos estudios indican que las plantas de latitud media parecen tolerar mejor la salinidad y ser más productivas cuando las concentraciones de CO₂ son elevadas.

Las nuevas conclusiones de la OMM y el PNUMA indican que las radiaciones ultravioleta B que llegan al medio ambiente de las zonas oceánicas y costeras aumentarán más rápido de lo que se esperaba cuando se redactó el primer informe. Dado que gran cantidad de organismos marinos pasan toda su vida o períodos de vulnerabilidad cerca de la superficie del agua, existe una amenaza importante para algunas pesquerías. En el primer informe se expresaba preocupación por la bioacumulación de contaminantes durante la

marea alta desde las instalaciones de eliminación de desechos ubicadas en las costas. También hay agentes bacterianos y víricos en ellas y en los sistemas costeros de desagües cloacales, que podrían vertirse cada vez más en aguas costeras. Podrían producirse impactos sobre los organismos costeros, pero la principal preocupación concierne a los seres humanos que los consumen y a la disminución de la actividad comercial debido a la clausura de las zonas de peces y mariscos por las autoridades sanitarias. Por último, los cambios potenciales en la frecuencia o intensidad de las tormentas podrían tener importantes consecuencias ecológicas para los recursos costeros.

HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS

Desde la publicación del primer informe de evaluación de impactos del IPCC (1990) se han realizado varios estudios sobre el impacto del cambio climático en la hidrología y los recursos hídricos. Lamentablemente, aún no se dispone de una información adecuada sobre las regiones afectadas por la aridez y la desertificación, y se debería realizar un esfuerzo para llenar esta laguna. Los nuevos estudios ampliaron el alcance geográfico de los informes originales, pero proporcionaron pocas ideas nuevas con respecto a la sensibilidad y la vulnerabilidad hidrológicas de los sistemas de gestión de los recursos hídricos existentes, a la vez que confirmaban muchas conclusiones previas.

Las principales conclusiones sugeridas por los nuevos estudios son las siguientes:

- Se han hecho progresos significativos en los análisis de la sensibilidad hidrológica en los países desarrollados, si bien aún existen grandes lagunas informativas en lo relativo a las consecuencias del cambio climático para los países menos adelantados.
- Los análisis comparativos de sensibilidad que dependen de los CGM existentes brindan ideas con respecto a los efectos hidrológicos físicos y los impactos sobre la gestión de los recursos hídricos, pero las diferencias de los resultados de los CGM, junto con las grandes diferencias en los análisis de sensibilidad hidrológica, dificultan la evaluación de impactos del cambio climático en regiones específicas.
- Las características temporales del flujo de corrientes en casi todas las regiones mostraron una mayor variabilidad y ampliación de los extremos, con inundaciones de mayor volumen y crestas de flujo, así como un aumento de los episodios de bajo flujo y un desplazamiento en el punto de inflexión de la escorrentía estacional.
- Cuanto más elevado sea el grado de control, regulación y gestión de la demanda sectorial de agua, menores serán los efectos negativos previstos del calentamiento global. A la inversa,

los sistemas hidrológicos no regulados son más vulnerables a las alteraciones hidrológicas potenciales.

Las principales recomendaciones son las siguientes:

- El aumento de la variabilidad de las inundaciones y sequías hará necesario reexaminar los supuestos de diseño de ingeniería, las normas de funcionamiento, la optimización de los sistemas, y una planificación de emergencia para los sistemas de gestión del agua existentes y planeados.
- Los nuevos estudios sobre sensibilidad hidrológica y vulnerabilidad de la gestión de recursos hídricos deberán centrarse en las regiones áridas y semiáridas y en los pequeños estados insulares.
- Es necesario un enfoque uniforme de los análisis de sensibilidad hidrológica al cambio climático, a fin de poder comparar los resultados.

CRIOSFERA

Los análisis siguen apoyando la conclusión de que los cambios del clima proyectados, unidos al aumento de las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero, pueden reducir sustancialmente la extensión y el volumen de la cubierta estacional de nieve, de los glaciares montañosos, de los mantos de hielo terrestre y del suelo helado, incluidos el permafrost y del suelo estacionalmente helado.

Análisis recientes han echado un poco más de luz sobre los impactos potenciales sobre estos elementos de la criosfera terrestre.

- Un análisis de datos de origen satelital sobre la cubierta de nieve ha mostrado que la extensión de nieve del hemisferio norte alcanzó sus niveles más bajos desde mediados de 1987 y que las principales anomalías negativas se produjeron en primavera.
- En 1989, las temperaturas fueron superiores a las normales en gran parte del hemisferio norte, por lo que empezaron a producirse profusos deslizamientos de la capa activa del permafrost en algunas regiones del Ártico canadiense y ruso, formándose barreras y degradándose la calidad del agua en las corrientes afectadas e iniciándose nuevos fallos.
- En las regiones árticas pueden haberse subestimado las emisiones de metano procedente de hidratos como resultado de la degradación del permafrost.

- Existen algunas pruebas de que los glaciares de las regiones polar y subpolar del hemisferio norte se están retirando a un ritmo más lento que el supuesto anteriormente, aunque en los últimos 30 años algunos avanzaron. Si bien las observaciones correspondientes al hemisferio sur no son tan detalladas, las registradas en varios glaciares de Nueva Zelanda muestran que éstos han venido retrocediendo desde mediados del siglo pasado, y se ha sugerido que ello resulta de un aumento de la temperatura y de la simultánea disminución de la precipitación.

Las incertidumbres más importantes están relacionadas con la comprensión de los procesos criológicos fundamentales, la relación entre los elementos de la criosfera (como el impacto de los cambios en la cubierta de nieve sobre la dinámica del permafrost y de los glaciares), el impacto del cambio climático sobre estos elementos de la criosfera, la interdependencia de los ecosistemas conexos (como la erosión del suelo y los cambios de estabilidad relacionados con la degradación del permafrost) y los sistemas humanos (estructuras, transporte, líneas de transmisión, etc.), y el papel de la criosfera en el clima local, regional y mundial y en el cambio climático.

PREDICCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO REGIONAL

La predicción del cambio climático con precisión regional conlleva un gran margen de incertidumbre, particularmente los cambios de precipitación, que revisten una gran importancia práctica. Es menester realizar urgentemente progresos en la elaboración de modelos GCM, especialmente por lo que se refiere al mejoramiento de su capacidad para efectuar predicciones regionales, en particular para comprender los cambios que se producen en las regiones áridas y semiáridas. La labor de mejorar las predicciones regionales aplicando el método paleoanalógico sigue llevándose a cabo en Rusia y otros países. En las ulteriores labores del IPCC deberían examinarse y evaluarse conjuntamente todos los métodos de predicción climática regional.

DIRECTRICES APLICABLES A LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El Grupo de Trabajo II está elaborando directrices para evaluar las consecuencias socioeconómicas y medioambientales del cambio climático potencial. Estas directrices constituirán un marco para el estudio de las interacciones clima, – medio ambiente– sociedad, así como para estimar el impacto del cambio climático, lo que permitirá efectuar comparaciones e integrar los valores de impacto con respecto a diversas áreas geográficas y sectores económicos. En 1992 tras haberse efectuado un análisis entre colegas, se podrá disponer de directrices preliminares. El resto del trabajo será realizado a más largo plazo.

Las evaluaciones de impacto del cambio climático comprenden las siguientes etapas: i) definición del problema;

ii) selección de método(s) analítico(s); iii) probado del método; iv) elaboración de escenarios climáticos y socioeconómicos; v) evaluación de los impactos potenciales; vi) evaluación de los ajustes técnicos; y vii) consideración de opciones de política.

La definición del problema comprende la determinación de metas específicas para la evaluación, del sector o sectores y el área o áreas geográficas de interés, del límite temporal del estudio, de las necesidades de datos y del contexto de la labor.

La selección del o los métodos analíticos dependerá de la disponibilidad de recursos, modelos y datos. Los análisis de evaluación de impacto podrían abarcar desde los cualitativos y descriptivos hasta los cuantitativos y de pronóstico. Para asegurar la credibilidad es preciso poner a prueba detenidamente los métodos, efectuando en particular estudios sobre validación de modelos y sensibilidad, antes de emprender la evaluación completa.

La elaboración de los escenarios climáticos y socioeconómicos comprende varias etapas. Deberían establecerse las condiciones climáticas, socioeconómicas y medioambientales actuales y proyectadas para el período en estudio sin tener en cuenta el cambio climático. También deben elaborarse escenarios de cambio climático regional para el período en estudio. En tercer lugar, se deberían efectuar proyecciones de los efectos biofísicos y medioambientales en el marco de un clima modificado. Luego esas previsiones deberían utilizarse, preferentemente en modelos medioambientales – económicos integrados, para calcular los efectos socioeconómicos en condiciones de clima alterado. La evaluación de los efectos potenciales para el sector o sectores y la esfera o esferas de interés comprende la estimación de las diferencias en las condiciones medioambientales y socioeconómicas proyectadas en los supuestos de cambio y ausencia de cambio climático.

Las proyecciones de los efectos con cambio climático y sin él deberían incorporar ajustes “automáticos”. No obstante, en la evaluación de impactos se debería tratar de evaluar los ajustes técnicos adicionales resultantes de la aplicación de tecnologías o prácticas existentes o nuevas de que se pudiera disponer durante el período de estudio, suponiendo que no habrá cambios en el actual marco legal e institucional.

En la medida de lo posible, deberían evaluarse los costos y beneficios del cambio climático en términos comunes y de valor neto actual equivalente, o bien en términos cualitativos. El marco general antes mencionado también debería permitir examinar opciones de política y sus impactos socioeconómicos y ecológicos.

VIGILANCIA CONTINUA (MONITORIZACION) PARA DETERMINAR LAS CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMATICO

Es preciso aumentar la información y los datos disponibles para apoyar los estudios de impacto, especialmente en los

países en desarrollo. Esta necesidad puede ser satisfecha mediante el aumento y, según corresponda, el establecimiento de programas integrados de monitorización que incluyan parámetros biológicos, químicos, físicos y climatológicos, así como la elaboración de las evaluaciones sociales y económicas correspondientes, a escala nacional, regional y mundial, para determinar las consecuencias del cambio climático. Las necesidades que deben garantizarse en materia de calidad de datos y los análisis de datos y su interpretación deben llevarse a cabo cuidadosamente. El empleo de protocolos comunes para los procesos de recopilación y análisis - como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) - o para los equipos contribuirán a asegurar la comparación y a alentar aún más la cooperación internacional. La elaboración de las directrices preliminares del IPCC para la evaluación de los impactos del cambio climático constituye una contribución importante a este fin.

La monitorización de los ecosistemas terrestres y marinos sensibles, como la criosfera, y de las especies que los componen deberían tener prioridad, ya que podrían proporcionar una detección/aviso tempranos del cambio climático y de sus impactos. También deberán tener prioridad las especies y ecosistemas con importante valor social y/o económico, determinado a nivel local o regional. El sistema clásico de la estación terrestre, que incluye puntos, trazados y cortes transversales, debería proporcionar los elementos básicos de los programas de monitorización, aunque éstos deberían completarse con observaciones a distancia (satélites, radares y fotogrametría). Además se debería sacar provecho de los sistemas automáticos de transmisión y proceso de datos.

En la actualidad organizaciones internacionales como el PNUMA, la OMM y la COI llevan a cabo programas de monitorización para ayudar a determinar las consecuencias ecológicas y socioeconómicas del cambio climático. El PNUMA tiene un programa inicial para la observación de los ecosistemas terrestres, con observaciones que se extienden a ambos lados de los límites actuales de las zonas de vegetación, para poder detectar tempranamente los posibles desplazamientos de esos límites. La OMM y la COI, entre sus muchas actividades de monitorización, han establecido un sistema de observación por satélite para los parámetros climáticos y oceánicos. Al planificar el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO) deberían considerarse las ventajas que se podrían obtener de incluirse la monitorización de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres y marinos. Se podría obtener así rápidamente una indicación del efecto integrado del cambio climático.

SECCION IV

TAREA 3: CUESTIONES RELACIONADAS CON LA ENERGIA Y LA INDUSTRIA

POR EL GRUPO DE TRABAJO III

INTRODUCCION

En marzo de 1991, el Grupo determinó tres esferas fundamentales para que el Subgrupo sobre energía e industria profundizase el estudio. Sus finalidades eran las siguientes::

- a) colmar todos los vacíos importantes en el análisis realizado hasta la fecha sobre las respuestas de los sectores energético e industrial para limitar el cambio climático; y
- b) comenzar nuevas esferas de análisis y sugerir esferas de investigación excesivamente difíciles de abordar en la primera fase del IPCC.

A continuación se presentan en forma resumida estos estudios, que no han sido revisados aún por otros expertos o bien informes sobre los progresos realizados al respecto. La revisión de expertos tendrá lugar a finales de este año. No obstante, hasta entonces estos estudios pueden dar valiosa información para fines de análisis de política y de adopción de decisiones. Aunque se ha tratado de ofrecer un reflejo de todo el material disponible, algunos estudios se confinaron a un número limitado de fuentes o de bases de datos. Algunos estudios habían tenido que basarse en trabajos que no habían sido realizados con metodologías o bases de datos coherentes.

RESUMEN DE LAS SUBTAREAS

1) Evaluación general de las opciones tecnológicas para atenuar el calentamiento mundial

Este estudio tiene por finalidad evaluar las diversas opciones tecnológicas que permitan disminuir los gases de efecto invernadero, en especial el CO₂, de forma exhaustiva. Aprovechando las enseñanzas del informe de estrategias de respuesta del IPCC (1990) (véase Cuadro 3.2), en el presente documento se da cuenta de algunas de las conclusiones provisionales del examen de las tecnologías, como primera parte de la labor. Los resultados de la segunda parte, elaboración de futuros escenarios sobre el empleo de estas tecnologías, estarán disponibles, con una primera parte actualizada, a fines de 1992.

Las conclusiones provisionales son las siguientes:

- a) La conservación de la energía y la mejor eficiencia en la producción, conversión, distribución y utilización final de la energía, es una de las

opciones más eficaces a nuestro alcance actualmente y en el futuro. La reestructuración del sistema (por ejemplo, la utilización de energías en cascada y la mejora de la infraestructura) encieran prometedoras posibilidades.

- b) Las tecnologías de captación y confinamiento del CO₂ producido por la combustión de combustibles fósiles merece investigación, considerando que se cuenta con seguir dependiendo de los combustibles fósiles como fuentes primarias de energía.
- c) La energía eléctrica de origen nuclear tiene posibilidades tecnológicas de ser una de las principales fuentes de energía en el siglo que viene, pero tendrá que hacer frente a diversas limitaciones socioeconómicas y de seguridad.
- d) Hay actualmente diversas tecnologías prometedoras de combustibles de origen distinto del fósil: las energías fotovoltaica (PV), eólica, hidroeléctrica, geotérmica, de biomasa y térmica solar. La energía fotovoltaica puede ser utilizada en primer lugar a pequeña escala en los tejados, y luego en mayor escala en los desiertos y en la superficie de los océanos si se logra hacer sustanciales progresos en la tecnología de distribución de esta energía.
- e) El potencial físico de la biomasa para utilización energética es aparentemente elevado pero, en algunas regiones, compite con los alimentos por el uso de la tierra, lo que puede limitar su producción. Se puede estudiar la posibilidad de una intensificación de la agricultura medioambientalmente idónea para una producción más eficiente. (Véase también párrafo 2.7 sobre biomasa, más abajo.)

2) El inventario de tecnologías del IPCC

El inventario de las tecnologías (TCI) elaborado por el IPCC ofrece una fuente de información de datos coherentes y bien documentados sobre tecnología para las actividades de análisis y planificación encaminadas a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. Se hace especial hincapié en las tecnologías que pueden ofrecer especial interés para los países en desarrollo y para las economías en transición. Se aprovecha la información procedente de numerosas fuentes para describir tecnologías divididas en cinco categorías: 1) producción de energía primaria 2) conservación y procesamiento de energía secundaria 3) transferencia de energía 4) tecnologías de utilización final y 5) tecnologías de control de los gases de efecto invernadero.

Como la información y los datos no son suficientemente detallados para diseñar instalaciones específicas de tecnología, se facilitan direcciones de especialistas en todas partes del mundo. La base de datos contiene información sobre fuentes de energía y principales regiones del mundo. Se puede introducir información específica por países a medida de que vaya estando disponible como resultado de aplicaciones y análisis específicos.

La Fase I consiste en un diseño preliminar de la base de datos y descripciones de 18 tecnologías. Estas 18 tecnologías que figuran en el Cuadro 1 fueron examinadas por el IPCC en febrero de 1992. Las actividades de la Fase II se iniciaron en diciembre de 1991. Para junio de 1992, el TCI contendrá unas 90 tecnologías. Se espera tener en el futuro nuevas versiones de la base de datos que contendrán tecnologías actualizadas y otras nuevas.

Cuadro 1: Inventario de las tecnologías-Fase I

ABASTECIMIENTO

- Producción de vapor con carbón pulverizado
- Turbina de gas: vapor inyectado y enfriamiento intermedio (ISTIG)
- Combustión atmosférica con lecho fluidificado
- Cogeneración (diesel)
- Electricidad termosolar - caba parabólica
- Combustión de desechos urbanos sólidos
- Transformadores eléctricos de alto rendimiento

UTILIZACIÓN FINAL DE LA ENERGÍA

- Motores eléctricos
- Iluminación: iluminación fluorescente compacta
- Iluminación: estabilizadores fluorescentes electrónicos
- Vehículos que utilizan carburantes de sustitución: metanol
- Vehículos que utilizan carburantes de sustitución: gas natural comprimido
- Señalización moderna para el tráfico viario

INDUSTRIA

- Motores: motores eléctricos de uso industrial
- Soldadura eléctrica de alto rendimiento
- Productos químicos: producción de fertilizantes de alto rendimiento
- Pasta y papel: deshidratación mecánica
- Refinado de petróleo: sistemas de regulación del proceso (destilación)

3) Opciones tecnológicas para reducir las emisiones de metano

La disminución de las emisiones de metano antropogénico a escala mundial en un 15 a 20% puede detener el aumento de la concentración de ese gas en la atmósfera. El Grupo de trabajo EE.UU./Japón ha realizado un análisis técnico de las opciones aplicables para reducir estas emi-

siones (alrededor de un 60% de las emisiones mundiales de metano), a partir de la información que facilitaron los países que participan en el IPCC. Existen opciones tecnológicas para limitar las emisiones originadas por las principales fuentes, a excepción del cultivo de arroz anegado y de la quema de biomasa. Tales opciones pueden ser económicamente viables en puntos convenientes de muchas regiones del mundo, y representan diferentes grados de necesidades técnicas y de capital (que se resumen en el Cuadro 2). En muchos casos, estas soluciones ofrecen una serie de ventajas, empezando por una mejor calidad del aire, mejor protección de las aguas de superficie y subterráneas, mayor productividad, menor riesgo de explosión y mejor disponibilidad y utilización de los recursos energéticos. Algunas de estas tecnologías están ya implantadas y sus ventajas han quedado demostradas en algunos mercados. Diversos obstáculos impiden que estas soluciones se apliquen de forma generalizada en muchos países, especialmente en los países en desarrollo, tanto la falta de capital y de información técnica como el carácter contradictorio de los sistemas de incentivo. Es necesario allanar estos obstáculos en función de las condiciones propias de cada país y lugar.

4) Utilizaciones finales de la electricidad - Aumento del rendimiento energético

El estudio aborda el tema del aumento de la eficiencia en la utilización final de la electricidad presentando un examen detallado de lo siguiente: a) situación de las tecnologías disponibles para aumentar la eficiencia de utilización final de la energía eléctrica; b) factores que limitan la aplicación y despliegue generalizado de estas tecnologías y c) políticas que han sido aplicadas para aumentar la eficiencia de utilización final de la electricidad.

Las conclusiones al informe se resumen como sigue. En los próximos decenios una parte considerable del aumento de las emisiones de carbono antropogénico será originada probablemente por la generación de energía eléctrica. Si la eficiencia de empleo final mejorase más allá de lo esperado en las actuales condiciones tecnológicas y para las actuales políticas, se podría frenar considerablemente el aumento del consumo de electricidad, y con ello las consiguientes emisiones de carbono proyectadas. Sobre la base de la experiencia hecha en los países industrializados y en desarrollo en materia de tecnologías, programas y políticas, el aumento de eficiencia en el empleo final de la electricidad es posible. Es evidente que buena parte de estos aumentos puede lograrse de forma económicamente rentable. Para que esta estrategia de freno al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero dé buenos resultados es indispensable que los países en desarrollo adopten más decididamente estas tecnologías eficientes.

5) Perspectivas y políticas con relación al gas natural

Una de las opciones para disminuir las emisiones de CO₂ consiste en sustituir los combustibles de mayor contenido de carbono por el gas natural. La demanda de gas va en

Cuadro 2: Resumen de características de las opciones para disminuir las emisiones de metano

			Disponibilidad					Ventajas			
Fuente	Emisiones (Tg) ¹	Disminuciones del metano mediante opciones individuales	para 1995	para 2005	después de 2005	Se incluyen las opciones que reportan beneficios	Se incluyen las opciones de baja tecnología	Calidad del aire/agua	Seguridad	Productividad	Recuperación de energía
Fuentes EIS											
Explotación minera del carbón		hasta 90%	X	X		X	X	X	X	X	X
Petróleo y gas	70-120	hasta 80%	X	X		X	X	X	X	X	X
Combustión		NQ	X	X		X		X			
Fuentes AFOS											
Rumiantes	65-100	hasta 75% ²	X	X	X	X	X			X	
Desechos animales	20-30	hasta 80%	X			X	X	X		X	X
Basureros	20-70	hasta 90%	X			X	X	X	X		X
Aguas de desecho		hasta 80%	X			X	X	X			X
Quema de biomasa ³	20-80	NQ		X			X	X	X	X	
Cultivo del arroz	20-150	hasta 30%			X					X	

¹ Estimaciones del Grupo de Trabajo I

² Disminuciones de metano por unidad de producto

³ Quema *in situ* y para cocinar

NQ = No cuantificado

aumento en todo el mundo y se cuenta con una duplicación del consumo para el año 2005. Como punto de partida para su análisis, el IPCC ha examinado el estudio sobre el gas natural publicado por la Agencia Internacional de Energía (AIE) y titulado *Natural Gas Prospects and Policies* (Perspectivas y Políticas con relación al Gas Natural) (octubre de 1991). Este estudio presenta un análisis exhaustivo de la oferta y la demanda de gas natural, y en particular el marco institucional en torno a la producción, la transmisión y utilización de este gas. En este trabajo se estudian principalmente la demanda de gas natural en los países de la OCDE, pero también se tratan ampliamente fuentes exteriores a esa Organización. La Agencia Internacional de Energía prevé que la demanda de gas natural al exterior de la OCDE será aproximadamente doble que la de esta Organización para el año 2005. El estudio indica que en el mundo hay abundantes recursos de gas, incluso contando con la esperada duplicación de la demanda en algunas de las regiones hasta el año 2005 inclusive, a unos precios que oscilan entre 3 y 6 dólares EE.UU. por MBtu (en dólares EE.UU. de 1990). Sin embargo, en el estudio no se analizó la capacidad para atender la demanda después del año 2005. Antes de que se pueda movilizar capital privado para respaldar una explotación en muy gran escala y a largo plazo del gas en partes remotas del mundo, será probablemente necesario concertar acuerdos intergubernamentales que faciliten y mantengan la competitividad de los mercados, el acceso a los recursos y a los sistemas de transmisión, así como los contratos comerciales sobre una base internacional no discriminatoria.

El IPCC debería continuar su análisis estudiando en especial los países no pertenecientes a la OCDE, la demanda mundial y regional que experimenta un gran aumento, y cuestiones relativas a la oferta y la demanda después del año 2005.

6) Evaluación temática del sector de transportes por carretera

Habida cuenta de la importancia del sector de transportes por carretera para las emisiones actuales y futuras de gases de efecto invernadero, el Grupo decidió ejecutar un análisis temático del sector. El trabajo se concentrará en medidas tales como la eficiencia del combustible, los combustibles alternativos para el transporte, los dispositivos para disminuir las emisiones y los cambios estructurales, institucionales y orgánicos. Como la labor acaba de iniciarse, no se dispone de conclusiones por el momento.

7) Biomasa, energía de origen biológico y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Un examen relativo a la utilización de biomasa como fuente de energía llega a la conclusión de que la energía de origen biológico ofrece importantes posibilidades de reducir los gases de efecto invernadero al sustituir a los combustibles fósiles. Se observa que las emisiones de CO₂ provenientes de biomasa renovada o de desecho no se suman a la carga global de carbono en la atmósfera sobre la base de los ciclos de vida. Se pueden emplear ya algunas tecnologías de combustión de biomasa que, además, disminuyen otros gases de efecto invernadero (por ejemplo CH₄ y N₂O).

Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden reducirse mediante el secuestro del carbono y la producción de bioenergía. Deberían estudiarse las medidas siguientes: utilización de la biomasa de desechos como combustible, y producción de biomasa mediante prácticas intensivas pero medioambientalmente idóneas de silvicultura y agricultura, compatibles con la conservación del carbono en los bosques y suelos.

La combustión de biomasa puede ser ya competitiva con los combustibles fósiles para 1) la producción de calor o vapor y 2) la cogeneración de vapor y de electricidad. También se debería estudiar la producción medioambientalmente idónea de biocombustibles líquidos.

La primera parte del informe está lista para examen. La segunda parte, que trata de las tecnologías, se podrá examinar a fines de 1992.

8) Impactos económicos a escala mundial de las medidas de respuesta adoptadas por los países industrializados

Varios estudios disponibles tratan de la imposición fiscal por las emisiones de dióxido de carbono y de carbono causadas por el sector de producción de energía. Los impactos económicos de esas medidas de control de las emisiones de gases de efecto invernadero serían distintos entre los países industrializados, a causa de las diferencias existentes en cuanto a la abundancia de sus recursos, las estructuras relativas de los precios de la energía, la capacidad de sustitución de combustibles y los niveles de eficiencia energética alcanzados. Los estudios examinados hasta la fecha en esta actividad indican que los costos de imponer medidas fiscales a las emisiones de carbono podrían disminuir el aumento del PIB en los países industrializados. Los costos podrían ser menores si se adoptasen estrategias de respuestas flexibles, graduales, exhaustivas y concertadas para controlar los gases de efecto invernadero. Hay que seguir analizando sistemática y exhaustivamente los estudios disponibles sobre este tema tan importante y complejo.

Los impactos de estas medidas no se limitarán a las economías industrializadas, sino que afectarán también a las economías de los países en desarrollo. Un estudio económico general efectuado por el Banco Mundial indica que un cambio en el crecimiento de la OCDE podría afectar a la tasa de crecimiento de los países en desarrollo de manera más bien considerable, a no ser que haya programas que contrarresten este efecto. Entre los factores que imponen esta interdependencia económica se cuentan los precios de la energía, la balanza comercial, los ingresos de los países en desarrollo la deuda exterior, las inversiones y los flujos de ayuda.

9) Análisis de los factores que afectan al consumo de energía y a las emisiones de CO₂, y diferencias según la región y el sector

En esta evaluación se estudian factores que afectan a las diferencias regionales y sectoriales en materia de consumo

de energía y las correspondientes emisiones de CO₂. El material de apoyo contiene lo siguiente: a) análisis de los factores que afectan a las emisiones totales y sectoriales de CO₂, b) comparación regional del cambio de las tasas de los factores, c) cambios a largo plazo en la intensidad del carbono y mejoras de la tecnología, y d) consumo no comercial de energía en los países en desarrollo. La evaluación indica que factores tales como el desarrollo económico, el crecimiento de la población, la conservación de la energía, los cambios en la estructura industrial, el cambio de combustibles y el progreso tecnológico influyen en las pautas regionales y sectoriales del consumo histórico de energía y de las emisiones de CO₂. También se podrían tomar en consideración otros factores, por ejemplo las condiciones climáticas. Estos factores operan en forma diferente según los países y las regiones.

El análisis del consumo de energía y de las emisiones de CO₂ sería importante para seleccionar y planificar un conjunto conveniente de opciones para atenuar el calentamiento mundial. Los métodos analíticos examinados en esta evaluación en curso pueden ser instrumentos útiles. Algunos métodos discutidos pueden ofrecer un marco analítico común para los países, incluso con las actuales limitaciones en lo que respecta a la disponibilidad de datos. Los análisis ahondarían también en la comprensión común de las situaciones históricas y actuales de los distintos países.

Entre los temas futuros que se abordarán en esta evaluación provisional figuran los siguientes: a) separación de los cambios de estructura industrial y mejoras de eficiencia energética en los factores de conservación de la energía, y b) análisis sectorial de los factores que afectan al consumo de energía y a las emisiones de CO₂ en los países en desarrollo. Los análisis discutidos en este estudio podrían servir como punto de partida. También sería provechosa una mayor investigación detallada de otros factores que afectan al consumo de energía, a los ciclos económicos y a las emisiones de CO₂ en cada sector, sobre la base de los resultados obtenidos en las actividades actualmente en curso.

10) Estudios por países

En cooperación con el PNUMA y después de haberse examinado otras fuentes, se ha preparado un informe de estudios por países. Se entiende por "estudios por países" cualquier estudio oficial nacional sobre los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, evaluaciones de impacto y análisis de la atenuación de las emisiones. Los estudios por países abarcan la energía y la industria, la agricultura, los bosques y otros sectores. Otras instituciones de diversos países han realizado numerosos estudios que no están reflejados en dicho informe por no haber tenido el refrendo oficial de estudios nacionales. Hasta febrero de 1992, más de cincuenta países tienen o prevén iniciar una forma u otra de estudios por países con apoyo interno, bilat-

eral o multilateral.* Además, varios países han expresado su deseo de participar en los estudios de países, pero carecen de los recursos financieros y/o técnicos para ejecutarlos.

Hasta la fecha no se ha elaborado una metodología exhaustiva para los estudios por países, si bien la labor está en curso en varios grupos de trabajo del IPCC y en otras partes para atender parcialmente a esta necesidad. Entre las actividades actuales se menciona un proyecto apoyado por el PNUMA destinado a establecer un marco metodológico coherente para realizar evaluaciones de costos de las opciones para disminuir los gases de efecto invernadero. La realización de este proyecto incumbe al Riso National Laboratory, de Dinamarca. Además, Finlandia y los EE.UU. han preparado un borrador de directrices. Todas estas actividades pueden ayudar a los países a preparar futuros estudios, pero es urgente dar mayor prioridad a estas actividades.

ACTIVIDADES FUTURAS

En febrero de 1992 se distribuyeron a los participantes en el IPCC borradores de informes finales de las Tareas 2), 3) y 4) y borradores de informes preliminares de las Tareas 1), 7), 8), 9) y 10). Una vez que se hayan introducido los comentarios al examen, los informes se redactarán como informes finales o provisionales en junio de 1992. La Subtarea 5) fue atendida con el empleo de un informe completo de la AIE. La Subtarea 6) acaba de iniciarse bajo la dirección de Austria con una contribución de la AIE.

Como puede observarse de la lectura de los resúmenes que preceden, varios proyectos en curso de realización requieren la continuación de los trabajos. Varios de los estudios necesitan ampliación para abarcar otras regiones.

La "identificación de los costos y beneficios económicos, medioambientales y de otro tipo completos", elemento de la Tarea 3, no se ha iniciado aún. Quizás sea provechoso comenzar un examen y evaluación de metodologías o conceptos alternativos que podrían servir para esos análisis.

* *Argentina, Australia, Austria, Bangladesh, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Congo, Costa Rica, Checoslovaquia, Dinamarca, Finlandia, Francia, Gambia, Alemania, India, Italia, Indonesia, Irlanda, Japón, Kenya, República Democrática Popular de Corea, República de Corea, Malasia, Mauricio, México, Mongolia, Marruecos, Myanmar, Países Bajos, Nueva Zelanda, Nigeria, Noruega, Pakistán, Filipinas, Polonia, Rumania, Senegal, Seychelles, Sri Lanka, Suecia, Suiza, Tanzania, Tailandia, Turquía, Tuvalu, Uganda, Reino Unido, Estados Unidos de América, Venezuela, Vietnam y Zimbabwe.*

SECCION V

TAREA 4: CUESTIONES RELACIONADAS CON LA AGRICULTURA Y LA SILVICULTURA POR EL GRUPO DE TRABAJO III

INTRODUCCION

En la reunión del GT III, que se celebró el 1 de noviembre de 1991, y conforme a las decisiones adoptadas en la quinta reunión del IPCC (Ginebra, marzo de 1991), se encomendó al Subgrupo (AFOS) que contribuyera a la actualización en curso del informe de estrategias de respuesta del IPCC (1990) aportando:

- a) una evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), teniendo presentes las fuentes y sumideros en la agricultura, silvicultura y otras actividades humanas conexas, y
- b) una evaluación de las tecnologías y sistemas de gestión en esos sectores a efectos de atenuación del cambio climático y de adaptación a éste.

AGRICULTURA

Emisiones actuales y futuras de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura

Los progresos que se han realizado últimamente en materia de conocimientos científicos vienen a apoyar las anteriores conclusiones del informe de 1990, en particular las siguientes:

Por lo que atañe al dióxido de carbono liberado por las actividades agrícolas, la tala de bosques en las áreas tropicales y subtropicales del mundo sigue siendo la fuente principal de esta emisión. Además, el cultivo de las tierras vírgenes situadas en áreas agrícolas tropicales o templadas lleva consigo una pérdida progresiva de carbono. Está todavía por determinar, sin embargo, la contribución relativa de estos cultivos a las concentraciones de CO₂. En el extremo opuesto, los suelos de laboreo que se cultivan desde fecha lejana no constituyen una fuente principal neta de CO₂, debido a que su contenido en carbono alcanza un equilibrio que no varía en demasía, a menos que se alteren las prácticas de cultivo y de gestión.

Las proyecciones de las emisiones futuras de gases de efecto de invernadero en relación con la explotación de tierras dependen del uso inicial, del índice de conversión de tierras y de la productividad, así como de la densidad del cultivo. Si la producción no aumenta, el crecimiento demográfico previsto y el aumento de la demanda alimentaria, harán que la zona de agricultura tropical crezca en más del 60% antes del año 2025. Es improbable que pueda disponerse de esa tierra adicional. Si toda esta tierra adicional tuviera que provenir de los bosques o de los pastizales, ello causaría una descomposición progresiva de la materia orgánica del suelo, que liberaría CO₂.

Otro posible efecto consistiría en que el calentamiento mundial aceleraría la descomposición de la materia orgánica del suelo y ello liberaría más CO₂ en la atmósfera. Según los cálculos efectuados por modelos, que parten del supuesto de que no se producirá un incremento de los volúmenes de residuos orgánicos, se predice que esta pérdida de carbono del suelo alcanzaría las 60 gigatoneladas en los próximos 60 años. Esta cifra coincide con la de las emisiones mundiales actuales de CO₂ producidas por combustibles de origen fósil durante 10 años. Por otra parte, hay indicios de que esto podría quedar contrarrestado por una mayor formación de residuos vegetales en el suelo y bajo el suelo como consecuencia del efecto fertilizante del CO₂.

Por lo que se refiere a las emisiones de metano, las estimaciones de las emisiones totales de fuentes mundiales e individuales siguen siendo en esencia las mismas que las que contiene el informe del IPCC (1990), aunque con algunos cambios en relación con las fuentes. Se han reevaluado algunas fuentes, en especial los arrozales y otras, como los desechos animales y domésticos. Una buena parte de estas emisiones proviene de los sistemas de tratamiento de desechos líquidos. Las incertidumbres en cuanto a las emisiones mundiales y regionales siguen siendo importantes. Un análisis detallado de la nueva información disponible sobre el cultivo del arroz hace pensar que las emisiones anuales alcanzan el nivel inferior de cantidades comprendidas entre 20 y 150 Tg al año.

Si no se aplican medidas correctivas, cabe pensar que las emisiones de metano provenientes de cada una de las fuentes siga aumentando a medida que se necesiten más productos animales y más arroz para atender a las necesidades alimentarias de la población mundial. Las emisiones actuales vinculadas a productos animales, arroz y desechos animales podrían crecer para 2025 en 40-60%, 50-60% y 30-40%, respectivamente.

Es de lamentar que todavía no se puedan obtener con fiabilidad datos concernientes a las emisiones de óxido nítrico provenientes de la agricultura. Si se tiene en cuenta que el incremento anual de N₂O en la atmósfera es de 3-4,5 Tg de nitrógeno en forma de N₂O, y sabiendo que hasta el presente se han estimado en exceso las emisiones provenientes de procesos de combustión, buena parte de este incremento neto tal vez obedezca a los aportes de nitrógeno de origen antropogénico. La agricultura mundial utiliza aproximadamente 80 Tg de nitrógeno fijado industrialmente. Partiendo de las estimaciones más altas de conversión de nitrógeno fertilizante en N₂O (3,2%), las emisiones provenientes de fertilizantes para 1990 podrían estimarse en 2,5 Tg de nitrógeno en forma de N₂O. Si se tiene en cuenta que las plantas leguminosas fitogestio-

adas fijan aproximadamente unos 90 Tg de nitrógeno, el conjunto de ambos factores podría explicar en buena parte el incremento de N_2O en la atmósfera.

El balance de nitrógeno es frecuentemente muy excedentario, en especial en los sistemas de agricultura intensiva. Este nitrógeno excedente es propenso a la lixiviación en forma de nitratos y a la desnitrificación, aunque el cociente de transformación de N_2 en N_2O varía de manera considerable según los casos. Por otro lado, hay que tener en cuenta también que no sólo el nitrógeno no utilizado sino prácticamente la totalidad del nitrógeno de origen antropogénico introducido en el ecosistema mundial se desnitrificará más pronto o más tarde, contribuyendo, de este modo, al incremento general de N_2O en la atmósfera. Lo que no se sabe es la escala temporal a la que se producirá este proceso.

Si se cumplen los supuestos básicos antedichos sobre la demanda futura de alimentos y de tierras, el consumo de fertilizantes nitrogenados tal vez aumente en el año 2025 de 80 a más de 120 Tg de nitrógeno al año. Si no ocurren cambios tecnológicos, las emisiones de óxido nitroso derivadas de fertilizantes probablemente aumenten alrededor del 50%.

Posibilidades que ofrece la agricultura a efectos de atenuación y adaptación

A fin de reducir las emisiones netas de dióxido de carbono provenientes de la agricultura, hay que dar primacía al aumento de la productividad de las tierras de laboreo existentes sobre el cultivo de suelos vírgenes. Además, en las zonas menos pobladas del mundo, las tierras agrícolas marginales podrían reservarse para tierras de pastoreo o de explotación forestal.

La reducción de los trabajos de laboreo del suelo, el mejor aprovechamiento de los desechos orgánicos en forma de aportes de carbono al suelo, y la rotación de cultivos y el forrajeo constituyen prácticas agrícolas que reducen las pérdidas de carbono y/o retienen el carbono adicional de los suelos. Aunque gracias a estas prácticas se podrán retener varias gigatoneladas de carbono en unos cuantos decenios, esta cantidad representa sólo una fracción de las emisiones de carbono causadas por la quema de combustibles fósiles durante el mismo período de tiempo. La razón de esto estriba en que los suelos poseen una capacidad limitada de acumular materia orgánica. No obstante, estas prácticas de gestión son esenciales para mantener o mejorar la fertilidad del suelo.

Por lo que atañe al control del metano, aunque se sigue investigando sobre las opciones que se ofrecen para frenar sus emisiones, los planteamientos principales siguen siendo los que se comunicaron en el informe de 1990. Es posible reducir las emisiones del metano que origina la fermentación entérica y el almacenamiento de desechos animales, por ejemplo, si cambian las prácticas de alimentación del ganado, aplicando prácticas y agentes más productivos y reformando las prácticas de gestión de desechos. Parece factible lograr una reducción de las emisiones

del orden de 25 a 75% por unidad de producto en algunos sistemas de gestión de crianza. A causa de la diversidad de los sistemas de esta gestión, así como debido a factores económicos y socioculturales, se insiste ahora en la importancia de proceder a clasificar los sistemas de gestión y de ajustar las opciones de reducción de emisiones a los diferentes sistemas. Además, se están ya estudiando las consecuencias que tendrán las opciones de reducción de las emisiones de otros gases de efecto invernadero producidos por desechos animales, incluido el óxido nitroso.

Tal vez sea posible también reducir las emisiones de metano procedentes de los arrozales sin perjudicar por ello el mantenimiento o incremento de la productividad. Entre las medidas de atenuación cabe incluir cambios en la profundidad del agua y en la frecuencia de riego, en el tipo, abundancia y método de aplicación del fertilizante, en las tecnologías alternativas de cultivo y en la selección de variedades. Para que esta posibilidad se haga realidad es aún necesario llevar a cabo investigaciones intensivas, razón por la cual no se puede prever una reducción a corto plazo de las emisiones de metano provenientes de los cultivos de arroz. Ahora bien, dentro de unos decenios, aunque se duplique la producción de arroz, podría conseguirse reducir las emisiones de metano entre un 20 y un 40% si se aplica un planteamiento de gestión integrada.

Un mejor equilibrio del balance de nitrógeno, en especial en la agricultura intensiva, constituye una medida fundamental para disminuir las emisiones globales de óxido nitroso, en particular contabilizando mejor el nitrógeno que se desprende de los desechos de la ganadería cuando se aplican fertilizantes. Otras opciones son la utilización de agentes inhibidores de la nitrificación o el perfeccionamiento de las fórmulas de los fertilizantes y de sus métodos de aplicación. Así y todo, el medio más promotor de atenuar las pérdidas de N_2O consiste en un sistema integrado de gestión del nitrógeno en el que se aplique al máximo el reciclaje de nitrógeno y se reduzca hasta donde se pueda la aplicación de fertilizantes. Esto es sumamente importante, ya que a causa de la persistencia del N_2O éste se acumulará en la atmósfera, lo que supondrá una amenaza mayor para la capa de ozono.

Además de estas estrategias de atenuación, el AFOS se esforzará en el futuro en evaluar la capacidad de los sistemas agrícolas para adaptarse al cambio climático.

SILVICULTURA

Los bosques proporcionan a la humanidad múltiples y variadas ventajas económicas, sociales y ambientales, pero se ven cada vez más amenazados por prácticas de gestión forestal insostenibles, la polución del aire y el cambio climático. Habrá que adoptar medidas de común acuerdo en los niveles nacional e internacional para proteger los bosques del mundo. Estas medidas rendirán buenos resultados sólo si se tiene presente la interdependencia de los factores económicos, sociales y culturales vinculados sobre la gestión de los bosques.

Situación de los bosques

Es difícil determinar la actual extensión de la cubierta forestal tropical. Según recientes estimaciones efectuadas por países la extensión de los bosques tropicales es de alrededor de 1.900 millones de hectáreas.

Un motivo de inquietud al que se ha dedicado gran atención desde que se elaboró el informe de 1990 se refiere a la tasa de deforestación mundial y la correspondiente a cada país. Las tasas estimadas de deforestación mundial de bosques de cubierta cerrada de la FAO para el decenio de 1980 (alrededor de 14 millones de hectáreas al año) y de bosques de cubierta cerrada y abierta (alrededor de 17 millones de hectáreas al año) son muy superiores a las de finales del decenio de 1970 en un 90 y un 50% respectivamente. Los cálculos que proceden de otras fuentes acreditadas indican cifras muy inferiores del orden de 10 millones de hectáreas.

Alrededor de 770 millones de hectáreas de bosques se hallan en las zonas templadas y el volumen estimado de carbono almacenado en biomasa es de 25 Gt sin incluir los suelos. La extensión cubierta por bosques en las zonas boreales alcanza los 920 millones de hectáreas y almacena de 150 a 190 Gt de carbono en su biomasa incluidos los suelos. Además, los suelos forestales y las turberas almacenan un volumen considerable de carbono especialmente en las zonas boreales.

Opciones en materia de silvicultura

Se identificaron las siguientes cuatro opciones:

Reducción del actual ritmo de deforestación y de degradación forestal

Para evaluar de manera precisa la relación coste-eficacia, habría que cuantificar en qué cantidad se reduce el carbono que se emite a la atmósfera. Por ahora solo se pueden obtener estimaciones preliminares. Ahora bien, es evidente que habrá que dar primacía a esta opción, para mantener la biomasa ya existente tanto en los bosques naturales como en los bosques de explotación controlada. En las regiones tropicales es preciso que la población local participe en prácticas de silvicultura sostenible. En las zonas templadas y boreales, esto atañe, en especial, al nuevo tipo de destrucción forestal provocada por la polución atmosférica de origen antropogénico, la tala y los efectos posibles del propio cambio climático. Si se consiguiera moderar la deforestación y la degradación forestal ello entrañaría enormes posibilidades de mantener almacenado el carbono en la biomasa y retrasaría la desertificación, además de ser un requisito previo necesario para tomar medidas en el futuro.

Aumento de la biomasa forestal

En líneas generales las posibilidades de incremento de la biomasa en los bosques son importantes, en especial en los bosques jóvenes, con troncos poco desarrollados, que han

sufrido talas excesivas y/o han sido mal utilizados, aunque no se conocen con exactitud ni los costes ni el tiempo necesario.

Mejor aprovechamiento de la madera

El aprovechamiento de la madera para fabricar productos duraderos permite el almacenamiento de carbono y la gestión sostenible de bosques. Los países industrializados tienen la posibilidad de mejorar el aprovechamiento de la madera, como por ejemplo gracias al reciclado del papel y el cartón y la sustitución de más materias primas en las que interviene de manera intensiva la energía fósil por la madera. El aprovechamiento de la madera como fuente de energía ofrece importantes posibilidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero gracias a la sustitución de los combustibles fósiles (como se indica en el informe del SEI).

Aforestación

Las posibilidades de aforestación en los biomas boreales, templados y tropicales son inciertas. Por lo demás, las estimaciones actuales sobre la aforestación arrojan cifras del orden de 50-150 millones de hectáreas en las zonas boreales, de 50-125 millones de hectáreas en las templadas y de 400-750 millones de hectáreas en las zonas tropicales (de 200 a 300 millones de hectáreas en las áreas tropicales secas). Por lo que atañe a las zonas tropicales, las tierras que potencialmente estarían disponibles no alcanzan a las que materialmente podrían ser aforestadas, y ello porque las decisiones últimas en materia de explotación de tierras se basan en múltiples factores. En las zonas boreales las posibilidades de aumentar la zona aforestada son limitadas ya que no todas las tierras no aforestadas son capaces de sustentar ecosistemas forestales desde el punto de vista ambiental.

Hoy en día, buena parte de la aforestación de zonas templadas se lleva a cabo mediante plantaciones. Hace poco se han realizado evaluaciones preliminares de los costes brutos de la aforestación y éstos oscilan entre 30 y 60 \$ EE.UU. por tonelada de carbono en las zonas boreales y en las zonas templadas y entre 10 y 3 \$ EE.UU. por tonelada de carbono en la zona tropical. Así y todo, es dudosa la cantidad de carbón que podría ser retenida a estos costes.

Petición de Noordwijk

La Conferencia de Noordwijk sobre contaminación atmosférica y el cambio climático celebrada en noviembre de 1989 fijó el objetivo de conseguir un aumento mundial neto de áreas forestales de 12 millones de hectáreas anuales a comienzos del próximo siglo. El cursillo de trabajos prácticos de Bangkok (1991) llegó a la conclusión de que había escasa posibilidad de alcanzar el objetivo que se había previsto y que la tasa neta de pérdidas forestales se frenaría o se invertiría con el transcurso del tiempo. No obstante, seguiría siendo importante la opción de la aforestación y habría que elaborar mejores datos para evaluar las posibilidades de dicha opción.

OTRAS ACTIVIDADES HUMANAS

Emisiones actuales y futuras

Gracias a los esfuerzos realizados para comprender mejor las emisiones de metano que emanan de los desechos domésticos que se vierten en vertederos controlados a tal fin se han logrado resultados que son compatibles con las estimaciones realizadas previamente de 20-70 Tg por año respecto a esta fuente y se han podido explicar mejor las diferencias que se observan de región a región en las cantidades de desechos generados per cápita y en las cantidades descargadas de manera controlada. Actualmente, alrededor del 60% de estas emisiones proceden de países del OCDE. Se carece de información complementaria para dar razón de las 20-25 Tg por año de las emisiones de metano estimadas proveniente de los estanques de agua de desecho que se encuentran principalmente en los países en desarrollo.

Según los pronósticos, la cantidad de desechos vertidos bajo control en todo el mundo alcanzarán en el año 2025 la cifra estimada de 50-90 Tg por año. Los países en desarrollo contribuirán en mayor proporción a estas emisiones, es decir en más del 50% en el año 2025. Esta situación se deberá a los incrementos demográficos previstos de las zonas urbanas en los próximos 30 años y a que, en estos países, prolifera cada vez más el vertido controlado de residuos, lo que genera más metano que su amontonamiento. No parece que se haya avanzado mucho en los trabajos sobre los estanques de aguas de desecho.

Posibilidades de atenuación

Gracias a los trabajos que se han realizado últimamente, se ha podido precisar más las opciones tecnológicas para reducir las emisiones de metano que se mencionan en el informe de 1990. De estos trabajos se sigue deduciendo que podrá recurrirse a diversas opciones para reducir entre el 60 y el 90% las emisiones de metano en los modernos vertidos controlados y hasta el 80% en estanques de aguas de desecho. Para llevar a efecto estas opciones será necesario un capital inicial, variable según las circunstancias, y la ejecución de estas opciones entrañará diversos grados de complejidad técnica. En general, ofrecen otras ventajas como, por ejemplo, el aumento de la seguridad, la mejora de la calidad del aire, la mejora de la gestión de desechos y la recuperación de combustibles y, por ende, podrían ejercer efectos económicos favorables. Habrá que seguir insistiendo en la necesidad de suprimir las barreras que limitan la puesta en práctica de estas opciones como, por ejemplo, la disponibilidad de capital y de información técnica.

La explotación competitiva de tierras

En la actualidad, la mayor parte de países desarrollados cuentan con una demografía prácticamente estable y han alcanzado altos índices de crecimiento de la productividad. En los países en desarrollo la situación es la inversa ya que la productividad es baja, el crecimiento demográfico alto, las

condiciones climáticas desfavorables, y carecen de tecnologías idóneas y de infraestructuras adecuadas. Por consiguiente, la seguridad alimentaria de estos países sigue siendo incierta y el crecimiento económico puede seguir siendo lento o incluso llegar a una situación de estancamiento. Es evidente que el tradicional crecimiento de las tierras que se dedican a explotación no podrá sostenerse en el próximo siglo. Por ejemplo, entre 1882 y 1991 la explotación de tierras de laboreo aumentó un 74%. Si persiste en el futuro una tasa de expansión similar en el futuro se llegará a superar la extensión de tierras potencialmente adecuada para sostener una agricultura ecológicamente racional y sostenible. Asimismo, está claro que las presiones para que se pongan en explotación nuevas tierras agrícolas constituye en gran manera una cuestión que habrán de afrontar los países en desarrollo, ya que las demandas de agricultura y de silvicultura compiten entre sí.

OBSERVACIONES FINALES

El presente informe actualizado apoya y corrobora que determinadas opciones que se ofrecen en los diferentes sectores de la agricultura y de la silvicultura para atenuar las emisiones de gases de efecto invernadero o incluso retener el CO₂ actual son relativamente reducidas a escala mundial, pero conjuntamente, podrán contribuir en gran manera a las estrategias nacionales o mundiales de reducción.

SECCION VI

TAREA 5: VULNERABILIDAD A LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR POR EL GRUPO DE TRABAJO III

INTRODUCCION

En 1991, el Subgrupo de Gestión de las Zonas Costeras (SGZC) del Grupo de Trabajo III comenzó a ejecutar las recomendaciones en su informe titulado: estrategias de adaptación a la elevación del nivel del mar (INFORME DEL SGZC, 1990). Entre las recomendaciones se incluía la necesidad de prestar asistencia técnica a las naciones costeras, incluyendo los pequeños países insulares, para, en el contexto de su desarrollo socioeconómico, lograr los siguientes objetivos:

- i) identificar las áreas costeras en peligro;
- ii) evaluar la vulnerabilidad de estas áreas a los impactos potenciales producidos por una elevación acelerada del nivel del mar (EANM) tal como se describe en el Primer Informe de Evaluación del IPCC de 1990; y
- iii) elaborar y, donde sea posible, poner en obra planes de gestión exhaustivos de las zonas costeras con miras a reducir, antes del año 2000, la vulnerabilidad a una elevación acelerada del nivel del mar (EANM), especialmente en los países con áreas costeras vulnerables.

Los beneficios de dichas medidas deberían comprenderse teniendo en cuenta el acelerado desarrollo socioeconómico de las áreas costeras en el mundo entero, y la consecuente intensificación de la presión ambiental sobre los recursos costeros naturales. En este sentido, una planificación costera integrada facilitaría el desarrollo sostenible de las áreas costeras así como la conservación de los ecosistemas naturales.

Para desarrollar y ejecutar la gestión de las zonas costeras bajas, se consideran prioritarios la creación de los medios necesarios y el fortalecimiento institucional. En concordancia con esto, se debería fortalecer el actual marco internacional de cooperación.

A efectos de evaluar más acertadamente y de responder a las necesidades de los países costeros, el SGZC ha tomado las siguientes medidas:

- 1) ha desarrollado una metodología común que se utilizará en los estudios por país para evaluar la vulnerabilidad y considerar las posibles estrategias de respuesta;
- 2) ha brindado asistencia en la coordinación de cierto número de estudios que incorporan las etapas de evaluación de la Metodología Común; y, en cooperación

con los Grupos de Trabajo I y II del IPCC, ha iniciado la tarea de una evaluación de vulnerabilidad a nivel mundial;

- 3) ha reconocido la necesidad de fortalecer la capacidad de los países en desarrollo vulnerables con aspiraciones a un desarrollo sostenible y ecológicamente racional, para que éstos puedan llevar a cabo programas GZC de adaptación, y, además, ha señalado la necesidad de disponer de medios y servicios estructurales que permitan el financiamiento bilateral y multilateral de los siguientes puntos:
 - participación común en la información, los datos y las metodologías;
 - asistencia en la ejecución de los programas GZC; y
 - fortalecimiento de las capacidades institucionales.

A pesar de que no se ha finalizado el trabajo de evaluación, lo que se sabe hasta el presente está de acuerdo con las conclusiones del SGZC tal como se ha expuesto en el Primer Informe de Evaluación del IPCC (PIE).

OBJETIVOS DE LA TAREA 5 DEL IPCC

Siguiendo las conclusiones del PIE, en la reunión plenaria del IPCC de marzo de 1991 se encargó al SGZC que se pronunciara al respecto de las siguientes tareas:

- comenzar una evaluación de vulnerabilidad de los países en desarrollo e industrializados a la EANM;
- desarrollar una metodología común para evaluar la vulnerabilidad a través de estudios por país;
- Empezar estudios de países en el marco bilateral y en colaboración con el Programa Regional de Mares del PNUMA;
- apoyar la elaboración de planes de GZC con el fin de incorporar medidas de respuesta que reduzcan la vulnerabilidad a la EANM, y pronunciarse sobre asuntos apremiantes de la gestión costera, donde fuera oportuno, para el año 2000;
- vincularse a los estudios sobre los impactos en las zonas costeras que realiza el Grupo de Trabajo II, al mismo tiempo que emprender las evaluaciones de los estudios por país;
- organizar cursillos de trabajos prácticos en los que se evalúen los resultados de los estudios emprendidos;

- identificar las estrategias de respuesta apropiadas y los mecanismos para implementarlas;
- estimar el nivel y la forma de asistencia que deberán prestar las organizaciones internacionales y las naciones donantes para que continúen las evaluaciones y se realicen planes de gestión costera; y,
- considerar la recomendación de propuestas de trabajo.

La finalización de esta tarea es un objetivo a largo plazo. A corto plazo, la tarea requiere la elaboración de una metodología que permita evaluar la vulnerabilidad a la EANM, la aplicación de dicha metodología para evaluar el trabajo en curso, y la consideración de la asistencia que necesitan los países costeros en desarrollo.

CONCLUSION DEL TRABAJO DE EVALUACION

Primer Informe de Evaluación del IPCC. La contribución del SGZC al Primer Informe de Evaluación del IPCC fue la producción del informe del SGZC sobre ESTRATEGIAS DE ADAPTACION A LA ELEVACION DEL NIVEL DEL MAR. Como resultado de la gran participación de países en desarrollo en dos importantes talleres internacionales celebrados en Miami (noviembre de 1989) y en Perth (febrero de 1990), el Informe del SGZC identificó las siguientes estrategias de respuesta para las áreas costeras: retirarse, adaptarse o protegerse de los impactos potenciales adversos asociados con la EANM (incluyendo la conservación y la protección de las defensas costeras naturales, por ejemplo, los llanos de marea, los manglares, los lechos con hierbas marinas y arrecifes de coral. Cada estrategia de respuesta trae consigo concesiones mutuas y puede ser ejecutada en el marco de una planificación integrada de la gestión de las zonas costeras.

El informe del SGZC. El SGZC hizo 10 recomendaciones que se dividieron en tres categorías principales: planificación nacional de las costas; cooperación internacional; e investigación, datos e información. Se incluyó un período propuesto de 10 años para ejecutar una planificación de alcance de la Gestión de las Zonas Costeras (GZC) así como un presupuesto estimado de 5 años de asistencia técnica en apoyo a este esfuerzo. Finalmente, el informe proporcionó una "Estimación mundial de costes de medidas básicas de protección costera".

Metodología común. El SGZC elaboró a principios de 1991 "Siete etapas para la evaluación de la vulnerabilidad de áreas costeras a la elevación del nivel del mar - Una Metodología Común". Después de un detallado proceso de revisión, comentarios y revisiones hechos por los participantes del IPCC, el SGZC considera que la Metodología Común provee un marco metodológico útil para que los países costeros puedan evaluar su vulnerabilidad al EANM

y considerar estrategias de respuesta. La utilización de esta metodología común podría ser para muchos países la primera etapa en la creación de un enfoque sistemático para la gestión de las áreas costeras. Una planificación semejante de la GZC facilitaría el proceso de toma de decisiones para el desarrollo socioeconómico y la mitigación de la vulnerabilidad de las áreas y recursos costeros. En la medida en que más países lleven adelante evaluaciones analíticas de vulnerabilidad, la Metodología Común podría ofrecer un marco de evaluaciones a nivel mundial realizadas a partir de una base de datos mundial. Además, esta información podría facilitar a los órganos institucionales la fijación de prioridades. La Metodología Común ha sido traducida al francés, al español y al árabe.

Estudios de casos concretos. En muchas ocasiones, el SGZC ha funcionado con éxito como coordinador reuniendo a países para que éstos realizaran estudios concretos de evaluación sobre la vulnerabilidad. Por ejemplo, Australia, Francia, Japón, los Países Bajos, el Reino Unido y los Estados Unidos de América están patrocinando, sobre una base bilateral, más de dos docenas de estudios en países en desarrollo, al mismo tiempo que dirigen estudios dentro de sus propias fronteras. El PNUMA también está llevando a cabo numerosos estudios de casos. La coordinación entre ambos esfuerzos ha proporcionado beneficios mutuos. Los resultados de esos estudios se presentarán en el Cursillo de trabajos prácticos del SGZC que se celebrará en Venezuela en marzo de 1992, después del cual se elaborará un informe. En el informe del SGZC del IPCC se aporta una lista completa de los países participantes en los programas de vulnerabilidad y de los países que aún desean recibir asistencia.

Los países en desarrollo han expresado un enorme interés por realizar análisis sobre vulnerabilidad y por identificar estrategias de respuesta, habiendo varios países que han pedido asistencia para estudios del país. También, un cierto número de países en desarrollo ha realizado sus propios estudios, lo que indica la seriedad que este tema tiene para ellos. Sin embargo, debido a que gran parte del trabajo se está realizando ad hoc, el SGZC no puede satisfacer la demanda. Para poder responder mejor a la cantidad de pedidos que llegan de los países costeros en desarrollo vulnerables, se necesita profundizar el estudio de los aspectos tanto institucionales como financieros.

Estado de las actividades por país. El SGZC preparó un cuestionario de una página en relación al estado actual de las actividades por país acerca de la planificación de la EANM y la GZC. Treinta y siete países respondieron a este cuestionario. Los resultados preliminares indican que aproximadamente el 90% de aquellos que respondieron esperan que todas o parte de sus líneas costeras sean vulnerables a la elevación del nivel del mar; que sólo un 30% ha llevado a cabo un estudio sobre el impacto que la elevación del nivel del mar produciría en los recursos de sus zonas costeras y aún menos países, el 20%, ha estudiado opciones de respuesta, y que solamente el 20% ha organi-

zado alguna forma de gestión de la zona costera que incluya políticas que incorporen la problemática de la elevación del nivel del mar. Como aspecto positivo está el hecho de que más del 50% de aquellos que respondieron aplican alguna forma de política de gestión costera. Desde el punto de vista de la demanda potencial, más del 80% expresó su deseo de cooperar con los países que prestan ayuda, realizando estudios de evaluación sobre vulnerabilidad.

LA METODOLOGIA COMUN

La Metodología Común sirve como guía para evaluar la vulnerabilidad con respecto a una EANM. Para poder hacer una evaluación de la vulnerabilidad se incorporan a la metodología tres niveles de escenarios y condiciones limitadoras: (1) los impactos en el desarrollo socioeconómico; (2) las repercusiones en los sistemas costeros naturales; (3) las consecuencias de posibles estrategias de respuesta a efectos de adaptación.

La Metodología Común actualmente considera la situación actual, una elevación de 0,3 metros y, finalmente, una elevación de 1,0 metros para el año 2100. Estos escenarios representan las estimaciones baja y alta del Primer Informe de Evaluación del IPCC. Se incorporan las modificaciones correspondientes al descenso y elevación del terreno a las trombas de tormenta, y a cualquier otra circunstancia específica a un área determinada de estudio. En la etapa actual, la Metodología Común centra su atención en los efectos de una EANM (y del régimen de temporales existente). Más adelante, se tendrá que prestar mayor atención a la vulnerabilidad de las áreas costeras en relación a otros aspectos del cambio climático como, por ejemplo, los cambios de intensidad de los temporales, el régimen de temporales y la humedad del suelo.

Los objetivos de la actual Metodología Común son los siguientes:

- a) proporcionar una base para que los países costeros evalúen la vulnerabilidad de sus áreas costeras a una EANM;

- b) proporcionar una base para una evaluación comparativa a escala mundial sobre la vulnerabilidad de las áreas costeras;
- c) proporcionar un mecanismo para que se puedan identificar las necesidades prioritarias de los países costeros en desarrollo; y
- d) proporcionar una base sobre la cual decidir qué medidas tomar como respuesta.

Este proceso, por lo tanto, ayuda a cada país a identificar las acciones que se requieren para prever y hacer frente a los impactos asociados a una potencial EANM. Estos pasos permitirán a cada país definir su propia vulnerabilidad; examinar la factibilidad de las opciones de respuesta incluyendo sus consecuencias institucionales, económicas, técnicas y sociales; e identificar la asistencia que se requiere para llevar a la práctica las opciones de respuesta.

ESTUDIOS DE CASOS Y CURSILLOS PRACTICOS

Son varios los países que están evaluando la vulnerabilidad a una EANM. Al 1 de enero de 1992, los miembros de la SGZC habían finalizado, realizaban o tenían programados estudios en 27 países, a lo cual se suman 14 casos adicionales patrocinados por el Programa Regional de Mares del PNUMA. Dichos estudios representan diferentes tipos de costas y una amplia gama de técnicas y metodologías. Algunos estudios forman parte de un análisis más amplio sobre los impactos del cambio climático en el país, mientras que otros se centran en la EANM. Algunos ya han evaluado opciones de respuesta, entre las cuales está la necesidad del SGZC de reducir la vulnerabilidad a la EANM.

En la medida en que cada país costero emprenda estudios de evaluación sobre la vulnerabilidad, dicha información servirá para proporcionar un mejor panorama mundial de los problemas potenciales de la EANM sobre los recursos costeros y del nivel de esfuerzo que se necesitará para responder a los cambios. El SGZC está actualmente trabajando en una estimación mundial de las consecuencias socioeconómicas

La Metodología Común utiliza un enfoque de siete etapas, como se muestra en el Cuadro A:

Cuadro A Etapas metodológicas comunes para determinar y reducir la vulnerabilidad a una futura elevación del nivel del mar

1. Delinear un área de estudios concretos y especificar las condiciones para la EANM y el cambio de clima.
2. Inventariar las características del área de estudio.
3. Identificar los factores de desarrollo importantes.
4. Evaluar los cambios físicos y las respuestas de los sistemas naturales.
5. Formular estrategias de respuesta identificando los costes y beneficios potenciales.
6. Evaluar el perfil de vulnerabilidad e interpretar los resultados.
7. Identificar necesidades futuras y elaborar un plan de acción.

y ecológicas de la elevación del nivel del mar (por ejemplo, el número de gente en peligro y una estimación de los impactos ecológicos). Dicho análisis se basará en la información suministrada por los estudios de casos concretos, cuestionarios, y averiguaciones adicionales.

Se está utilizando y poniendo a prueba la Metodología Común en más de una docena de estudios concretos. De estos esfuerzos están saliendo a la luz las ventajas y desventajas muy valiosas para el desarrollo de la metodología. Se pondrá al día la Metodología Común sobre la base de los estudios concretos a discutir en el cursillo de Venezuela, en marzo de 1992, y oportunamente en el futuro.

Hay consenso en que la Metodología Común proporciona una amplia base para que los países costeros estudien la vulnerabilidad a la EANM y para que identifiquen, evalúen y seleccionen opciones de respuesta que permitan reducir su vulnerabilidad a la EANM. Dicha base amplia permite ser flexible de modo tal que las condiciones locales y nacionales puedan ser tomadas plenamente en consideración. Los estudios indican que la planificación costera puede reducir la vulnerabilidad a una EANM. La vulnerabilidad a una EANM es el efecto acumulativo de procesos naturales, el desarrollo costero y el cambio climático. La GZC puede reducir los efectos del desarrollo sobre los procesos naturales y los efectos de los procesos naturales sobre el desarrollo. Como resultado, la planificación costera puede reducir la vulnerabilidad a la EANM al mismo tiempo que promueve un desarrollo sostenido.

Cursillos internacionales de trabajos prácticos. Los cursillos internacionales de trabajos prácticos han jugado un papel significativo en la concentración de información proveniente de una amplia variedad de fuentes. Se organizarán dos cursillos internacionales para discutir los resultados de los estudios concretos. En el Cursillo de Venezuela, representantes de 25 países presentarán informes sobre sus estudios. Se podrá aprender mucho, incluyendo información sobre los costos y beneficios potenciales de varias opciones o estrategias de respuesta, y sobre la capacidad de cada país para responder a una EANM dentro del marco de una planificación exhaustiva de la GZC. Se celebrará otro Cursillo en Nueva Caledonia en abril de 1992, que se centrará en el cambio climático, la elevación del nivel del mar y la gestión de zonas costeras en el Pacífico Sur.

COOPERACION INTERNACIONAL

Se pidió al SGZC que estimase el nivel y el tipo de asistencia que las organizaciones internacionales y las naciones donantes deben prestar para continuar con la evaluación y la ejecución de planes de gestión a nivel nacional. Hasta el momento se cuenta solamente con una estimación aproximada de los recursos necesarios para lograr el objetivo: "para el año 2000 todos los países costeros importantes deberían tener programas de gestión costera para reducir su vulnerabilidad a la EANM y a otros impactos del cambio climático". Para esto, será necesario contar con recursos considerables y muchos países necesitarán apoyo financiero.

La cooperación internacional es importante para apoyar el progreso efectivo y eficiente de dichos planes, y especialmente para asegurar:

- la continuidad de las evaluaciones sobre vulnerabilidad;
- la elaboración de pautas para los programas de planificación de GZC; y
- una coordinación eficiente a través de la cooperación bilateral y multilateral.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones. Desde su creación en 1989, el SGZC:

- ha celebrado cursillos internacionales de trabajos prácticos con amplia participación por parte de los países industrializados y en desarrollo, y ha iniciado evaluaciones mundiales sobre la vulnerabilidad a la EANM;
- ha desarrollado una metodología común para realizar evaluaciones de la vulnerabilidad de las áreas costeras a una EANM; y
- ha servido como coordinador en 30 estudios concretos que se llevaron a cabo sobre una base bilateral entre países miembros del SGZC.

A lo largo de esta etapa, se ha puesto en evidencia las necesidades de los países costeros de:

- evaluar los componentes múltiples de su vulnerabilidad en relación a una elevación futura del nivel del mar y a otros acontecimientos extremos conexos relacionados con el desarrollo y la protección de los ecosistemas costeros;
- comprender las consecuencias que estos cambios acarrearán a sus sistemas naturales, sociales, legales y económicos; y
- comenzar a planificar estrategias de respuesta apropiadas en términos de sensibilización y de creación de instituciones.

Parte de esta respuesta sería elaborar una planificación integrada de la gestión costera capaz de abortar de un modo exhaustivo los impactos de la EANM, así como otros problemas apremiantes que afectan los recursos costeros. Dicha planificación integrada de las áreas costeras debe estar enfocada en un desarrollo sostenible. El fortalecimiento de la capacidad institucional y legal de los países en desarrollo vulnerables es una condición básica que puede ser estimulada por el intercambio de información y la cooperación tecnológica dentro del marco de una red, como lo estableciera el SGZC del IPCC conjuntamente con el PNUMA.

El SGZC ha reconocido que los países costeros tienen cada vez mayor conciencia de los impactos potenciales de una EANM sobre los recursos costeros y de otros impactos del cambio climático. Dicha conciencia se ha manifestado en el interés de estos países por elaborar una planificación integrada de gestión. Dicho interés debe ser fomentado y apoyado. La mayoría de los países en desarrollo costeros no se ha capacitado para planificar una GZC ni ha hecho evaluaciones de su vulnerabilidad ante una EANM. A pesar de que en muchos casos se necesitan amplios márgenes de tiempo para comenzar el proceso de adaptación a la elevación del nivel del mar, muy pocos países han comenzado algún tipo de planificación o adoptado alguna medida necesaria.

El SGZC tiene un gran trabajo por delante. Las conclusiones preliminares indican que se necesitan efectuar las siguientes tareas:

- completar los estudios por país en curso y aquellos que han sido solicitados, así como realizar estudios adicionales en el marco del SGZC conjuntamente con el PNUMA, la OMM, la COI y otras organizaciones internacionales;
- promover una investigación más detallada sobre los efectos del cambio climático en las áreas costeras, en particular los relacionados con fenómenos extremos;
- a la medida que los modelos climáticos regionales se perfeccionan, incluir los resultados de los mismos (por ejemplo, la variación potencial de intensidad y el régimen de ciclones, huracanes y tifones) en la evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a una EANM y a otros impactos del cambio climático mundial.

Recomendaciones. Basándose en los progresos hechos hasta la fecha, se proponen las recomendaciones siguientes:

- Las naciones costeras que todavía no lo han hecho, deberían:
 - 1) evaluar su vulnerabilidad a la EANM y otros impactos potenciales del cambio climático mundial, y calcular los bienes en peligro;
 - 2) comenzar el proceso de planificación para encontrar estrategias de respuesta adecuadas; y
 - 3) elaborar de aquí al año 2000 programas exhaustivos de gestión costera para reducir su vulnerabilidad a la EANM y a otros impactos del cambio climático mundial.
- Los países deberían continuar apoyando a las organizaciones y programas intergubernamentales e internacionales concernientes, y sus miembros deberían continuar con las tareas siguientes:

- 1) respaldar la investigación y las observaciones sobre la EANM y los temporales violentos relacionados (por ejemplo, en el marco del Sistema Mundial de Observación de los Océanos y del Sistema Mundial de Observación del clima), y sobre otros impactos del cambio climático mundial en las costas (por ejemplo, inundaciones costeras y destrucción del hábitat resultante de cambios en la frecuencia e intensidad de los temporales violentos);
- 2) apoyar a los países en desarrollo en la construcción de sus propios medios nacionales para que puedan participar en actividades internacionales de investigación y observaciones de estas áreas;
- 3) respaldar la investigación sobre medidas de respuesta efectivas en términos de costes para asistir a las naciones costeras en su adaptación a los impactos adversos del cambio climático mundial;
- 4) promover la educación pública y las iniciativas que generen mayor conciencia sobre las consecuencias de la EANM y otros impactos potenciales del cambio climático mundial en los recursos costeros, y sobre la viabilidad de opciones de respuesta que mitiguen o permitan adaptarse a dichos impactos;
- 5) fortalecer los programas e instituciones nacionales, regionales e internacionales con miras a coordinar tanto la evaluación sobre la vulnerabilidad de las áreas costeras a una EANM como las necesidades de asistencia que tienen al respecto los países en desarrollo; y
- 6) reconocer la eficacia de una cooperación mundial entre las naciones costeras y las organizaciones internacionales tal como se ha desarrollado en el marco del IPCC, y brindar aún más apoyo al SGZC y a su red en tanto que catalizador del fortalecimiento mundial de la cooperación a través del intercambio de datos e información, la cooperación tecnológica, la gestión integrada de zonas costeras, los programas de formación y las comunicaciones.

ACTIVIDADES FUTURAS

Se proponen las siguientes actividades futuras para el SGZC:

- El SGZC, conjuntamente con el Grupo de Trabajo I y el Grupo de Trabajo II y en cooperación con otras organizaciones de las Naciones Unidas, tiene en vista producir informes adicionales sobre la evaluación de la vulnerabilidad a escala mundial. Debido a los estrechos vínculos entre los impactos y

las estrategias de respuesta, el SGZC trabaja en coordinación con el Grupo de Trabajo II, cuyo principal objetivo es el estudio de los impactos del cambio climático, incluida la EANM, los ecosistemas de los corales y de los manglares, y las pesquerías de comercialización y de subsistencia. El SGZC se propone identificar opciones de respuesta que, mediante la gestión, reduzcan su vulnerabilidad a la EANM.

- Elaborar para el año 1994, conjuntamente con el PNUMA, los lineamientos en materia de GZC tal como se está debatiendo en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo;
- El Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1994 ó 1995). En cooperación con el GT I y el GT II, completar una evaluación mundial de vulnerabilidad de las áreas costeras a la EANM utilizando la Metodología Común, como primer paso hacia la planificación y la elaboración de programas GZC.
- Apoyar la planificación de la gestión de zonas costeras en cooperación con el PNUMA y otras organizaciones, y brindar cooperación técnica a los países costeros que lo soliciten para que elaboren planes de gestión integrada de las costas para el año 2000.

Para ello, sería necesario como queda indicado en las recomendaciones encontrar el financiamiento que permita al SGZC del IPCC ejecutar las actividades mencionadas. Debería seguir analizándose tanto la posibilidad de disponer de fondos del PNUMA, de otras organizaciones internacionales y de países donantes, como la velocidad y el alcance del trabajo a financiar de tal modo. La cooperación internacional es un elemento esencial para el éxito de estas actividades.

SECCION VII

RESEÑA DEL RESUMEN DE 1990 DEL COMITÉ ESPECIAL DEL IPCC SOBRE LA PARTICIPACION DE LOS PAISES EN DESARROLLO, DESTINADO A LOS RESPONSABLES DE POLITICAS

INTRODUCCION

El IPCC, en su sexta reunión (Ginebra, 20-31 de octubre de 1991), decidió que se incluiría en el Suplemento de 1992 un resumen de las recomendaciones de su Comité Especial sobre la participación de los países en desarrollo. Además, aprobó la propuesta del presidente de que la Secretaría del IPCC se encargase de redactar una reseña basándose en el resumen del Comité Especial destinado a los responsables de políticas (véase el Primer Informe de Evaluación del IPCC de 1990) y de que se presentara para que lo examinaran todos los países. El texto que figura a continuación es el resultado de dicha decisión.

Recapitulación del resumen ejecutivo del Comité Especial

Una participación plena supone el establecimiento de medios nacionales para tratar todas las cuestiones de interés, a saber la evaluación de las bases científicas del cambio climático, los posibles impactos de estos cambios en la sociedad y la evaluación de estrategias prácticas de respuesta aplicables a nivel nacional y regional.

No debería esperarse a los resultados de las negociaciones de un Convenio marco sobre el cambio climático para empezar a tomar medidas que fomenten la participación plena de los países en desarrollo en las actividades relativas al cambio climático. Las medidas deben tomarse ya, en el marco de los acuerdos existentes, y luego deberían planificarse y llevarse a cabo durante varios años.

Los factores que el Comité Especial considera que impiden la plena participación de los países en desarrollo en el proceso del IPCC, son, inter alia, los siguientes:

- información insuficiente
 - comunicación insuficiente
 - recursos humanos limitados
 - dificultades institucionales
 - recursos financieros limitados.
- i) Información insuficiente: numerosos países en desarrollo no disponen de suficiente información sobre el cambio climático potencial para comprender la preocupación que suscita esta cuestión en el resto del mundo. La información disponible es a menudo insuficiente, desde el punto de vista de la base científica, de los posibles impactos físicos y socioeconómicos del cambio climático o de las opciones de respuesta. Esto se aplica no solamente al ámbito científico sino también a los responsables de políticas y a la opinión pública.
- ii) Comunicación insuficiente: incluso si mejorase la situación en lo que respecta a la información, los medios de comunicación internos y externos son insuficientes para poder difundir debidamente la información relativa al cambio climático.
- iii) Recursos humanos limitados: en muchos países en desarrollo no se dispone de suficiente personal debidamente formado en casi todos los sectores, desde el académico o el científico para aplicar los conocimientos a la producción de alimentos o de energía, a la gestión de los recursos hídricos, los problemas de asentamientos humanos, al crecimiento económico y comercial y toda una serie de otros sectores conexos. La mayoría de ellos, por no decir todos, sólo dispone de un número limitado de expertos y de funcionarios calificados y bien informados, y sólo en algunos sectores muy determinados.
- iv) Dificultades institucionales: el carácter multidisciplinario e interconectado de las cuestiones que deben tratarse exige un nivel relativamente alto de coordinación entre los diversos ministerios y organismos gubernamentales.
- v) Recursos financieros limitados: la primera prioridad es la supervivencia. Por lo demás, las prioridades se fijan en función de los recursos financieros limitados disponibles y de la consecuente falta general de tecnología. A menudo, no pueden encontrarse los medios para sufragar los costes marginales que permitan conseguir un medio ambiente viable. Asimismo, las preocupaciones locales e inmediatas en lo que respecta al medio ambiente generalmente reciben mayor prioridad política que los problemas planetarios, que son impersonales.

Se deberán tener en cuenta las preocupaciones legítimas de los países en desarrollo en el sentido de que el impacto puede ser grave para ellos, aunque el cambio climático mundial apenas se vea afectado.

MEDIDAS QUE SE RECOMIENDAN

Deberían tomarse medidas que permitan facilitar ayuda continua a los países en desarrollo para que puedan enviar representantes a las reuniones del IPCC y participar en las actividades conexas. El Comité Especial señaló a la atención del Grupo de expertos la importancia de continuar realizando este esfuerzo y de que los países donantes aumenten y sigan facilitando apoyo financiero para este fin.

Debería tratarse especialmente de financiar la participación de más de un experto de cada país en desarrollo en las reuniones que tratan simultáneamente de varios aspectos del problema del cambio climático.

Debería alentarse a los gobiernos y a las organizaciones de los países industrializados a que intensifiquen sus esfuerzos para organizar seminarios. Los países en desarrollo podrían organizar, bajo el patrocinio de las organizaciones internacionales o por otros medios, seminarios regionales y cursillos de trabajos prácticos que les permitan intercambiar información técnica y científica. Para este fin, debería prepararse una lista de expertos y los programas necesarios. En el marco de este proceso continuo de intercambio de información, el Comité Especial recomendó que el IPCC enviase a todos los interesados el presente resumen. Los países en desarrollo, por su parte, deberían, cada vez que puedan y lo antes posible, nombrar a coordinadores a los que se les enviarían los informes, los documentos, los datos y la información sobre los seminarios. Estos coordinadores recibirían instrucciones para enviar la documentación a las personas competentes dentro del país para que éstas tomen las medidas pertinentes.

Los países en desarrollo podrían prever la creación de mecanismos para la coordinación nacional de todas sus actividades relativas a los cambios climáticos. Estos mecanismos serían útiles para la difusión de la información, la elaboración y la ejecución de programas de investigación y monitorización, así como para formular opciones de política. Los países industrializados podrían examinar la posibilidad de ayudar a los países en desarrollo a establecer estos mecanismos.

El Comité Especial señaló que la adquisición, el análisis y la interpretación de los datos climáticos y conexos podría ayudar a los países en desarrollo a tomar más en cuenta los cambios climáticos al formular sus políticas nacionales. Estas medidas son necesarias también, a nivel regional, para realizar y afinar los estudios de impacto. Debería suprimirse la actual desigualdad que existe entre los dos hemisferios desde el punto de vista de la adquisición y de la utilización de esos datos. El Comité Especial recomendó además que los países en desarrollo empiecen inmediatamente a identificar sus necesidades financieras concretas a este respecto. También sería necesario movilizar los fondos pertinentes para poder establecer un programa viable y crear centros regionales que se encargarían de implantar redes de información sobre el cambio climático.

En numerosos países en desarrollo, el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional es el principal, y a menudo el único, organismo que se ocupa de concentrar y registrar los datos relativos al clima. Si, como algunos predicen, se modifican las pautas meteorológicas pertinentes como resultado del cambio climático, entonces se deberían reforzar los medios de estos servicios para que puedan contribuir a un desarrollo duradero.

El Comité Especial recomendó además que se tomen debidamente en cuenta sus conclusiones en todos los sectores pertinentes de las actividades del IPCC. Deberían elaborarse programas de acción y ponerse en práctica, sin demora (y definir, si es necesario, los conceptos sobre los que se basan), para que si disponen de medios los países en desarrollo puedan participar en las actividades futuras sobre el cambio climático. A este respecto, el PNUMA y la OMM deberían tomar la iniciativa y emprender las consultas necesarias. Convendría también conseguir la ayuda de otras organizaciones multilaterales o bilaterales para elaborar y realizar esos programas de acción.

SECCION VIII

EN LA SEPTIMA REUNION DEL IPCC

RESUMEN DE CUESTIONES SUSCITADAS PARA UN EXAMEN MAS DETENIDO

La discusión de los resultados presentados en los informes de los tres grupos de trabajo permitió determinar diversas esferas de interés prioritario para la labor futura del IPCC. En las reuniones plenarias, se hicieron referencias a cuestiones y a recientes actividades no tenidas plenamente en cuenta ni revisadas por otros expertos durante la preparación de los informes complementarios de los grupos de trabajo. Todos los estudios disponibles deberían ser sometidos a un minucioso examen de expertos como parte de las actividades subsiguientes al proceso del IPCC.

Desertificación

El cambio climático, la sequía y la desertificación son temas de gran importancia en muchas partes del mundo. Por ello es urgente realizar un extenso estudio de los vínculos que hay entre las variaciones del clima, el cambio del clima y la desertificación; el estudio ha sido solicitado por numerosos países afectados del Sahel y de otras partes de Africa, de Latinoamérica, y de Australia, India, China y otras partes de Asia. La desertificación es un fenómeno complejo, en gran medida vinculado a causas humanas tales como la degradación de las tierras atizadas por la variabilidad climática; las regiones áridas y semiáridas afectadas por este fenómeno tienen, por consiguiente, mayor probabilidad de ser vulnerables al cambio climático. La declaración formulada a raíz del Congreso Internacional sobre Efectos de las Variaciones del Clima y el Desarrollo Sostenible en las Regiones Semiáridas (Fortaleza; Brasil, 1992) hace hincapié en la urgencia de abordar el tema de la desertificación, en lo que respecta a causas de sus impactos observados en las sociedades humanas afectadas.

Gases de efecto invernadero fluorados no incluidos en el Protocolo de Montreal

Se trata de dos tipos: en primer lugar los hidrofluorocarbonos (HFC), que ahora sustituyen a los clorofluorocarbonos (CFC); y en segundo lugar, algunas especies totalmente fluoradas que tienen altos GWP y ciclos de vida muy largos, por ejemplo el tetrafluorometano (CF_4), hexafluoroetano (C_2F_6) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Se debería estudiar la posibilidad de lograr comprender mejor las fuentes y sumideros de estos gases, e incluirlos en la metodología del IPCC para los inventarios nacionales de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, así como para evaluar las opciones de respuesta.

Predicción del clima a escala regional

El Grupo siguió recalcando que la investigación destinada a obtener información sobre un probable cambio climático regional (y su vinculación con el cambio a escala mundial)

era de la máxima prioridad, y destacó que hay ciertos aspectos del cambio climático regional particularmente importantes en algunas esferas. Entre éstas figuran los ciclones tropicales y cancamos y mareas violentas asociados a esas tempestades. Se necesita con urgencia orientación sobre cambios probables de la frecuencia, intensidad y distribución de esos episodios en los estados del litoral Pacífico, Índico y Atlántico a consecuencia del cambio climático. Se debería prestar especial atención a las necesidades de los pequeños estados insulares, particularmente vulnerables al cambio climático. La predicción de la precipitación regional es otra esfera de especial interés. Además, las conexiones entre la polución a nivel local, regional y mundial requieren estudio más profundizado.

Se planteó la cuestión de la validez de la técnica de paleo-analogía para predecir el cambio climático regional. Aunque los datos paleoclimáticos del clima de otras épocas son de gran valor, aún no se han descubierto analogías claras del pasado que puedan aplicarse al cambio climático futuro. En la subsiguiente labor del IPCC, se deberían examinar y evaluar de forma continua todos los métodos de predicción climática regional.

Estudios de países y metodologías

El Grupo reconoció la valiosa labor realizada sobre metodologías para estudios por países - por ejemplo, las de los inventarios nacionales de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, de vulnerabilidad al aumento del nivel del mar y otras evaluaciones de impacto - que estaban realizando los tres grupos de trabajo y otros órganos. El Grupo reconoció que se trata de un tema intersectorial. Reconoció asimismo la utilidad de seguir trabajando en metodologías de limitación y adaptación y, en particular, en su integración en un marco más amplio. Se convino en que debería darse prioridad a seguir evaluando los trabajos en curso y a establecer unas directrices coherentes para la ejecución de estudios por países, teniendo presentes las circunstancias de los diferentes países y la evolución de la índole y de las pautas de utilización de sus recursos naturales. El paso siguiente en este proceso debería ser la convocación de un cursillo de trabajos prácticos, de ser posible antes de la octava reunión del Grupo, para revisar un informe.

Tecnologías relativas a la energía nuclear

La energía eléctrica de origen nuclear, y las cuestiones derivadas de seguridad y eliminación de desechos, deberían ser objeto de plena evaluación por el IPCC como fuente alternativa de energía para atenuar el cambio climático.

Inventario de las posibles opciones de respuesta

En los trabajos futuros se debería incluir la preparación de un amplio inventario de posibles opciones de respuesta para precisar una lista no definitiva de medidas que los países estimen conveniente examinar en su marco nacional. Con respecto a cada opción, el inventario debería abarcar los factores de viabilidad que permitan a los países evaluar si una opción determinada es aplicable a las situaciones nacionales. Estos factores pueden ser:

- técnicos
- económicos
- de otra índole

y pueden impedir la introducción de estas tecnologías o prácticas en una situación nacional concreta.

Las opciones consideradas deberían contener prácticas, técnicas y tecnologías de gestión, y deberían abarcar asimismo todos los sectores, entre ellos la energía, la industria, el transporte, la agricultura y la silvicultura, así como medidas de adaptación para espacios naturales y urbanizados.

El Inventario de Caracterización de Tecnologías es el primer paso para alcanzar este objetivo. El informe relativo a la Tarea 4 determina también opciones de respuesta concretas, y el informe sobre la Tarea 5 toma nota de prácticas sobre la ordenación de zonas costeras que pueden facilitar la adaptación al aumento del nivel del mar.

Gas natural: perspectivas

Se planteó el tema de la disponibilidad futura de gas natural para hacer frente al probable aumento de la demanda, teniendo presente su relación con la disminución de las emisiones de efecto invernadero. Es necesario evaluar las existencias de gases naturales, la capacidad de suministro, así como la demanda después del año 2005, particularmente en los países no pertenecientes a la OCDE.

Efectos económicos de las medidas de respuesta

Muy recientemente han aparecido algunos estudios que no pudieron ser tenidos en cuenta por el IPCC en el examen descrito en este informe. En ellos se indican resultados diversos y se destaca la necesidad de seguir examinando el tema de los efectos de las tasas fiscales sobre las emisiones de carbono y otras medidas en relación con el crecimiento del PIB nacional.

Otras tareas que cabría realizar

- Especificación de un conjunto mínimo de parámetros para vigilar los análisis de impacto, y modo de medirlos.
- Impactos en los ecosistemas de montaña (bosques, recursos hídricos, impactos socioeconómicos etc.).

- Impactos del cambio climático en áreas urbanas y otros asentamientos humanos.
- GWP indirectos.
- Vigilancia monitorización y bases de datos.
- Continuación del pro seguimiento de los objetivos de repoblación forestal previstos en Noordwijk.
- Emisiones producidas por los transportes por carretera y otros sectores de transporte que podrían emplearse como opciones alternativas.
- Preparación de un plan de acción para cumplir las recomendaciones del Comité Especial del IPCC sobre participación de los países en desarrollo, especialmente los objetivos a largo plazo (véase Sección VII).

Difusión de información del IPCC

Gracias al apoyo financiero prestado por algunos países, el IPCC ha realizado una serie de seminarios de intercambio de información en varios países en desarrollo, y también se han traducido a varios idiomas el Primer Informe de Evaluación del IPCC (1990) así como algunos otros informes del Grupo. Algunas organizaciones no gubernamentales están también contribuyendo de manera significativa a la difusión de información sobre el cambio climático. Los seminarios han atraído la participación de todos los niveles de la sociedad, desde Jefes de Estado y Ministros del Gobierno hasta expertos, organizaciones no gubernamentales y el público en general. Los seminarios han contribuido considerablemente a la comprensión de los diversos aspectos del tema del cambio climático. Sería posible realizar seminarios semejantes en otros países en desarrollo para atender peticiones, pero ello depende de que se disponga de recursos financieros y humanos.

Problemas de recursos

Las evaluaciones del IPCC son fundamentalmente tributarias de la investigación y desarrollo ejecutados en el marco de programas internacionales y por otros equipos de investigación en los países del mundo. En el curso de la labor del IPCC ha saltado a la vista la necesidad de redoblar estos esfuerzos de investigación. El conocimiento y comprensión del tema mismo del cambio climático, y todos sus impactos socioeconómicos y ulteriores repercusiones para la sociedad son insuficientes en todas las capas de la sociedad. El IPCC insta con toda firmeza a que se aumenten los recursos para dedicar a estas actividades, y a que se dote de los recursos suficientes a los grandes programas mundiales internacionales. Es particularmente importante que se aporten los medios necesarios para que los países en desarrollo pasen a ser auténticos asociados en este esfuerzo mundial de investigación. En efecto, el progreso de nuestra comprensión depende de que se aborde la cuestión del medio ambiente del planeta en su totalidad.

LISTA DE SIGLAS Y SIMBOLOS QUIMICOS

EANM	Elevación Acelerada del nivel del mar
CF ₄	Tetrafluorometano
CFC	Clorofluorocarbonos
C ₂ F ₆	Hexafluoretano
CGCM	Modelo acoplado de circulación general
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Anhídrido carbónico/dióxido de carbono
CNG	Gas natural comprimido
ENSO	Oscilación austral “El Niño”
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima
FPMA	Fondo para la Protección del Medio Ambiente
GHG	Gases de efecto invernadero
GTC	Gigatonelada (10 ⁹ toneladas) de carbono
GWP	Potencial de calentamiento mundial
HCFC	Hidroclorofluorocarbono
HFC	Hidrofluorocarbono
CIUC	Consejo Internacional de Uniones Científicas
PIGB	Programa Internacional Geosfera-Biosfera
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos
ISTIG	Turbina de gas, vapor inyectado y enfriamiento intermediario
IS92a-f	Escenarios de emisiones del IPCC de 1992
Mha	Millones de hectáreas
MSU	Unidades de sondeo con microondas
Mt	Megatonelada (10 ⁶ toneladas)
N ₂ O	Oxido nitroso
NO _x	Oxidos de nitrógeno
NH	Hemisferio norte
NMHC	Hidrocarburos que no contienen metano
O ₃	Ozono
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
pa	Por año
ppm	Parte por millón
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
TC	Tonelada de carbono
tg	Teragramo (10 ¹² gramos)
NU	Naciones Unidas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
OMM	Organización Meteorológica Mundial

Primer Informe de Evaluación del IPCC

INDICE

Page

Resumen General

Prefacio al Resumen General del IPCC	57
1. Evaluación Científica.....	58
2. Impactos.....	59
3. Estrategias de respuesta	63
4. Participación de países en desarrollo	66
5. Cooperación internacional y labor futura	68
Apéndice Escenarios de emisiones elaborados por el IPCC	69

Resumen del Grupo de Trabajo I destinado a los responsables de políticas

(Evaluación científica del cambio climático)

Resumen Ejecutivo	71
1 Introducción: ¿Cuál es el problema?.....	73
2. ¿Qué factores determinan el clima mundial?.....	73
3. ¿Qué gases producen efecto de invernadero y por qué aumentan?	75
4. ¿Qué gases son los más importantes?	80
5. ¿Qué grado de variación se prevé del clima?.....	81
6. ¿Qué confianza nos merecen nuestras predicciones?	86
7. ¿Será muy diferente el clima del futuro?	89
8. ¿Ha empezado ya el hombre a cambiar el clima mundial?.....	89
9. ¿Cuánto subirá el nivel del mar?.....	90
10. ¿Qué efectos tendrá el cambio climático sobre los ecosistemas?	92
11. ¿Qué debería hacerse para reducir las incertidumbres y cuánto tiempo se necesitaría para ello?	93
Anexo Escenarios de emisiones del grupo de trabajo III del grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos	95

Resumen del Grupo de Trabajo II destinado a los responsables de políticas

(Impactos potenciales del cambio climático)

Resumen Ejecutivo	96
1. Escenarios	101
2. Impactos potenciales del cambio climático en agricultura, explotación de la tierra y silvicultura	103
3. Posibles repercusiones del cambio climático sobre los sistemas naturales de la tierra, y sus consecuencias socioeconómicas.....	108
4. Posibles repercusiones del cambio climático en la hidrología y en los recursos hídricos.....	111
5. Posibles repercusiones del cambio climático sobre los asentamientos humanos sobre los sectores de energía, transporte e industria, y sobre la salud humana y la calidad del aire.....	114

6.	Posibles efectos del cambio climático en los océanos y en las zonas costeras	118
7.	Repercusiones del cambio climático sobre la cubierta de nieve estacional, el hielo y el permafrost y sus consecuencias socioeconómicas	122
8.	Resumen de las principales actuaciones futuras	126
9.	Conclusión	127

Resumen del Grupo de Trabajo III destinado a los responsables de políticas (Formulación de estrategias de respuesta)

Introducción del Presidente	128
Resumen Ejecutivo	131
1. Fuentes de gases de efecto invernadero antropogénicos.....	134
2. Emisiones futuras de gases de efecto invernadero	135
3. Estrategias de respuesta para abordar el cambio climático mundial.....	137
4. Opciones para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero	139
5. Otras actividades para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero	149
6. Medidas de adaptación al cambio climático mundial	149
7. Mecanismos para aplicar estrategias de respuesta	153
Anexo I Mecanismos jurídicos e institucionales: Informe de los coordinadores de temas	160
Lista de siglas de símbolos químicos	166

Resumen del Comité especial para la participación de los países en desarrollo destinado a los responsables de políticas

Resumen Ejecutivo	167
1. Introducción	170
2. Participación plena de los países en desarrollo.....	171
3. Sectores de actuación	174
4. Conclusiones y recomendaciones	177
Anexo 1 Atribuciones del Comité Especial del IPCC para la participación de los países en desarrollo.....	180
Anexo 2 Contribuciones al Fondo en Depósito Especial OMM/PNUMA del IPCC en 1989	181
Sumas recibidas, para el Fondo en Depósito del IPCC (1990).....	182

Resumen General

Prefacio al Resumen General del IPCC

El Primer Informe de Evaluación del IPCC consta de:

- el presente Resumen General del IPCC;
- los resúmenes para los responsables de políticas de los tres grupos de trabajo del IPCC (encargados de evaluar los aspectos científicos, los impactos y las estrategias de respuesta, respectivamente), y el Comité especial del IPCC sobre la participación de los países en desarrollo; y
- los tres informes de los grupos de trabajo.

En el Resumen General se reúne documentación proveniente de los cuatro resúmenes para los responsables de políticas. Asimismo, contiene conclusiones, propone pautas de posible acción (incluidas propuestas referentes a los factores que pueden servir de fundamento a las negociaciones) y esboza el trabajo futuro que habrá que llevar a cabo para conseguir un conocimiento más completo de los problemas del cambio climático provocado por las actividades humanas.

Habida cuenta de que el Resumen General no puede abordar todos los aspectos del problema de los que se ocupan los tres informes de los grupos de trabajo y los tres informes resumidos para los responsables de políticas, en su lectura ha de tenerse en cuenta estos últimos.

Las cuestiones, opciones y estrategias que contiene el informe tienen por objeto ayudar a los responsables de políticas y a los futuros negociadores en sus respectivas tareas. Los gobiernos habrán de examinar minuciosamente el informe, ya que éste aborda diferentes sectores en todos los países. Hay que señalar que en el informe se da cuenta de la evaluación técnica de los expertos y no de las posiciones de los gobiernos, que no siempre han podido participar en todos los grupos de trabajo del IPCC.

El presente Resumen General refleja las conclusiones de los informes de i) los tres grupos de trabajo del IPCC sobre evaluación científica, impactos, y estrategias de respuesta y ii) los resúmenes para los responsables de políticas de los grupos de trabajo del IPCC y del Comité especial del IPCC sobre la participación de los países en desarrollo.

1. Evaluación Científica

La estructura de la presente sección es semejante a la del resumen para los responsables de política del Grupo de Trabajo I.

1.0.1 *Estamos seguros de lo siguiente:*

- Que existe un efecto de invernadero natural que hace que la Tierra sea más cálida de lo que sería en caso de no existir ese efecto.
- Que las emisiones producidas por las actividades humanas aumentan sustancialmente las concentraciones atmosféricas de los gases que producen efecto de invernadero: anhídrico carbónico, metano, clorofluorocarbonos (CFC) y óxido nitroso. Estos aumentos potencian el efecto de invernadero, lo que producirá por término medio un calentamiento adicional de la superficie de la Tierra. El principal gas con efecto de invernadero, el vapor de agua, aumentará como consecuencia del calentamiento del planeta, y a su vez aumentará dicho efecto.

1.0.2 *Opinamos con seguridad que:*

- Algunos gases pueden ser más eficaces que otros en lo que respecta a cambiar el clima, y su efectividad relativa puede estimarse. En el pasado, el anhídrico carbónico ha causado más de la mitad del aumento del efecto de invernadero, y es probable que así continúe en el futuro.
- Las concentraciones atmosféricas de gases persistentes (anhídrico carbónico, óxido nitroso y CFCs) reaccionan con lentitud a las variaciones que registran sus emisiones. Si las emisiones de estos gases continúan al ritmo actual, los aumentos de concentración se dejarán sentir durante siglos. Cuanto más sigan aumentando las emisiones al ritmo actual, mayores tendrán que ser las reducciones para que las concentraciones se estabilicen a un nivel determinado.
- Según los cuatro escenarios de emisiones futuras que el IPCC ha adoptado como supuestos (desde la adopción de escasas o ninguna medida para frenar las emisiones, esto es, el Escenario A, o “de seguir todo como hasta ahora,” hasta otros supuestos basados en niveles de control crecientes, denominados Escenarios B, C y D, respectivamente), las concentraciones de anhídrico carbónico equivalente en comparación con los niveles del período preindustrial se duplicarán en

torno a los años 2025, 2040 y 2050 conforme a los Escenarios A, B y C, respectivamente (ver la sección “¿Qué gases son los más importantes?” en el resumen para los responsables de políticas del Grupo de Trabajo I en lo referente a la descripción del concepto de concentraciones de anhídrico carbónico equivalente). Ver el apéndice en lo relativo a la descripción de los escenarios de emisiones del IPCC.

- Según el Escenario D, hacia finales del próximo siglo podría alcanzarse la estabilización de las concentraciones de anhídrico carbónico equivalente a un nivel dos veces superior al nivel del período preindustrial. Si se procede a una reducción inmediata de más del 60% en las emisiones netas de gases persistentes (fuentes menos sumideros) producidas por actividades humanas, se conseguiría una estabilización de dicha concentración a los niveles actuales; las concentraciones de metano se estabilizarían con una reducción del 15-20%.
- Las emisiones de anhídrico carbónico de origen humano son mucho más reducidas que el intercambio natural de anhídrico carbónico entre la atmósfera y los océanos, y entre la atmósfera y el sistema terrestre. Por otro lado, antes de que comenzaran las emisiones de origen humano, dicho intercambio natural mostraba un equilibrio aproximado; las emisiones antropogénicas constantes en la atmósfera originan una alteración significativa del ciclo natural del carbono.

1.0.3 *Sobre la base de los resultados de los modelos actuales predecimos lo siguiente:*

- Que la temperatura media mundial aumentará en promedio, en el siglo que viene, aproximadamente 0,3°C cada diez años (con una incertidumbre de 0,2 - 0,5°C por decenio), partiendo del supuesto de que las emisiones de gases de efecto invernadero se ajusten al Escenario A (“de seguir todo como hasta ahora”); la rapidez con que se producirá este incremento será mayor que el registrado en los últimos 10.000 años. Ello dará por resultado un aumento probable de la temperatura media mundial de aproximadamente 1°C en el año 2025 (2°C más que en el período preindustrial) y de 3°C antes de que finalice el próximo siglo (4°C superior al período preindustrial). Este aumento no será regular debido a la influencia de otros factores.
- Que con arreglo a los otros escenarios de emisión formulados por el IPCC, en los que se supone que los niveles de control se incrementarán gradualmente, el ritmo de aumento de la temperatura media mundial oscilará entre 0,2°C cada diez años (Escenario B), poco más de 0,1°C (Escenario C) y aproximadamente 0,1°C (Escenario D), también cada diez años. Ese aumento no será regular debido a la influencia de otros factores.

- Que la superficie terrestre se calienta más rápidamente que los océanos y que, en invierno, las altas latitudes septentrionales registran un aumento de temperatura superior a la media mundial.
- Los océanos actúan a modo de sumidero térmico, razón por la cual retardan el pleno efecto del calentamiento provocado por gases de efecto invernadero. Por lo tanto, estaríamos abocados a un aumento de la temperatura, que se percibiría paulatinamente en los decenios y siglos venideros. De los modelos se deduce que, con el incremento de los gases de efecto invernadero, el aumento percibido de la temperatura, en un período determinado, oscila entre el 50 y el 80% del aumento de temperatura seguro.
- Que con arreglo al Escenario A (“de seguir todo como hasta ahora”) en el próximo siglo el nivel medio del mar aumentará aproximadamente en promedio, 6 cm por decenio (con una incertidumbre de 3 a 10 cm por decenio), debido principalmente a la expansión térmica de los océanos y a la fusión de hielos terrestres. Se prevé que el aumento medio mundial del nivel del mar será de aproximadamente 20 cm en el año 2030 y de 65 cm a finales del próximo siglo, si bien con importantes variaciones regionales.

1.0.4 ***Por lo que atañe a las incertidumbres, señalamos que:***

- Nuestras predicciones encierran numerosas incertidumbres, especialmente con respecto a la cadencia, magnitud y pautas regionales del cambio climático, especialmente de los cambios en la precipitación.
 - Estas incertidumbres obedecen a que no conocemos completamente las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, así como tampoco la reacción de las nubes, los océanos y los bancos de hielos polares a un cambio del forzamiento radiativo causado por un incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero.
 - Estos procesos ya se entienden en parte, y confiamos en que ulteriores investigaciones permitan reducir la incertidumbre. No obstante, la complejidad del sistema no permite excluir sorpresas.

1.0.5 ***Nuestra opinión es la siguiente:***

- La temperatura media mundial del aire en superficie ha aumentado entre 0,3°C y 0,6°C durante los últimos 100 años, y los cinco años más cálidos por término medio se han registrado en todo el mundo durante el decenio de 1980. Durante el mismo período el nivel del mar mundial ha subido entre 10 y 20 cm. Estos aumentos no se han registrado con regularidad en el tiempo ni han sido uniformes en todo el mundo.

- La magnitud de este calentamiento es coherente con las predicciones de los modelos climáticos, pero también se corresponde con la variabilidad climática natural. Si la única causa del calentamiento observado fuese el efecto de los gases de efecto invernadero de origen humano, la sensibilidad climática consiguiente se acercaría a los valores inferiores elaborados por los modelos. Por consiguiente, el aumento observado podría deberse en gran medida a esta variabilidad natural. También es posible que esta variabilidad y otros factores humanos hayan compensado un calentamiento aún mayor debido al efecto de invernadero causado por el hombre. Es probable que por lo menos hasta dentro de diez años no se pueda detectar de manera inequívoca mediante observaciones el aumento del efecto de invernadero.
- Las mediciones efectuadas en núcleos de hielo de hasta 160.000 años de antigüedad indican que la temperatura de la Tierra varió en estrecha relación con la cantidad de anhídrido carbónico y de metano presente en la atmósfera. Aunque no conocemos los pormenores de causa y efecto, los cálculos indican que las variaciones registradas por esos gases con efecto de invernadero explican en parte, aunque no totalmente, la notable variación (5-7°C) de la temperatura mundial registrada entre las eras glaciales y los períodos interglaciales.
- Las fuentes y sumideros naturales de gases de efecto invernadero son sensibles a un cambio del clima. Aunque no sea mucho lo que se conozca de los procesos de reacción (retroacción) está claro que, a medida que el clima se calienta, este efecto de retroacción dará lugar a un aumento general, y no a una disminución, de las cantidades naturales de gases de efecto invernadero. Por tal motivo, es probable que el cambio climático supere al que se deduce de las estimaciones citadas.

2. **Impactos**

El informe del Grupo de Trabajo II sobre impactos se basa en la labor de varios subgrupos que han utilizado diversos estudios basados en diferentes metodologías. A partir de los textos existentes sobre la materia, los estudios se han basado en diversos escenarios como medio de evaluar los posibles impactos del cambio climático, cuyas características podrían ser las siguientes:

- i) una duplicación efectiva del CO₂ en la atmósfera entre el momento actual y los años 2025-2050;
- ii) un aumento consiguiente de la temperatura media mundial de entre 1,5°C y 4,5°C;
- iii) una distribución desigual del aumento de la temperatura mundial, que sería menor - la mitad del incremento medio - en las regiones tropicales, y mayor

el doble del incremento medio - en las regiones polares;

- iv) una elevación del nivel del mar de aproximadamente 0,3 a 0,5 m para el año 2050 y de aproximadamente 1 m para el año 2100, junto con una elevación de temperatura de la capa superficial del océano de entre 0,2° y 2,5°C.

2.0.2 Aunque estos escenarios datan de una fecha anterior, concuerdan con la evaluación del Grupo de Trabajo I que, para el Escenario A (“de seguir todo como hasta ahora”), ha estimado la magnitud de la elevación del nivel del mar en unos 20 cm para 2030, y en torno a 65 cm para finales del próximo siglo. El Grupo de Trabajo I también ha predicho que la temperatura media mundial aumentará alrededor de 1°C de aquí al 2025 y 3°C antes de finales del próximo siglo.

2.0.3 Toda predicción de los efectos del cambio climático deberá considerarse en el contexto de la sociedad actual, dinámica y en evolución. Así, fenómenos naturales de gran escala como el de El Niño pueden afectar considerablemente a la agricultura y a los asentamientos de seres humanos. La explosión demográfica prevista tendrá asimismo serias repercusiones en la explotación de la tierra y en la demanda de energía, agua dulce, alimentos y habitación, que variará de una región a otra según los ingresos nacionales y la tasa del crecimiento. En muchos casos, este impacto se hará sentir más gravemente en regiones que ya sufren dificultades y tensiones, principalmente en países en desarrollo. Un cambio climático inducido por actividades humanas tales como las continuas emisiones incontroladas no hará sino acentuar dichos efectos. Así, por ejemplo, el cambio climático, la polución y las radiaciones ultravioleta B debidas al agotamiento del ozono podrían actuar entre sí, intensificando de ese modo sus efectos nocivos sobre sustancias y organismos. Un aumento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero podría inducir un cambio climático irreversible, lo que podría ser detectable a finales de este siglo.

2.0.4 Resulta difícil obtener estimaciones globales de los efectos físicos y biológicos del cambio climático a escala regional, y no es mucha tampoco la fiabilidad de las estimaciones regionales de ciertos factores climáticos críticos, especialmente de los valores de precipitación y la humedad del suelo, que en los diversos modelos de circulación general y estudios paleoanalógicos presentan resultados muy dispares. Además, existe cierta incertidumbre entre los científicos en cuanto a la relación que puede existir entre el cambio climático y los efectos biológicos, así como entre estos efectos y las consecuencias socioeconómicas.

2.0.5 Con el estudio de esta parte consagrado a los impactos no se pretende proponer ninguna adaptación, innovación tecnológica o medida de otra índole que pudiera atenuar efectos adversos del cambio climático circunscritos a determinados períodos. Ello sería sobre todo importante

en sectores muy regimentados, como la agricultura, la silvicultura y la salud pública.

2.0.6 Por último, otro aspecto a estudiar es el de la cronología y mayor o menor rapidez de los fenómenos que constituyen el cambio climático. Así, existirá un desfase entre:

- i) las emisiones de gases de efecto invernadero y la duplicación de su concentración;
- ii) la duplicación de las concentraciones de gases de efecto invernadero y los cambios que experimente el clima;
- iii) los cambios del clima y los efectos físicos y biológicos resultantes;
- iv) las alteraciones que experimentan los efectos físicos y ecológicos y sus consecuencias socioeconómicas (incluidas las de tipo ecológico). Cuanto más breve sea el desfase menor será la capacidad de reacción, y mayores las consecuencias socioeconómicas.

2.0.7 Existe incertidumbre en cuanto a las características de este desfase. Los cambios no serán graduales, y no cabe descartar que se produzcan sorpresas. La gravedad de los impactos dependerá en gran medida de la rapidez con que se produzca el cambio climático.

2.0.8 Pese a estas incertidumbres, sin embargo, el Grupo de Trabajo II ha llegado a varias conclusiones importantes, a saber:

2.1 Agricultura y silvicultura

2.1.1 A juzgar por los resultados de numerosos estudios realizados existen ya indicaciones de que los cambios climáticos tendrán un importante efecto en la agricultura y en la ganadería. En cambio, no se ha determinado aún de manera concluyente si el potencial agrario mundial aumentará o disminuirá en promedio. Podrían observarse efectos negativos a nivel regional, como consecuencia de la influencia que sobre el estado del tiempo y las plagas tuviera el cambio climático, así como de los nuevos niveles de ozono, a nivel del suelo causados por los contaminantes, todo lo cual hará necesarias innovaciones de la tecnología y de las prácticas de gestión agrícola. Las repercusiones podrían ser graves en algunas regiones, especialmente si disminuyera la producción en algunas de ellas sumamente vulnerables, que serían las menos capaces de adaptarse, por ejemplo en Brasil, Perú, la región del Sahel en Africa, Asia sudoriental, la región asiática de la URSS y China. Existe también la posibilidad de que en latitudes altas y medias la productividad potencial aumente como consecuencia de un prolongamiento de las épocas de cultivo, pero no es probable que se creen nuevas y extensas zonas de producción y, por lo demás, el fenómeno se limitará principalmente al hemisferio norte.

2.1.2 Las pautas del comercio agrícola podrían verse afectadas por una disminución de la producción de cereales en algunas de las áreas actuales de alta producción como, por ejemplo, Europa occidental, el sur de los Estados Unidos y partes de América del sur y de Australia occidental. En las regiones de latitud media, es posible que disminuya la producción hortícola. Por otra parte, la producción de cereales podría aumentar en el norte de Europa. Una serie de políticas encaminadas a crear nuevas cepas de plantas de cultivo y una ordenación agrícola que haga frente a las nuevas condiciones climáticas podrían atenuar la gravedad de esos efectos a nivel regional. En conjunto, las pruebas sugieren que, si se produjesen estas alteraciones del clima, la producción alimentaria mundial podría mantenerse más o menos al mismo nivel que en ausencia de cambio; no está claro, sin embargo, lo que costaría conseguirlo. Con todo, el cambio climático podría agravar las dificultades que plantea el rápido crecimiento de la población, ya que el aumento o variación en los niveles de radiación ultravioleta B a nivel del suelo como consecuencia de la disminución del ozono estratosférico repercutiría negativamente en los cultivos y en la ganadería.

2.1.3 Dado que el período de renovación de los bosques es largo, los que existen actualmente crecerán y morirán en un clima al que cada vez estarán menos adaptados. En la práctica, los impactos dependerán de la adaptabilidad fisiológica de los árboles y de las relaciones huésped-parásito, ya que pueden producirse grandes pérdidas de bosque como consecuencia de ambos factores. También serán cada vez mayores los daños ocasionados por incendios. Las zonas climáticas que regulan la distribución de las especies se desplazarán hacia los polos y hacia altitudes más elevadas. Los bosques regimentados requieren grandes esfuerzos, tanto en la selección de semillas como la determinación de separaciones y grados de espesura, y en términos de protección. Proporcionan una amplia variedad de productos, desde combustibles hasta alimentos.

2.1.4 El grado de dependencia con respecto a esos productos difiere de un país a otro, así como la capacidad de hacer frente y soportar las pérdidas. Las áreas más sensibles serán aquellas en que haya especies que se encuentren próximas a sus límites biológicos de temperatura y humedad. Ese será probablemente el caso de las áreas semiáridas, por ejemplo. Es posible que se recrudezcan las tensiones sociales y, con ellas, los consiguientes daños antropogénicos a los bosques. Este tipo de comportamiento, cada vez más extendido e imposible de mantener, hará día a día más perentoria la inversión y la conservación, y una acertada ordenación de los bosques.

2.2 Ecosistemas naturales terrestres

2.2.1 Los ecosistemas naturales de la Tierra podrían resultar considerablemente afectados por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera mundial y los cambios climáticos concomitantes. Las alteraciones de temperatura y precipitación inferidos

sugieren que las zonas climáticas podrían desplazarse varios centenares de kilómetros hacia los polos en los próximos cincuenta años. La flora y la fauna irían quedándose rezagadas tras estos movimientos climáticos, sobreviviendo en su ubicación actual en un régimen climático que podría ser distinto. Estos regímenes podrían ser más o menos inhóspitos, incrementando la productividad de algunas especies y reduciendo la de otras. Lo probable es que los ecosistemas no se desplacen como un todo, sino que adopten una nueva estructura como consecuencia de las alteraciones experimentadas en cuanto a la distribución y abundancia de las especies.

2.2.2 La rapidez de los cambios climáticos inferidos constituye el factor primordial en base al cual determinar el tipo y grado de efectos climáticos que experimentarán los ecosistemas naturales de la Tierra. Es probable que la rapidez de los cambios sea mayor que la capacidad de adaptación de algunas especies, y las reacciones a la nueva situación podrían ser tanto rápidas como graduales.

2.2.3 La creciente presión del medio ambiente podría ocasionar la extinción de algunas especies y reducir así la diversidad biológica del planeta. En algunas zonas, la probable proliferación de plagas e incendios podría acentuar las alteraciones inferidas de los ecosistemas.

2.2.4 Las repercusiones de una mayor concentración de CO₂ y, por ende, del cambio climático en los ecosistemas naturales del planeta podrían verse alteradas por otros factores medioambientales tanto naturales como antropogénicos (por ejemplo, la polución del aire).

2.2.5 Las comunidades más en peligro son aquellas cuyas opciones de adaptabilidad son limitadas (por ejemplo las comunidades de montaña, las alpinas, las polares, las insulares y costeras, las asentadas sobre extensiones de vegetación residual, y los patrimonios y reservas naturales), así como aquellas comunidades en que los cambios climáticos vienen a añadirse a las presiones ya existentes. Las consecuencias socioeconómicas de estas repercusiones serán significativas, especialmente en aquellas regiones del mundo en que las sociedades humanas y sus economías dependen de ecosistemas naturales para su bienestar. Si estos ecosistemas experimentasen alteraciones, la disponibilidad de alimentos, combustibles, medicinas, materiales de construcción y fuentes de ingresos también podría variar, así como, en algunas regiones, importantes productos de fibra.

2.3 Hidrología y recursos hídricos

2.3.1 Ciertos cambios climáticos comparativamente pequeños pueden crear en numerosas áreas problemas de gran envergadura en relación con los recursos hídricos, especialmente en las regiones áridas, semiáridas o húmedas donde la demanda o la polución son el origen de cierta escasez de agua. Poco se sabe de las particularidades del cambio hidrometeorológico que producen los gases de

efecto invernadero a nivel regional. Al parecer, en muchas áreas aumentarán las precipitaciones, la humedad del suelo y las reservas de agua, alterándose con ello la agricultura, los ecosistemas y otros usos hídricos. En otras áreas, en cambio, disminuirá la disponibilidad de agua, lo que constituye un factor crítico en situaciones que se encuentran ya en el límite, como ocurre en la zona del Sahel, en África. Esta circunstancia también tiene considerables consecuencias para la agricultura, el almacenamiento y distribución del agua, y la generación de energía hidroeléctrica. En algunas áreas limitadas, por ejemplo, en un escenario hipotético con 1°C a 2°C de aumento de temperatura, una reducción del 10% de las precipitaciones podría reducir entre un 40% y un 70% la escorrentía anual. Regiones tales como el sudeste de Asia, dependientes de sistemas fluviales no regulados, son especialmente vulnerables al cambio hidrometeorológico. Por otra parte, regiones tales como la parte occidental de la URSS o el oeste de Estados Unidos, que poseen extensos sistemas de recursos hídricos regulados, están menos expuestas a las variaciones hidrometeorológicas en ese escenario. También la demanda de agua, y no sólo los suministros hídricos, podría variar en función del esfuerzo humano para conservarla, y merced a un mejor rendimiento en los cultivos de plantas; en un medio ambiente más rico en CO₂. Las repercusiones socioeconómicas netas deberán reflejar tanto los aspectos de abastecimiento como de demanda del agua. En ingeniería de recursos hídricos, la planificación de estructuras con una vida útil proyectada hasta finales del próximo siglo deberá tener en cuenta todos estos impactos. Si las precipitaciones aumentan, habrá que mejorar la capacidad de ciertas estructuras como, por ejemplo, el sistema de alcantarillado urbano en previsión de tormentas. La variación de los riesgos de sequía conlleva potencialmente el impacto más grave del cambio climático sobre la agricultura regional y mundial.

2.4 Asentamientos humanos; energía, transporte e industria; salud humana y calidad del aire

2.4.1 Los asentamientos humanos más vulnerables son aquellos que están más expuestos a riesgos naturales, por ejemplo las inundaciones litorales o fluviales, sequías extremas, corrimientos de tierra, vendavales y ciclones tropicales. Las poblaciones más vulnerables serán las de los países en desarrollo, y en ellas los grupos sociales de ingresos más bajos: los residentes en tierras bajas costeras o islas y en tierras semiáridas de pastoreo, así como los habitantes pobres de casas desocupadas, chabolas y barrios miserables, especialmente en las megalópolis, serán las más vulnerables. En tierras bajas de la costa, (por ejemplo, en Bangladesh, China o Egipto) y en los pequeños países insulares, las inundaciones ocasionadas por la elevación del nivel del mar y las trombas de tormenta podrían dar lugar a importantes desplazamientos de población. Una menor disponibilidad de agua y alimentos, un aumento de los trastornos como consecuencia del calor y de la propagación de infecciones podría acarrear consecuencias graves para la salud, especialmente en las grandes zonas urbanas. Los

nuevos valores de precipitación y temperatura podrían alterar radicalmente las pautas epidemiológicas de las enfermedades víricas o transmitidas por vectores, desplazándolas a latitudes más altas y amenazando de ese modo extensas poblaciones. Al igual que en el pasado, estos cambios podrían señalar el comienzo de grandes migraciones demográficas, alterando gravemente en unos cuantos años las pautas de asentamiento y, en algunas zonas, causando inestabilidad social.

2.4.2 El calentamiento de la Tierra podría también afectar a la disponibilidad de recursos hídricos y a la biomasa, que son las dos fuentes principales de energía en muchos países en desarrollo. Las repercusiones probablemente difieran de una región a otra y dentro de cada región ocasionando en algunas una disminución y, en otras, un aumento de los recursos hídricos y de la biomasa. En las primeras, estos cambios pueden amenazar el suministro de energía y de materias esenciales para la vivienda y la obtención de energía. Además, el propio cambio climático podría influir según la región en la disponibilidad de otras formas de energía renovable, como la eólica o la solar. En los países desarrollados, algunos de los efectos más importantes sobre los sectores de energía, transporte e industria podrían venir determinados por las políticas que se adopten para hacer frente al cambio climático, (por ejemplo, la reglamentación de los combustibles, la gravación fiscal de las emisiones contaminantes, o el fomento de los transportes públicos). En los países en desarrollo, la influencia de los cambios climáticos en la disponibilidad y en el precio de ciertos recursos de producción como la energía, el agua, la alimentación o las fibras, podría afectar a la competitividad de muchas industrias.

2.4.3 El calentamiento del planeta y el aumento de la radiación ultravioleta resultantes del agotamiento del ozono estratosférico pueden degradar la calidad del aire, por ejemplo incrementando el contenido de ozono a nivel del suelo en algunas zonas urbanas contaminadas. Un aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta B en la superficie de la Tierra acrecentaría el riesgo de lesiones oculares y epidérmicas y podría modificar la cadena alimentaria marina.

2.5 Zonas oceánicas y costeras

2.5.1 La elevación mundial de las temperaturas acelerará la elevación del nivel del mar y modificará la circulación oceánica y los ecosistemas marinos, produciendo así unas consecuencias socioeconómicas considerables. Estos efectos vendrán a añadirse a la actual tendencia ascendente del nivel del mar y a otras agresiones que ya han castigado bastante a los recursos costeros, como la polución y la captura abusiva. Una elevación del nivel del mar de entre 30 y 50 cm (inferida para el año 2050) pondrá en peligro las islas bajas y zonas costeras. Una elevación de 1 m de aquí al 2100 hará inhabitables algunos países insulares, desplazará a decenas de millones de personas, pondrá

gravemente en peligro los núcleos urbanos próximos al nivel del mar, anegará tierras productivas, contaminará el suministro de agua dulce y modificará el perfil de la costa. Todos estos efectos se verán agravados si las sequías y las tormentas ganan en intensidad. La protección de la costa entrañará gastos cuantiosos. La rápida elevación del nivel del mar modificará la ecología de las costas y amenazará numerosas e importantes pesquerías. La disminución del volumen de hielo marino será una ventaja para el transporte marítimo, pero repercutirá gravemente en las aves y mamíferos marinos cuyo medio natural es el hielo.

2.5.2 En los océanos, se verán alterados el equilibrio térmico y las pautas de circulación oceánica, es decir, la capacidad del océano para absorber calor y CO₂, así como las corrientes ascendentes, que afectarán a las pesquerías. Los efectos variarán según la zona geográfica, originando alteraciones del hábitat, una menor diversidad biológica y un desplazamiento de los organismos marinos y de las zonas productivas que afectará a especies comercialmente importantes. Estas nuevas pautas regionales de las pesquerías tendrán importantes repercusiones socio-económicas.

2.6 Cubierta de nieve estacional, hielos y permafrost

2.6.1 En conjunto, disminuirán considerablemente tanto en extensión superficial como en volumen los elementos constitutivos de la criosfera terrena (la cubierta de nieve estacional, las capas de permafrost próximas a la superficie y algunas masas de hielo). A escala regional, estas reducciones podrían tener un impacto significativo en los ecosistemas vinculados al medio y en la actividad social y económica. En algunas regiones, la situación se complica por el hecho de que, como consecuencia del efecto multiplicativo del aumento de las temperaturas, la disminución podría ser repentina, y no gradual.

2.6.2 Según las proyecciones, tanto la superficie de la cubierta de nieve estacional como su duración decrecerán en casi todas las regiones, especialmente en latitudes medias, con la posibilidad de que en algunas regiones de latitud alta se registre un aumento. Las variaciones de volumen de la cubierta de nieve y su duración estacional tendrán en ambos casos efectos positivos y negativos sobre los recursos hídricos regionales (como resultado de los cambios en cuanto a volumen y fecha de comienzo de las escorrentías de nieve fundida), sobre los transportes regionales (por carretera, mar, aire y ferrocarril) y sobre el sector recreativo.

2.6.3 En conjunto, el hielo que contienen los glaciares y los mantos de hielo podría disminuir complicándose las respuestas a nivel regional por el hecho de que las precipitaciones de nieve en algunas áreas aumentarían, provocando así una acumulación de hielo. La recesión glacial tendrá repercusiones importantes sobre los recursos hídricos regionales y locales y, por ende, sobre la disponibilidad de agua y de energía hidroeléctrica y, sumada a la recesión y adelgazamiento del manto de hielo,

contribuirá a elevar el nivel del mar. El permafrost, sobre el que actualmente descansa un 20 a 25% de la masa no oceánica del hemisferio norte, podría experimentar una degradación considerable durante los próximos 40-50 años. El inferido aumento de espesor de la capa (activa) de congelación deshielo que descansa sobre el permafrost y una recesión del permafrost a latitudes y altitudes mayores podrían dar lugar a una mayor inestabilidad del terreno, a erosiones y a corrimientos de tierra en las áreas bajo las que actualmente existe permafrost. Ello podría alterar notablemente los ecosistemas de la corteza superior y deteriorar las estructuras y los medios establecidos por el ser humano, lo cual repercutiría en los asentamientos humanos existentes y en las posibilidades de desarrollo.

3. Estrategias de respuesta

3.0.1 El examen de las estrategias de respuesta al cambio climático plantea enormes dificultades para los responsables de políticas. La información disponible para proceder a análisis de políticas fundamentados es insuficiente porque:

- a) hay incertidumbre en cuanto a saber cuán eficaces serían las opciones o grupos de opciones específicos de respuesta para evitar eficazmente el posible cambio climático;
- b) hay incertidumbre en lo que respecta a los costes, los efectos en el crecimiento económico y otras repercusiones económicas y sociales de las opciones y grupos de opciones específicas de respuesta.

3.0.2 El IPCC recomienda un programa para que se elaboren y se pongan en ejecución medidas a nivel mundial, exhaustivas y escalonadas a fin de resolver el problema del recalentamiento global conforme a planteamientos flexibles e innovadores.

- Uno de los principales dilemas que se plantea con relación al cambio climático causado por el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera estriba en que tal vez haya que adoptar medidas, con bastante antelación, hasta que puedan analizarse a fondo, por medio de la investigación, las cuestiones específicas que ya están planteadas o que podrían plantearse en el futuro.
- Los clorofluorocarbonos están siendo eliminados paulatinamente a fin de proteger la capa estratosférica de ozono. Esta medida será también eficaz para retardar el incremento del forzamiento radiativo de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera. Habrá que hacer todo lo necesario para encontrar productos de sustitución cuyos potencial de calentamiento por efecto invernadero, o de empobrecimiento de la capa de ozono, sea escaso o nulo, para reemplazar a los actuales HCFC y HFC.
- La fuente antropogénica de forzamiento radiativo más

importante es la producción y utilización de energía. Según las estimaciones, el sector energético participa en un 46% (con una incertidumbre de 38-54%) en el aumento del forzamiento radiativo causado por actividades humanas.

- Hay que señalar que las emisiones causadas por el empleo de combustibles fósiles interviene en un 70-90% en el total de las emisiones antropogénicas de CO₂ en la atmósfera, en tanto que el restante 10-30% debe su origen a la utilización de ecosistemas terrestres por el hombre. Una merma importante de la tasa de deforestación, así como un incremento de la repoblación forestal, contribuirían, de manera significativa a retardar el ritmo de incremento de las concentraciones de anhídrido carbónico en la atmósfera, aunque con ello no se conseguiría, ni mucho menos, detenerlo. Ello es buena prueba de que, aunque se hayan implantado medidas forestales, no hay que descuidar otras medidas para frenar o reducir las emisiones de efecto invernadero.

3.1 Funciones que desempeñan los países industrializados y los países en desarrollo

- Los países industrializados y los países en desarrollo comparten la responsabilidad común, aunque desigual, de los problemas que surgen por obra del cambio climático y sus efectos adversos. Los primeros deben adoptar una función rectora de dos maneras distintas:
 - i) una parte fundamental de las emisiones que afectan a la atmósfera actualmente se origina en los países industrializados, donde las posibilidades de cambio son mayores. Los países industrializados deberían adoptar medidas nacionales para limitar el cambio climático, adaptando sus propias economías para estar en concordancia con futuros acuerdos que limiten las emisiones;
 - ii) cooperar con los países en desarrollo en la acción internacional, sin interponerse en el desarrollo de estos últimos, contribuyendo con recursos financieros adicionales, transfiriendo la tecnología adecuada, trabajando en estrecha cooperación en la observación, el análisis y la investigación científicos y, finalmente, mediante cooperación técnica dirigida a prever y a gestionar los problemas de medio ambiente.
- El desarrollo sostenible¹ de los países industrializados y también de los países en desarrollo requiere una auténtica preocupación por la protección del medio

¹. Por desarrollo sostenible se entiende el desarrollo que atiende las necesidades del presente sin que quede comprometida la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades y que excluye, en absoluto, todo tipo de injerencia en la soberanía nacional. (Anexo II a la Decisión 15/2 de la decimoquinta reunión del Consejo de Administración del PNUMA, Nairobi, mayo de 1989.)

ambiente como fundamento necesario para continuar el crecimiento económico. En todo plan de desarrollo habrá de tenerse en cuenta, de manera sistemática, consideraciones relativas al medio ambiente. Habrá de conseguirse un acertado equilibrio entre el crecimiento económico y los objetivos medioambientales.

- Las emisiones que provienen de países en desarrollo van en aumento para satisfacer sus necesidades de desarrollo, razón por la cual, con el transcurso del tiempo, pueden participar en un porcentaje cada vez mayor en las emisiones mundiales. Como las emisiones de gases de efecto invernadero crecen en los países en desarrollo en forma paralela a su crecimiento demográfico y económico, hay urgente necesidad de proceder a una transferencia rápida de tecnologías a estos países, en régimen de preferencia, a fin de que éstos puedan monitorizar el cambio climático y reducirlo o adaptarse a sus consecuencias, sin que ello vaya en detrimento de su desarrollo económico. Dentro de unos límites factibles, los países en desarrollo deben tomar medidas para adaptar convenientemente sus economías. Tomando en cuenta que en las poblaciones de los países en desarrollo impera la pobreza, resulta natural que estos países atribuyan prioridad al logro del crecimiento económico. La reducción de diferencias entre el mundo industrializado y el mundo en desarrollo proporcionaría un fundamento para que todas las naciones del mundo puedan participar plenamente en mancomunidad, y ayudaría a los países en desarrollo abordar la cuestión del cambio climático.

3.2 Opciones

- Los estudios realizados por los Grupos de Trabajo I y III sobre los diferentes escenarios climáticos desarrollan, en líneas generales, políticas de control de emisiones que retardarían el calentamiento global de forma que del valor previsto actualmente de 0,3°C cada diez años se pasaría a 0,1°C durante el mismo tiempo (ver el apéndice).
- Las consecuencias posiblemente graves que originaría el cambio climático son motivo suficiente para que se comiencen a adoptar estrategias de respuesta, cuya justificación podría ser inmediata, aun cuando hubiera que afrontar incertidumbres significativas. Las estrategias de respuesta consistirían en lo siguiente:
 - eliminación paulatina de emisiones de clorofluorocarbonos y la evaluación minuciosa del potencial de efecto invernadero de los sustitutos propuestos;
 - mejoras y conservación de la eficiencia energética en el suministro, transformación y utilización final de la energía, en particular coadyuvando a la difusión de tecnologías para mejorar el rendimiento energético,

mejorando el rendimiento energético en la producción en masa de bienes de consumo, revisando los sistemas de precios y arancelarios de la energía para que reflejen mejor los costes medioambientales;

- gestión y repoblación forestal sostenible de los bosques;
 - empleo de fuentes de energía más limpias y de mayor rendimiento con emisiones inferiores o nulas de gases de efecto invernadero;
 - revisión de las prácticas agrícolas.
- Para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero no hay una única opción tecnológica, preparada y lista para ser aplicada. Habrá que concebir estrategias de respuesta escalonadas y flexibles para fortalecer la investigación, el desarrollo y el despliegue tecnológico, así como mejorar y proceder a una nueva evaluación de las tecnologías actualmente disponibles. Estas estrategias deben ofrecer posibilidades de cooperación internacional. Es preciso formular una estrategia global que se ocupe de los diversos aspectos del problema y de reflejar los costes y beneficios medioambientales, económicos y sociales.
 - Como el gran aumento proyectado de la población mundial será un factor fundamental causante del aumento inferido de los gases de efecto invernadero en el mundo, es esencial que las estrategias relativas al cambio climático a escala planetaria tomen en cuenta la necesidad de hacer frente a la tasa de crecimiento de la población mundial.
 - A reserva de sus especiales circunstancias, conviene que las distintas naciones o grupos de naciones estudien la adopción inmediata de medidas para tratar de limitar, estabilizar o disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades humanas, y prevenir la destrucción de los sumideros mejorando su eficacia. Convendría que los gobiernos estudiaran la posibilidad de fijar objetivos para el CO₂ y otros gases de efecto invernadero.
 - El Grupo de Trabajo III del IPCC procedió a una evaluación preliminar de numerosas opciones. Parece ser que algunas de éstas pueden ser económica y socialmente viables para ser aplicadas a corto plazo, en tanto que otras, por no ser aún técnica o económicamente viables, podrían serlo a más largo plazo. Por lo general, el Grupo de trabajo estimó que las estrategias de respuesta más eficaces, especialmente las aplicables a corto plazo, son aquellas:
 - beneficiosas por razones distintas de las del cambio climático y se justifican por derecho propio, por ejemplo las tecnologías que permiten aumentar la

eficiencia energética y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, una mejor gestión de los bosques y de otros recursos naturales, y unas menores emisiones de clorofluorocarbonos y otras sustancias que agotan la capa de ozono, que son asimismo gases radiativamente importantes;

- económicamente eficientes y rentables, en particular las que hacen uso de mecanismos basados en el mercado;
- capaces de servir para múltiples fines sociales económicos y medioambientales;
- flexibles y escalonadas, de modo que pueden modificarse con facilidad para responder a una mayor comprensión de los aspectos científicos, tecnológicos y económicos del cambio climático;
- compatibles con el crecimiento económico y con el concepto de desarrollo sostenible;
- administrativamente prácticas y eficaces en cuanto respecta a su aplicación, monitorización y puesta en vigor; y
- reflejo de las obligaciones de los países industrializados y en desarrollo para hacer frente a este problema, reconociendo al mismo tiempo las especiales necesidades de los países en desarrollo, en particular en lo tocante a la financiación y a la tecnología.

3.2.1 El grado de viabilidad de las opciones será también distinto según la región o el país de que se trate. En cada país, las repercusiones de determinadas opciones dependerán de sus circunstancias sociales, medioambientales, y económicas. Sólo mediante un minucioso análisis de todas las opciones disponibles será posible determinar cuáles son las que mejor se adaptan a las circunstancias de un determinado país o región. Para empezar, se debería dar la máxima prioridad al examen de las políticas actuales con miras a que los conflictos con los objetivos de las estrategias sobre el cambio climático sean mínimos. Habrá necesidad de nuevas políticas.

- En una óptica a largo plazo, hay que comenzar a precisar los criterios para escoger las opciones idóneas que reflejen, por una parte, los impactos del cambio climático así como los costes y ventajas, y por otra, los costes y ventajas sociales y económicos de las opciones elegidas.
- Hay que comenzar, cuanto antes, a examinar medidas para aminorar los impactos del cambio climático mundial, en particular por lo que atañe a las políticas de preparación de poblaciones en caso de desastres, a la gestión de zonas costeras y a las medidas de lucha contra la desertificación, muchas de las cuales se

justifican por sí mismas. Las medidas encaminadas a limitar, o adaptarse, a los cambios climáticos deben ser lo más rentables posible, sin olvido de las importantes consecuencias sociales que las mismas pueden acarrear. Las medidas de limitación y adaptación deben considerarse como un todo indivisible.

- Hay que comenzar, lo antes posible, a evaluar las arcas expuestas a los riesgos causados por una elevación del nivel del mar y a elaborar planes globales de gestión para reducir en el futuro la vulnerabilidad de las poblaciones y de los acontecimientos y ecosistemas litorales como parte de los planes de gestión de zonas costeras.
- Pueden alcanzarse los objetivos medioambientales por vía de reglamentación y/o por medio de instrumentos económicos basados en las leyes del mercado. Estos últimos, al estimular la selección flexible de medidas de frenado, vienen a fomentar la innovación y la mejora de tecnologías y prácticas para reducir las emisiones, y por consiguiente, ofrecen a menudo la posibilidad de conseguir mejoras medioambientales por un coste inferior al derivado de mecanismos de reglamentación. Ahora bien, no es probable que se puedan aplicar a todas las circunstancias esos instrumentos económicos.
- Se considera que hay tres factores que son posibles obstáculos al funcionamiento de los mercados y/o al logro de objetivos medioambientales a través de los mecanismos del mercado. Se trata de los siguientes:
 - i) problemas de información, que frecuentemente pueden ser causa de que los mercados produzcan resultados medioambientales menos eficaces o desfavorables;
 - ii) medidas e instituciones existentes, que pueden alentar a las personas a que se comporten en forma dañosa para el medio ambiente; y
 - iii) el equilibrio entre objetivos en competencia (sociales, medioambientales y económicos).

3.2.2 Por consiguiente, una estrategia de respuesta puede comenzar abordando los problemas de información en forma directa y revisando las medidas en vigor que pueden constituir obstáculos. Por ejemplo, antes de que se pueda adoptar un sistema de cobro de derechos por las emisiones de gases, los países deberían examinar los subsidios existentes y los incentivos fiscales para la energía y otros sectores pertinentes productores de gases de efecto invernadero.

- Con respecto a los mecanismos institucionales para prestar cooperación y asistencia financieras a los países en desarrollo se examinó un criterio de doble vía, a saber:

i) Una vía construida sobre la labor en curso o prevista en las instituciones existentes. Los donantes bilaterales podían integrar más y reforzar los componentes medioambientales de sus programas de asistencia, y crear acuerdos de cofinanciación con instituciones multilaterales, asegurando se de que ello no imponga condiciones medioambientales inadecuadas.

ii) En paralelo a esta vía se examinó la posibilidad de nuevos mecanismos y medios. Algunos países en desarrollo e industrializados sugirieron acordar nuevos mecanismos directamente relacionados con un futuro convenio sobre el clima, así como con los protocolos que se podrían adoptar, tales como un nuevo fondo internacional.

- Los gobiernos deberían iniciar a partir de ahora las actividades siguientes:
 - programas de investigación acelerados y coordinados para disminuir las incertidumbres científicas y socioeconómicas con miras a mejorar la base sobre la que reposan las estrategias y medidas de respuesta;
 - revisar la planificación de la energía, la industria, los transportes, las arcas urbanas, las zonas costeras y la utilización y gestión de los recursos;
 - alentar cambios beneficiosos de comportamiento y de estructuras (por ejemplo, transportes e infraestructura de la vivienda);
 - ampliar los sistemas de observación y vigilancia (monitorización) de los océanos mundiales.

3.2.3 Ha de observarse que, hasta la fecha, no se han hecho evaluaciones detalladas de los costos y beneficios económicos, de la viabilidad tecnológica o de las posibilidades de mercado de los supuestos de políticos subyacentes.

4. Participación de países en desarrollo

4.0.1 Huelga decir que los efectos que ejercería la elaboración de una estrategia futura sobre los países en desarrollo y en su participación en ella revisten importancia capital. El IPCC, en un intento de abordar esta cuestión concreta, creó un Comité especial sobre la participación de los países en desarrollo y le pidió que señalara factores que impiden la plena participación de los países en desarrollo en el IPCC y recomendara las medidas correctoras pertinentes. El Comité insistió en que una plena participación no sólo se limita a la presencia física en las reuniones, sino también al desarrollo de la necesaria competencia para abordar todas las cuestiones que son motivo de preocupación, tales como la

valoración de la base científica del cambio climático, las posibles repercusiones de ese cambio en la sociedad y la evaluación de estrategias prácticas de respuesta para aplicaciones nacionales/regionales.

4.0.2 El Comité Especial precisó los factores que siguen impidiendo que los países en desarrollo participen plenamente en estas actividades. Estos factores son los siguientes:

- información insuficiente;
- comunicación insuficiente;
- recursos humanos limitados;
- dificultades de orden institucional;
- limitación de recursos financieros.

4.0.3 Con relación a algunos de estos factores, los grupos de trabajo del IPCC han elaborado opciones de políticas que están contenidas en sus respectivos informes.

- Los países en desarrollo necesitarán, a veces, recursos financieros adicionales para apoyar su empeño en promover actividades que contribuyan tanto a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como a la adaptación a los efectos perniciosos del cambio climático, fomentando, al propio tiempo, el desarrollo económico. Los sectores de cooperación podrían abarcar, entre otros, los siguientes:

- utilización eficaz de los recursos energéticos utilización de combustibles fósiles con tasas inferiores de emisión de gases de efecto invernadero, utilización de combustibles no fósiles desarrollo de fuentes de energía limpias y renovables, tales como la biomasa, la energía eólica, la energía producida por las olas y la energía hidroeléctrica y solar, según proceda;
- utilizar de manera más racional los productos forestales, así como prácticas de gestión forestal y técnicas agrícolas correctas a fin de reducir los efectos desfavorables sobre el clima;
- facilitar el desarrollo y transferencia de tecnologías, limpias y seguras, en los posibles sectores siguientes:
 - + el sector de la construcción y las industrias manufactureras;
 - + los sistemas de transportes públicos;
 - + el sector industrial;

- medidas que refuerzan la capacidad de los países en desarrollo para elaborar programas sobre el cambio climático, con inclusión de actividades de investigación y desarrollo y programas de motivación y enseñanza al público tales como:

- + desarrollar los recursos humanos que se necesitan para hacer frente al problema del cambio climático y sus efectos adversos;
- + elaborar programas de estudio y de formación profesional en materias y técnicas relacionadas con el cambio climático;
- + facilitar personal capacitado y el material necesario para organizar programas de formación profesional a fin de desarrollar, en el propio país, las competencias técnicas que se requieren para evaluar el cambio climático y luchar contra sus efectos dañinos;
- + elaborar programas de investigación relacionados con el clima, organizados a nivel regional;

- facilitar la participación de los países en desarrollo en foros y organizaciones tales como el Programa Internacional Geosfera-Biosfera, los de interacción Tierra-océano en las zonas costeras, de aspectos biosféricos del ciclo hidrológico, de impacto del cambio mundial en la agricultura y en la sociedad, el Programa Mundial sobre el Clima, y el Programa sobre el Hombre y la Biosfera;

- facilitar la participación de los países en desarrollo en foros internacionales que se ocupen del cambio climático mundial, tales como el IPCC;

- fortalecer las instituciones de enseñanza y de investigación y desarrollar nuevas instituciones, en los planos nacional y regional.

- Además, será necesario prestar cooperación y asistencia para adoptar medidas de adaptación, tomando en cuenta que, en algunas regiones y países, estas medidas tal vez sean mucho más importantes que las actividades de limitación.

- El IPCC llega a la conclusión de que no es necesario ni imperativo que las recomendaciones del Comité Especial esperen por los resultados de futuras negociaciones sobre un convenio sobre el clima. Hace un llamamiento a las organizaciones financieras multilaterales y bilaterales, para que den cumplimiento a sus recomendaciones. Además, insta a los gobiernos a que sigan aportando e incrementen con carácter urgente sus contribuciones al Fondo en Depósito del IPCC.

5. Cooperación internacional y labor futura

- Las medidas indicadas más arriba requieren un alto grado de cooperación internacional con el debido respeto a la soberanía nacional de los Estados. Debería iniciarse lo antes posible las negociaciones internacionales para lograr un convenio que sirva de marco de trabajo después de presentar este informe, en cumplimiento de lo dispuesto en la Resolución SS II/3 Climate C. (agosto de 1990) del Consejo de Administración del PNUMA y la Resolución 8 (EC-XLII, junio de 1990) del Consejo Ejecutivo de la OMM. Muchos países, sobre todo los países en desarrollo, subrayaron que las negociaciones se llevaran a cabo en el foro y forma, y conforme al calendario que acordara la Asamblea General de las Naciones Unidas

5.0.1 Dicho convenio, unido a cualquier otro protocolo adicional que pudiese acordarse, constituiría un sólido fundamento para una cooperación eficaz que permitiese abordar el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a cualquier efecto adverso del cambio climático. En el convenio debería declararse que el cambio climático suscita la preocupación de toda la humanidad y debería contener, como mínimo, principios y obligaciones generales. Debería estar estructurado de tal modo que suscitase la adhesión del mayor número y variedad equilibrada de países, permitiendo tomar medidas a tiempo.

5.0.2 Los temas fundamentales para la negociación serán los criterios, el calendario, la forma jurídica y la incidencia de cualquier obligación para controlar las emisiones netas de gases de efecto invernadero, el modo de sopesar equitativamente las consecuencias para todos, cualquier mecanismo institucional, incluidos los de investigación y monitorización, que pueda ser necesario, la necesidad de y en particular, la petición de los países en desarrollo de recursos financieros adicionales y de transferencia de tecnología con carácter preferente. El Grupo de Trabajo III, en su documento sobre medidas jurídicas adjunto a su resumen para los responsables de políticas, precisó y discutió los posibles componentes de un convenio marco sobre el cambio climático.

- El IPCC recomienda que, en general, se refuerce la investigación sobre los aspectos científicos del cambio climático, así como sobre el desarrollo tecnológico y las consecuencias económicas internacionales.
- Habida cuenta de que el cambio climático podría afectar, bien sea directa o indirectamente, a casi todos los sectores de la sociedad, un conocimiento amplio del tema a nivel mundial facilitaría la adopción y la ejecución de las opciones de respuesta, según sea necesario y conveniente. Por lo tanto, habrá que realizar, con toda urgencia, esfuerzos para llegar a un conocimiento de la cuestión a nivel mundial.

APENDICE

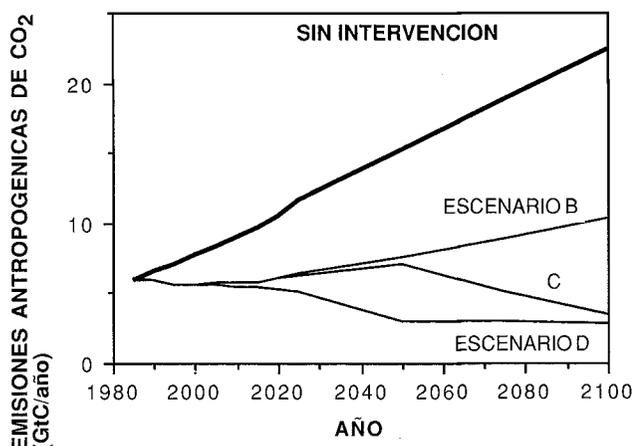
Escenarios de emisiones elaborados por el IPCC

El IPCC utilizó dos métodos de elaborar escenarios de futuras emisiones:

- En uno de esos métodos se utilizaron modelos de escala mundial para elaborar cuatro escenarios utilizados por el Grupo de Trabajo I para establecer escenarios de un futuro calentamiento. En los cuatro escenarios se partió del supuesto de que se mantendría un crecimiento económico mundial acorde con las proyecciones elaboradas por el Banco Mundial, así como también el crecimiento demográfico previsto en las estimaciones de los estudios de las Naciones Unidas. En las Figuras 1 y 2 que se intercalan seguidamente se indican las emisiones antropogénicas de anhídrido carbónico y de metano correspondientes a estos escenarios.
- En el segundo método se utilizaron estudios sobre los sectores energético y agrícola que habían presentado más de 21 países y organizaciones internacionales para calcular las emisiones de anhídrido carbónico.

De ambos planteamientos se desprende que las emisiones de anhídrido carbónico crecerán de la actual cifra de 7 BtC (miles de millones de toneladas de carbono) por año, hasta llegar, en el año 2025, a 12-15 BtC. El Escenario A ("de seguir todo como hasta ahora") prevé una eliminación gradual parcial de clorofluorocarbonos en cumplimiento

Figura 1 Proyección de las emisiones de CO₂ de origen humano (miles de millones de toneladas al año)



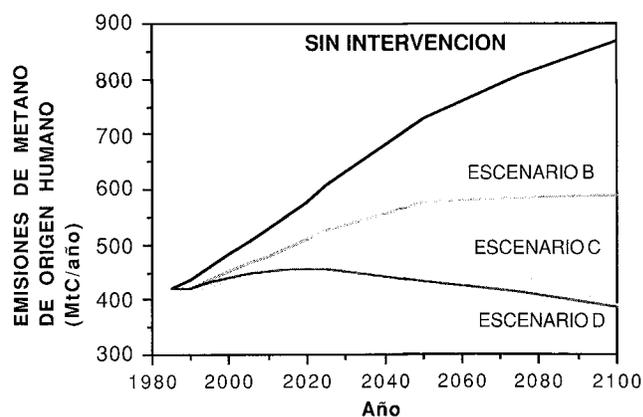
del Protocolo de Montreal y una merma de las emisiones de CO₂ y CH₄ inferior a la correspondiente al escenario de referencia. Conforme a este escenario elaborado por medio de estudios por países y estudios internacionales de grupos de los sectores energético y agrícola, se considera un aumento de las emisiones de anhídrido carbónico y se da por supuesto una eliminación gradual total de clorofluorocarbonos. De sus resultados se deduce que las concentraciones de CO₂ equivalentes concuerdan con sus efectos sobre el clima global.

Método 1²

El Escenario A ("De seguir todo como hasta ahora"), parte del supuesto de que se adopten pocas o ningunas medidas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. El empleo de energía y la tala de bosques tropicales continúan, y los combustibles fósiles, en particular el carbón, siguen siendo la principal fuente de energía del mundo. El Protocolo de Montreal entra en vigor, pero sin aplicarse estrictamente y respetándose en un grado inferior al 100%. Según este escenario, el equivalente de una duplicación de los niveles preindustriales de CO₂ se produce, según el Grupo de Trabajo I, en torno al año 2025.

El Escenario B (Escenario de emisiones bajas) se basa en los siguientes supuestos: entre los diferentes tipos de combustibles de origen fósil se da preferencia al gas natural, se logra un aumento importante del rendimiento energético, se da marcha atrás a la deforestación y se reducen las emisiones de clorofluorocarbonos en un 50% con relación a los niveles de 1986. El resultado sería que, en torno al año 2040, se habrá duplicado el anhídrido carbónico equivalente con relación al período preindustrial.

Figura 2 Proyección de las emisiones de metano de origen humano (Millones de toneladas al año)



² Para elaborar estos escenarios se partió del supuesto de que se cumplieran, en cierto grado, las disposiciones del Protocolo de Montreal, pero no todas las enmiendas que se convinieron en Londres (junio de 1990). Las enmiendas que se acordaron en Londres al Protocolo de Montreal, si se aplicaran estrictamente, eliminarían casi completamente la producción de clorofluorocarbonos completamente halogenados, halógenos, tetracloruro de carbono y metilcloroformo a principios del siglo XXI. Las partes en el Protocolo hicieron también un llamamiento para que se eliminara con posterioridad los HCFC. Así pues, los supuestos sobre los que se basan los Escenarios A y B sobreestiman el forzamiento radiativo potencial de los CFC y de los halógenos. Por otro lado, las Naciones Unidas han elaborado, hace poco, proyecciones demográficas que prevén un aumento de la población superior al utilizado en los escenarios modelos mundial (escenarios A, B, C y D); si se tienen presente estas proyecciones más recientes aumentarían las emisiones futuras de CO₂. Además, las emisiones de CO₂ según el escenario de referencia son superiores a las del escenario A ("de seguir como hasta ahora"), de lo que podría deducirse que en este escenario las cifras podrían estar subestimadas.

En el Escenario C (Escenario de políticas de control) se parte del supuesto de que se dará preferencia a las energías renovables y de que se contará, en la última parte del próximo siglo, con una energía nuclear segura, de que se eliminan progresivamente los gases de CFC y se limitaran las emisiones de origen agrícola (metano y óxido nitroso); la duplicación equivalente del anhídrido carbónico preindustrial se producirá en torno al año 2050.

El Escenario D (Escenario de políticas aceleradas) parte de la hipótesis de que se dará rápidamente preferencia a las energías renovables y de que a principios del siglo que viene se contará con una energía nuclear segura, de que se aplicarán controles rigurosos de emisión en los países industriales y se moderará el crecimiento de emisiones en los países en desarrollo. Según este escenario, que presupone una reducción hasta el 50% de los niveles de 1985 de las emisiones de anhídrido carbónico equivalente las concentraciones de anhídrido carbónico quedarán estabilizadas a finales del próximo siglo en un volumen doble al correspondiente al de niveles preindustriales.

estado de esas emisiones en el próximo siglo, pero si se prosigue la labor encaminada a elaborar supuestos y métodos perfeccionados para establecer estimaciones de escenarios, ello será útil para orientar la elaboración de estrategias de respuesta.

Método 2 (ver la nota 2 de la página anterior)

Empleando el segundo método, el Subgrupo de energía e industria y el Subgrupo de agricultura y silvicultura del Grupo de Trabajo III elaboraron el llamado escenario de referencia. Conforme a este escenario, las emisiones mundiales de CO₂ provenientes de los distintos sectores crecerán de 7.0 BtC (año) en 1985 a más de 15 BtC (año) en 2025. La participación de la energía en este crecimiento variará de 5 BtC (año) a más de 12 BtC (año). La demanda de energía primaria se duplicará con creces entre los años 1985 y 2025, con un crecimiento medio del 2,1%. Las emisiones de origen energético per cápita en los países industrializados aumentará de 3.1 toneladas de carbono (TC) en 1985 a 4.7 TC en 2025. En los países en desarrollo, estas emisiones aumentarán de 0.4 TC en 1985 a 0.8 TC en 2025.

Resumen

Los escenarios arriba presentados ofrecen todos ellos una base conceptual para considerar posibles pautas futuras de las emisiones y las amplias reacciones que podrían afectar a esas pautas. No se ha hecho ninguna evaluación concreta de los costes y beneficios económicos totales, de su viabilidad tecnológica o del potencial de mercado de los supuestos de políticas que le sirven de fundamento. Debido a que, por razones intrínsecas, no podemos estimar con precisión las tasas demográficas y de crecimiento económico futuras, así como tampoco el comportamiento individual, la innovación tecnológica y otros factores que revisten importancia capital para determinar las tasas de emisión en el transcurso del siglo que viene, las proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero adolecen de cierto grado de incertidumbre. Sin olvidar esas dificultades intrínsecas, la labor del IPCC sobre escenarios de emisiones ofrecen, por el momento, las estimaciones mejores sobre el

Resumen del Grupo de Trabajo I destinado a los responsables de políticas (Evaluación científica del cambio climático)

Resumen Ejecutivo

1. *Estamos seguros de lo siguiente:*

- Existe un efecto de invernadero natural que hace que la Tierra sea más cálida de lo que sería en caso de no existir ese efecto.
- Las emisiones producidas por las actividades humanas aumentan sustancialmente las concentraciones atmosféricas de gases que producen efecto de invernadero: anhídrido carbónico, metano, cloro-fluorocarbonos (CFC) y óxido nitroso. Estos aumentos potencian el efecto de invernadero, lo que produce por término medio un calentamiento adicional de la superficie de la Tierra. El principal gas con efecto de invernadero, el vapor de agua, aumentará como consecuencia del calentamiento mundial, y a su vez aumentará dicho efecto.

2. *Opinamos con seguridad que:*

- Algunos gases pueden ser más eficaces que otros en lo que respecta a cambiar el clima, y su efectividad relativa puede estimarse. En el pasado, el anhídrido carbónico ha causado más de la mitad del aumento del efecto de invernadero, y es probable que así continúe en el futuro.
- Las concentraciones atmosféricas de gases persistentes (anhídrido carbónico, óxido nitroso y CFCs) reaccionan con lentitud a las variaciones que registran sus emisiones. Si las emisiones de estos gases continúan el ritmo actual, los aumentos de concentración se dejarán sentir durante siglos. Cuanto más tiempo sigan aumentando las emisiones al ritmo actual, mayores tendrán que ser las reducciones para que las concentraciones se estabilicen a un nivel determinado.
- Las emisiones de gases persistentes debidas a actividades humanas deberían reducirse inmediatamente en más del 60% para estabilizar sus concentraciones a los niveles actuales; el metano requeriría una reducción del 15 al 20%.

3. *Sobre la base de los resultados de los modelos actuales, predecimos lo siguiente:*

- De seguir como hasta ahora las emisiones de gases que producen efecto de invernadero (Escenario A del IPCC), la temperatura media mundial aumentará durante el próximo siglo aproximadamente 0,3°C cada diez años (con una incertidumbre de 0,2°C a 0,5°C por

decenio), cifra superior a la registrada en los últimos 10.000 años. En comparación con los valores actuales, ello dará por resultado un aumento probable de la temperatura media mundial de aproximadamente 1°C para el año 2025 y de 3°C antes de que finalice el próximo siglo. Este aumento no será regular debido a la influencia de otros factores.

- Con arreglo a los otros escenarios de emisión formulados por el IPCC en los que se supone que los niveles de control se incrementarán gradualmente, el aumento de la temperatura media mundial será de entre 0,2°C cada diez años (Escenario B), un poco más de 0,1°C (Escenario C) y aproximadamente 0,1°C (Escenario D), también cada diez años.
- La superficie terrestre se calienta más rápidamente que los océanos, y en invierno las altas latitudes septentrionales registran un aumento de temperatura superior a la media mundial.
- Los cambios climáticos regionales difieren de la media mundial, aunque la predicción pormenorizada de los cambios regionales nos merezca poca confianza. Por ejemplo, los aumentos de predichos para el sur de Europa y parte central de América del Norte serán superiores a la media mundial e irán acompañados por término medio de una reducción de las precipitaciones estivales y de la humedad del suelo. Las predicciones para las regiones tropicales y el hemisferio sur son menos coherentes.
- Con arreglo al Escenario A del IPCC, se prevé que en el próximo siglo el nivel medio del mar aumentará en promedio aproximadamente 6 cm cada diez años (con una incertidumbre de 3 a 10 cm por decenio), debido principalmente a la expansión térmica de los océanos y a la fusión de algunos hielos terrestres. El aumento medio mundial predicho para el nivel del mar será aproximadamente de 20 cm en el año 2030 y de 65 cm a finales del próximo siglo, si bien con importantes variaciones regionales.

3.1 Nuestras previsiones encierran numerosas incertidumbres, especialmente con respecto al momento, magnitud y estructura regionales de los cambios climáticos, debido a nuestro entendimiento incompleto de lo siguiente:

- las fuentes y sumideros de los gases que producen efecto de invernadero, lo que influye en las predicciones sobre las concentraciones futuras;
- las nubes, que influyen grandemente en la magnitud del cambio climático;

- los océanos, que influyen en la cadencia y pautas del cambio climático;
- los bancos de hielo polares, que influyen en las predicciones sobre el aumento del nivel del mar.

3.2 Estos procesos ya se entienden en parte, y confiamos en que ulteriores investigaciones permitan reducir la incertidumbre. No obstante, la complejidad del sistema no permite excluir sorpresas.

4. *Nuestra opinión es la siguiente:*

- La temperatura media mundial del aire en la superficie de la Tierra ha aumentado entre 0,3°C y 0,6°C durante los últimos 100 años, y los cinco años más cálidos por término medio se han registrado en todo el mundo durante el decenio de 1980. Durante el mismo período el nivel del mar mundial ha subido entre 10 y 20 cm. Estos aumentos no se han registrado con regularidad en el tiempo ni han sido uniformes en todo el mundo.
- La magnitud de este calentamiento es coherente con las predicciones de los modelos climáticos, pero también se corresponde con el equivalente a la variabilidad climática natural. Por consiguiente, el aumento observado podría deberse en gran medida a esta variabilidad natural. También es posible que esta variabilidad y otros factores humanos hayan compensado un calentamiento aún mayor debido al efecto de invernadero causado por el hombre. Es probable que por lo menos hasta dentro de diez años no se pueda detectar de manera inequívoca mediante observaciones el aumento del efecto de invernadero.
- No existen pruebas sólidas de que el clima haya variado más en los últimos decenios. Sin embargo, al aumentar la temperatura media es más probable que los episodios de temperaturas elevadas sean más frecuentes en el futuro, y las olas de frío menos frecuentes.
- Los ecosistemas influyen en el clima, y a su vez se verán afectados por los cambios climáticos y por el aumento de las concentraciones de anhídrido carbónico. Los cambios climáticos rápidos modificarán la composición de los ecosistemas. Algunas especies se verán beneficiadas y otras serán incapaces de emigrar o de adaptarse con la suficiente rapidez y quizás se extingan. El aumento de los niveles de anhídrido carbónico puede aumentar la productividad y eficiencia del aprovechamiento del agua por la vegetación. Aunque se conocen mal los efectos del aumento de la temperatura sobre los procesos biológicos, es posible que éste incremente las concentraciones atmosféricas de los gases que producen efecto de invernadero de manera natural.

5. *Para aumentar nuestra capacidad de predicción, necesitamos:*

- entender mejor los diversos procesos relacionados con el clima, especialmente los asociados con las nubes, los océanos y el ciclo del carbono;
- mejorar la observación sistemática de las variables relacionadas con el clima a nivel mundial, y seguir investigando los cambios que se produjeron en el pasado;
- desarrollar modelos perfeccionados del sistema climático de la Tierra;
- aumentar el apoyo a las actividades nacionales e internacionales de investigación del clima, especialmente en los países en desarrollo;
- facilitar el intercambio internacional de datos climáticos.

1. Introducción: ¿Cuál es el problema?

1.0.1 Existe la preocupación de que las actividades humanas puedan cambiar por inadvertencia el clima de la Tierra al aumentar el efecto de invernadero como consecuencia de las emisiones de anhídrido carbónico y de otros gases efectuadas en el pasado, y que continúan actualmente, y que pueden hacer que aumente la temperatura de la superficie terrestre - lo que corrientemente se denomina "calentamiento mundial". Si esto ocurre, los cambios consiguientes pueden tener consecuencias importantes para la sociedad.

1.0.2 La finalidad del informe del Grupo de Trabajo I, determinada en la primera reunión del IPCC, es proporcionar una evaluación científica de lo siguiente:

- 1) Los factores que pueden influir en el cambio climático durante el próximo siglo, especialmente los debidos a actividades humanas.
- 2) Las reacciones del sistema atmósfera-oceano-tierra-hielo.
- 3) La capacidad actual de preparar modelos de los cambios climáticos mundial y regionales y sus facultades de predicción.
- 4) El clima registrado en el pasado y las anomalías climáticas observadas actualmente.

1.0.3 Sobre la base de esta evaluación, el informe presenta los conocimientos actuales con respecto a las predicciones del cambio climático (incluidos el aumento del nivel del mar y los efectos sobre los ecosistemas) que pueden registrarse en los próximos cien años, el ritmo de estos cambios y una evaluación de las incertidumbres que vinculadas a esas predicciones.

1.0.4 Este Resumen para los responsables de políticas tiene por finalidad resaltar los elementos del informe principal de mayor pertinencia para la formulación de políticas, a la hora de dar respuesta a las preguntas siguientes:

- ¿Qué factores determinan el clima mundial?
- ¿Qué son los gases de efecto invernadero, y cómo y por qué aumentan?
- ¿Qué gases son los más importantes?
- ¿Qué grado de variación se prevé del clima?
- ¿Qué confianza nos merecen nuestras predicciones?
- ¿Será muy diferente el clima del futuro?

- ¿Ha empezado ya el ser humano a cambiar el clima mundial?

- ¿Cuánto subirá el nivel del mar?

- ¿Qué efectos sufrirán los ecosistemas?

- ¿Qué debería hacerse para reducir las incertidumbres, y cuánto tiempo se necesitará para ello?

1.0.5 El presente informe tiene por finalidad atender las necesidades prácticas de los responsables de políticas. No se trata de un examen académico ni de un plan para un nuevo programa de investigación. Aunque casi todos los aspectos de la cuestión presentan cierto grado de incertidumbre, los responsables de políticas piden directrices claras a los científicos. Por consiguiente, se ha pedido a los autores del presente informe que, siempre que sea posible, proporcionen las estimaciones que consideren óptimas, así como una evaluación de las incertidumbres.

1.0.6 El presente informe es un resumen de lo que sabemos en 1990. Aunque las continuas investigaciones profundizarán estos conocimientos y requerirán con frecuencia la actualización del informe, no es probable que varíen significativamente las conclusiones básicas sobre la realidad del aumento del efecto de invernadero y la posibilidad de que modifique el clima mundial. No obstante, la complejidad del sistema puede originar sorpresas.

2. ¿Qué factores determinan el clima mundial?

2.0.1 Muchos factores, tanto naturales como de origen humano, determinan el clima de la Tierra. Veamos en primer lugar los factores naturales, y observemos después la posible contribución de las actividades humanas.

2.1 ¿Qué factores naturales son importantes?

2.1.1 La energía motriz del tiempo y el clima procede del Sol. La Tierra intercepta la radiación solar (incluida la parte del espectro visible, de onda corta), refleja aproximadamente una tercera parte y el resto la absorben los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, océanos, hielos, tierras y biota). A largo plazo, la energía de la radiación solar que se absorbe está equilibrada por la radiación saliente de la Tierra y de la atmósfera. Esta radiación terrestre es energía invisible de infrarrojo en onda larga, cuya magnitud está determinada por la temperatura del sistema Tierra-atmósfera.

2.1.2 Diversos factores naturales pueden modificar el equilibrio existente entre la energía absorbida por la Tierra y la emitida por ella en forma de radiación de infrarrojo en onda larga. Estos factores originan el forzamiento radiativo sobre el clima. El más evidente de ellos es la variación de

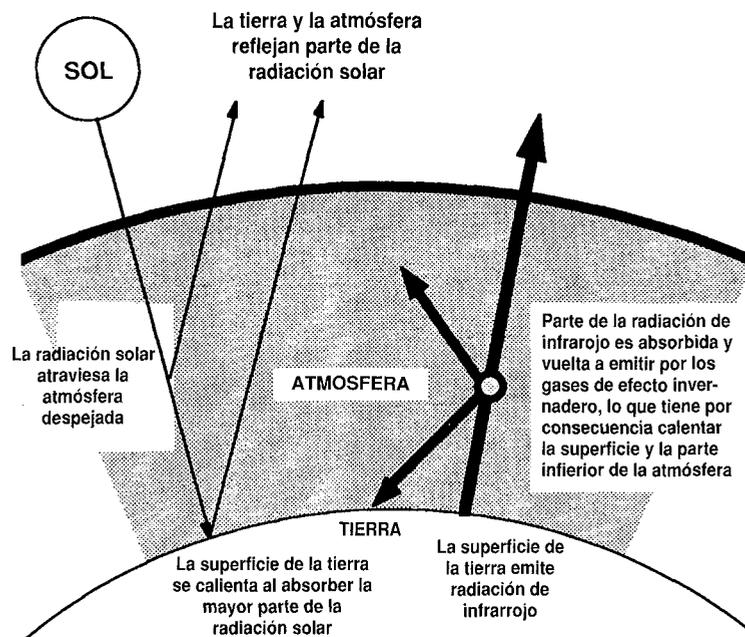


Figura 3 Diagrama simplificado que muestra el efecto de invernadero

la producción de energía del sol. Existen pruebas directas de esta variabilidad en el curso del ciclo solar de once años de duración, pero también pueden producirse cambios en períodos más largos. Lentas variaciones de la órbita de la Tierra influyen en la distribución estacional y latitudinal de la radiación solar, y constituyen probablemente la causa de que se iniciaran las eras glaciales.

2.1.3 Uno de los factores más importantes es el efecto de invernadero, que a continuación se explica de manera simplificada. La radiación solar de onda corta puede pasar relativamente sin dificultad a través de una atmósfera limpia. En cambio, la radiación terrestre de onda larga emitida por la superficie caliente de la Tierra se absorbe parcialmente y a continuación es reemitida a la atmósfera superior, más fría, por diversos gases vestigiales. Habida cuenta de que por término medio la radiación saliente de onda larga se equilibra con la radiación solar entrante, tanto la atmósfera como la superficie estarán más calientes de lo que estarían en el caso de que no existieran los gases de efecto invernadero.

2.1.4 Los principales gases que producen un efecto de invernadero natural, no son el nitrógeno y el oxígeno, sino el vapor de agua (en primer lugar), el anhídrido carbónico, el metano, el óxido nitroso y el ozono de la troposfera (los últimos 10-15 km de la atmósfera) y de la estratosfera.

2.1.5 Los aerosoles (pequeñas partículas) de la atmósfera también pueden influir en el clima ya que pueden reflejar y absorber radiación. Las perturbaciones naturales

más importantes se deben a erupciones volcánicas explosivas que influyen en las concentraciones registradas en la baja estratosfera. Por último, el clima tiene su propia variabilidad natural a todas las escalas de tiempo, y experimenta cambios sin ninguna influencia externa.

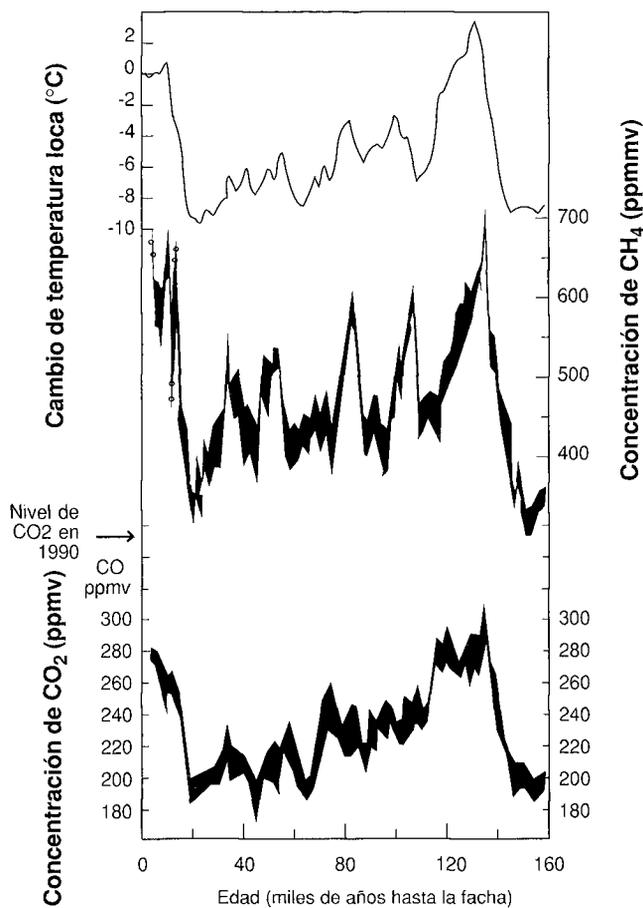
2.2 ¿Cómo sabemos que existe realmente un efecto de invernadero natural?

2.2.1 El efecto de invernadero existe realmente. Se trata de un efecto bien conocido, basado en principios científicos sólidos. Por diversas razones sabemos que el efecto de invernadero existe en la práctica.

2.2.2 En primer lugar, la temperatura media de la superficie de la Tierra ya es aproximadamente 33°C superior (suponiendo que no varíe la reflectividad de la Tierra) de lo que sería si no existieran los gases que producen un efecto de invernadero natural. Las observaciones efectuadas por satélite de la radiación emitida por la superficie de la Tierra y a través de la atmósfera ponen de manifiesto el efecto de estos.

2.2.3 En segundo lugar, sabemos que la composición de las atmósferas de Venus, la Tierra y Marte son muy diferentes y que sus temperaturas en la superficie concuerdan en general con la teoría del efecto de invernadero.

2.2.4 En tercer lugar, las mediciones efectuadas en núcleos de hielo de hasta 160.000 años de antigüedad



Análisis de aire cautivo en núcleos de hielo del Antártico indican que las concentraciones de metano y de anhídrido carbónico guardaban una estrecha correlación con la temperatura local registrada en los últimos 160.000 años. Se indican también las actuales concentraciones de anhídrido carbónico.

indican que la temperatura de la Tierra varió en estrecha relación con la cantidad de anhídrido carbónico y de metano presente en la atmósfera. Aunque no conocemos los pormenores de causa y efecto, los cálculos indican que las variaciones registradas por esos gases con efecto de invernadero explican en parte, aunque no totalmente, la notable variación (5-7°C) de la temperatura mundial registrada entre las eras glaciales y los períodos interglaciales.

2.3 ¿Cómo podrían modificar el clima mundial las actividades humanas?

2.3.1 Los gases de efecto invernadero naturales hacen que la Tierra esté lo suficientemente caliente para ser habitable. Al aumentar estas concentraciones y añadir nuevos gases que producen efecto de invernadero, como los clorofluorocarbonos (CFC), la humanidad puede aumentar en promedio la temperatura media anual mundial del aire en superficie (lo que para mayor sencillez se conoce como "temperatura mundial"), aunque no se sabe con seguridad a qué ritmo. En sentido estricto, se trata de un "sobreefecto" de invernadero - superior al debido a las concentraciones naturales de gases que producen dicho efecto. El prefijo "sobre-" suele omitirse, pero no debe olvidarse. Se supone

que se producirán otros cambios climáticos, por ejemplo en la precipitación, y que un aumento de las temperaturas hará subir el nivel del mar. Todo esto se examina con mayor detalle más adelante.

2.3.2 Otras actividades humanas también pueden influir en el clima. La variación del albedo (reflectividad) de la tierra, ocasionado por la desertificación o la deforestación, influye en la cantidad de energía solar absorbida en la superficie de la Tierra. Los aerosoles fabricados por el hombre o el azufre emitido principalmente en la combustión de combustibles fósiles, pueden modificar las nubes, lo que puede hacer bajar las temperaturas. Por último, las variaciones del ozono de la estratosfera debidas a los CFC también pueden influir en el clima.

3. ¿Qué gases producen efecto de invernadero y por qué aumentan?

3.0.1 Estamos seguros de que las concentraciones en la atmósfera de gases que producen efecto de invernadero han variado de manera natural durante las eras glaciales, y han aumentado desde la época preindustrial como consecuencia de las actividades humanas. En el cuadro que figura a continuación se resumen las concentraciones actuales y preindustriales, las tasas actuales de variación y la persistencia en la atmósfera hoy día de los gases con efecto de invernadero por efecto de las actividades humanas. El anhídrido carbónico, el metano y el óxido nitroso tienen fuentes importantes, tanto naturales como humanas, mientras que los clorofluorocarbonos sólo se producen industrialmente.

3.0.2 En el cuadro siguiente no se incluyen dos importantes gases que producen efecto de invernadero, a saber, el vapor de agua y el ozono. El vapor de agua produce el mayor efecto de invernadero, pero su concentración en la troposfera viene determinada internamente por el sistema climático, y a escala mundial no se ve afectado por las fuentes y sumideros humanos. El vapor de agua aumentará como consecuencia del calentamiento de la atmósfera, contribuyendo a que se incremente. Este proceso se incluye en los modelos climáticos. La concentración de ozono está variando tanto en la estratosfera como en la troposfera, como consecuencia de las emisiones efectuadas por el hombre, pero es difícil cuantificar estos cambios a partir de las actuales observaciones.

3.0.3 Durante los mil años inmediatamente anteriores a la revolución industrial, la presencia de gases con efecto de invernadero fue relativamente constante, pero a medida que aumentó la población mundial, se industrializó el mundo y se desarrolló la agricultura, la presencia de estos gases aumentó notablemente. En los gráficos que figuran a continuación puede verse esta evolución en lo que respecta al anhídrido carbónico, el metano, el óxido nitroso y el CFC-11.

	Anhídrido carbónico	Metano	CFC-11	CFC-12	Oxido nítrico
Concentración atmosférica	ppmv	ppmv	ppbv	ppbv	ppmmv
Preindustrial (1750-1800)	280	0.8	0	0	288
Actual (1990)	353	1.72	280	484	310
Tasa actual de variación anual	1.8 (0,5%)	0.015 (0,9%)	9.5 (4%)	17 (4%)	0.8 (0,25%)
Presistencia en la atmósfera (años)	(50-200)†	10	65	130	150

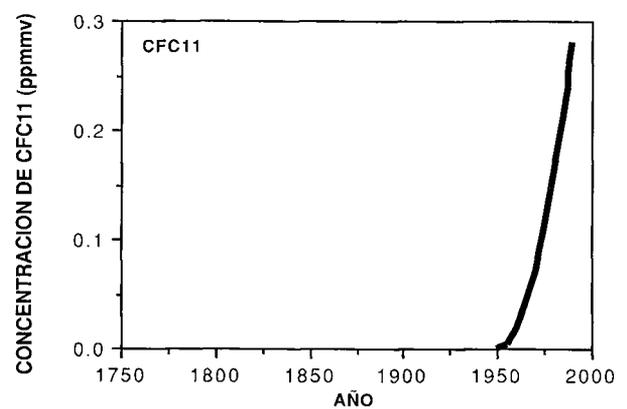
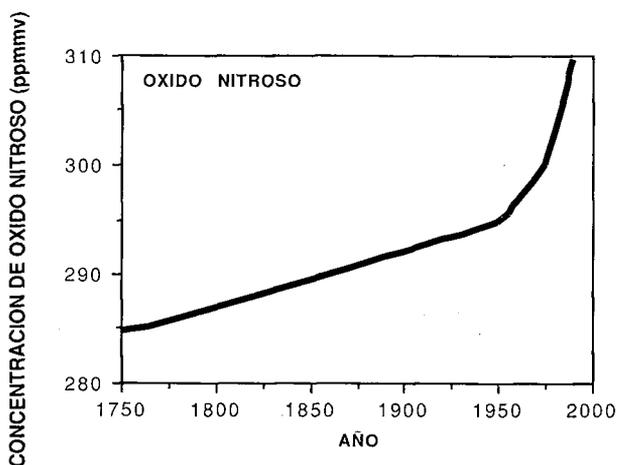
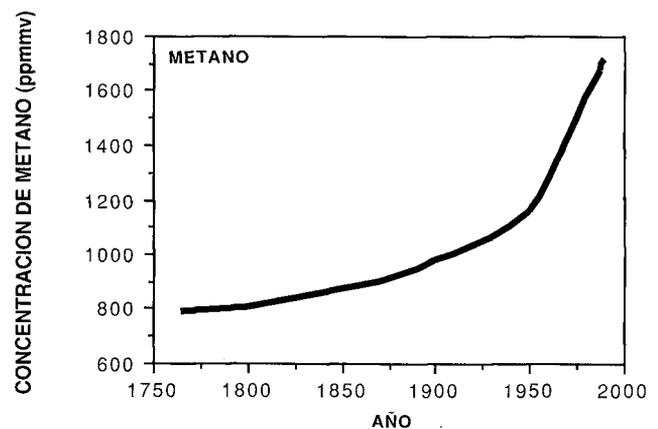
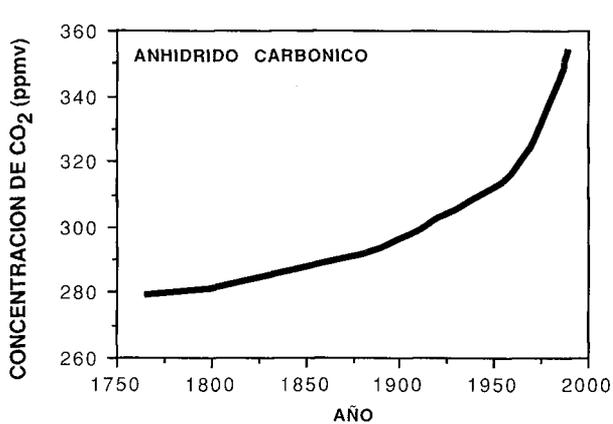
ppmv = Partes por millón en volumen;

ppmmv = Partes por mil millones en volumen;

ppbv = Partes por billón en volumen.

† La absorción de CO₂ por los océanos y la biosfera no se realiza de manera sencilla, por lo que no puede darse un valor único. Para más detalles, véase el informe completo.

Resumen de los principales GHG afectados por las actividades humanas



Las concentraciones de anhídrido carbónico y de metano, después de haber permanecido relativamente constantes hasta el siglo XVIII, han aumentado notablemente desde entonces, debido a las actividades humanas. Las concentraciones de óxido nítrico han aumentado desde mediados del siglo XVIII, especialmente en los últimos decenios. Los CFC no estaban presentes en la atmósfera antes del decenio de 1930.

3.0.4 Desde que se inició la revolución industrial, la utilización de combustibles fósiles y la deforestación han producido un aumento del 26% de la concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera. Conocemos la magnitud que representa actualmente la fuente de los combustibles fósiles, pero no se puede estimar con precisión la cantidad correspondiente a la deforestación. Además, si bien aproximadamente la mitad del anhídrido carbónico emitido permanece en la atmósfera, no sabemos bien qué parte del resto absorben los océanos y qué parte la biota terrestre. También se conocen adecuadamente las emisiones de clorofluorocarbonos, utilizados como propulsores de aerosoles, solventes, refrigerantes y agentes formadores de espuma. Antes de que se inventaran en el decenio de 1930, no estaban presentes en la atmósfera.

3.0.5 Las fuentes de metano y de óxido nitroso se conocen menos. Las concentraciones de metano se han duplicado con creces debido a la producción de arroz, la cría de ganado, la combustión de biomasa, la minería del carbón y la ventilación del gas natural. Asimismo, la utilización de combustibles fósiles puede haber contribuido mediante reacciones químicas en la atmósfera que reducen la tasa de eliminación del metano. El óxido nitroso ha aumentado aproximadamente un 8% desde la época anterior a la revolución industrial, probablemente debido a las actividades humanas. No podemos especificar las fuentes, pero es probable que la agricultura influya a este respecto.

3.0.6 Los mayores efectos del ozono sobre el clima se registran en la troposfera superior y la estratosfera inferior. Cálculos efectuados mediante modelos indican que el ozono de la troposfera superior ha tenido que aumentar como consecuencia de las emisiones antropogénicas de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono. Mientras que el ozono a nivel del suelo ha aumentado en el hemisferio norte como consecuencia de esas emisiones, las observaciones de que se dispone son insuficientes para confirmar el aumento previsto en la troposfera superior. La falta de observaciones adecuadas nos impide cuantificar de

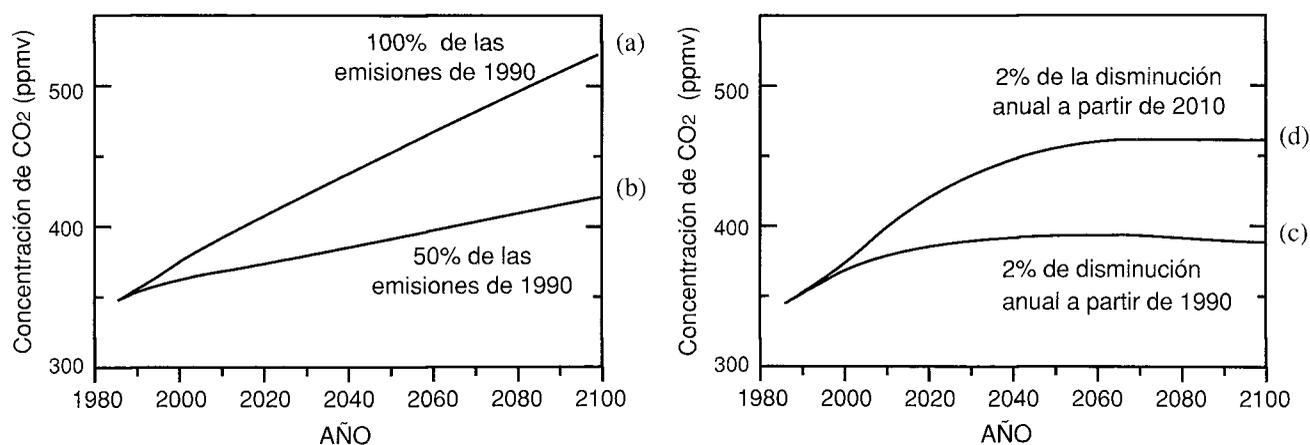
manera precisa el efecto sobre el clima de las variaciones del ozono troposférico.

3.0.7 En la estratosfera inferior de las altas latitudes australes, el ozono ha disminuido considerablemente debido a los efectos de los CFC, y hay indicaciones de que se ha producido una disminución a escala mundial que, si bien no se comprende, quizá se deba a los CFC. Las disminuciones observadas deberían conducir a un enfriamiento de la superficie de la Tierra, con lo que se compensaría en pequeña medida el calentamiento previsto como consecuencia de los demás gases con efecto de invernadero. En los próximos decenios es posible que siga reduciéndose el ozono de la baja estratosfera a medida que siga aumentando la presencia de CFC en la atmósfera.

3.1 Concentraciones, persistencia y estabilización de los gases

3.1.1 Para calcular las concentraciones atmosféricas de anhídrido carbónico que se producirán como consecuencia de las emisiones realizadas por el hombre, utilizamos modelos informáticos que incorporan pormenores acerca de las emisiones e incluyen representaciones de la transferencia de anhídrido carbónico entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre. En lo relativo a los demás gases de efecto invernadero, se emplean modelos que incorporan los efectos de las reacciones químicas en la atmósfera.

3.1.2 La persistencia de los gases en la atmósfera viene determinada por sus fuentes y sumideros en océanos, atmósfera y biosfera. El anhídrido carbónico, los clorofluorocarbonos y el óxido nitroso desaparecen muy lentamente de la atmósfera, razón por la cual cuando se produce una variación en las emisiones su repercusión total en las concentraciones atmosféricas no se produce hasta después de decenios o siglos. Incluso si en 1990 se redujeran a la mitad todas las emisiones humanas de anhídrido carbónico, hasta el año 2100 todavía seguiría



La relación entre las emisiones hipotéticas de anhídrido carbónico debidas a la utilización de combustibles sólidos y su concentración en la atmósfera aparece representada en los casos en que: a) las emisiones continúen a nivel de 1990; b) las emisiones se reduzcan en un 50% en 1990 y prosigan a ese nivel; c) las emisiones se reduzcan en un 2% anualmente desde 1990; y d) las emisiones, después de aumentar un 2% anualmente hasta el año 2010, se reduzcan a continuación en un 2% cada año.

estando presente la mitad aproximadamente del aumento de la concentración de anhídrido carbónico ocasionada por las actividades humanas.

3.1.3 En cambio, algunos de los sustitutos de los CFC y del metano persisten relativamente poco en la atmósfera, de modo que en unos pocos decenios sus concentraciones atmosféricas responden plenamente a las variaciones de emisión.

3.1.4 Para expresar claramente la relación existente entre emisión y concentración, en las figuras precedentes se expresan los efectos de variaciones hipotéticas de las emisiones de anhídrido carbónico debidas a la utilización de combustibles fósiles: a) continuación de las emisiones mundiales al nivel de las de 1990; b) reducción de las emisiones a la mitad en 1990; c) reducción de un 2% anual de las emisiones a partir de 1990; y d) aumento anual del 2% entre 1990 y 2010, y reducción del 2% anual a partir del año 2010.

3.1.5 Si continúan las emisiones al ritmo actual, las concentraciones futuras aumentarán forzosamente, y cuanto más tiempo sigan aumentando las emisiones, mayores tendrán que ser las reducciones para lograr la estabilización a un nivel determinado. Caso de existir niveles de concentración críticos que no deban superarse, cuanto más pronto se empiece la reducción de las emisiones más eficaz resultará.

3.1.6 La expresión “estabilización de la atmósfera” suele utilizarse para describir la limitación a un determinado nivel de la concentración de los gases con efecto de invernadero. Por ejemplo, en el recuadro siguiente se indica la cantidad en que es preciso reducir las emisiones de origen humano de esos gases para estabilizar sus concentraciones a los niveles actuales. En lo relativo a la mayoría de gases, estas reducciones tendrían que ser importantes.

Estabilización de las concentraciones atmosféricas.

Reducciones de las emisiones de origen humano de gases que producen efecto de invernadero que son necesarias para estabilizar las concentraciones a los niveles actuales:

Anhídrido carbónico	>60%
Metano	15—20%
Oxido nitroso	70—80%
CFC-11	70—75%
CFC-12	75—85%
HCFC-22	40—50%

Obsérvese que la estabilización de cada uno de estos gases tendría efectos diferentes sobre el clima, como se explica en la sección siguiente.

3.2 ¿Cómo variará en el futuro la presencia de gases de efecto invernadero?

3.2.1 Tenemos que conocer las futuras concentraciones de gases de efecto invernadero para estimar el cambio climático futuro. Como ya se ha dicho, estas concentraciones dependen de la magnitud de las emisiones de origen humano y de cómo las variaciones del clima y de otras condiciones medioambientales pueden influir en los procesos biosféricos que controlan el intercambio de los gases naturales: de efecto invernadero natural - el anhídrido carbónico y el metano, entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre, es decir, la “retroacción” de los gases de efecto invernadero.

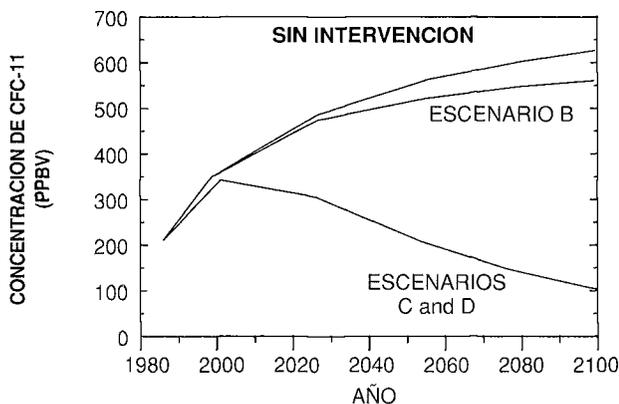
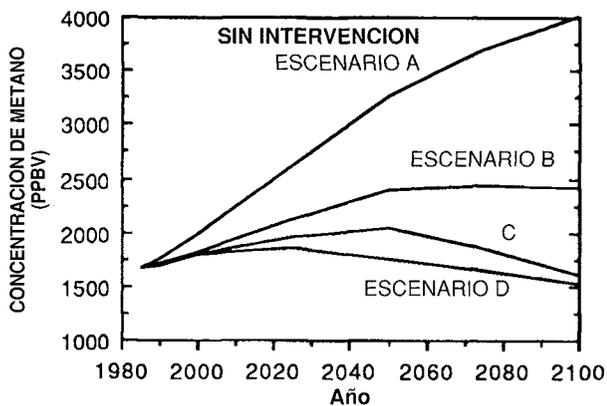
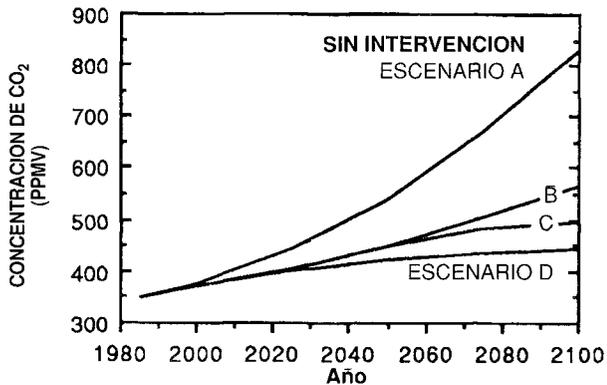
3.2.2 El Grupo de Trabajo III preparó cuatro escenarios de futuras emisiones de origen humano. En la primera de ellas se supone que se toman pocas o ninguna medida para limitar las emisiones de esos gases, por lo que se denomina “de seguir todo como hasta ahora” (cabe señalar que en una agregación de los pronósticos nacionales de emisiones de anhídrido carbónico y de metano para el año 2025 realizada por el Grupo de Trabajo III se obtuvo el resultado de que las emisiones mundiales serían entre un 10 y un 20% superiores a las de dicho escenario). En los otros tres escenarios se supone que el aumento progresivo de los niveles de control reducirán el crecimiento de las emisiones: son las denominadas Hipótesis B, C y D, que se describen brevemente en el anexo. Las concentraciones futuras de algunos gases de efecto invernadero que se registrarían como consecuencia de esas emisiones se indican a continuación.

3.3 Retroacción de los gases producen de efecto invernadero

3.3.1 Algunas de las posibles retroacciones que podrían modificar de manera importante las concentraciones futuras de gases de efecto invernadero en un mundo más cálido se examinan en los párrafos siguientes.

3.3.2 Las emisiones netas de anhídrido carbónico de los ecosistemas terrestres serán elevadas si temperaturas más altas aumentan la respiración a un ritmo más rápido que la fotosíntesis, o si las poblaciones vegetales, especialmente de los grandes bosques, no pueden ajustarse con rapidez suficiente a los cambios de clima.

3.3.3 Un flujo neto de anhídrido carbónico a la atmósfera puede ser especialmente evidente si se registran condiciones más cálidas en la tundra y las regiones boreales donde hay grandes reservas de carbono. Lo contrario será cierto si una mayor presencia de anhídrido carbónico en la atmósfera aumenta la productividad de los ecosistemas naturales, o si se registra un incremento de la humedad del suelo que cabría esperar estimulase el crecimiento vegetal en los ecosistemas secos y aumentase el almacenamiento de carbono en la turba de la tundra. Todavía no se ha cuantificado hasta qué punto los ecosistemas pueden secuestrar (retener) el creciente anhídrido carbónico atmosférico.



Concentraciones atmosféricas de anhídrido carbónico, metano y CFC-11 según los cuatro escenarios de emisión formulados por el IPCC

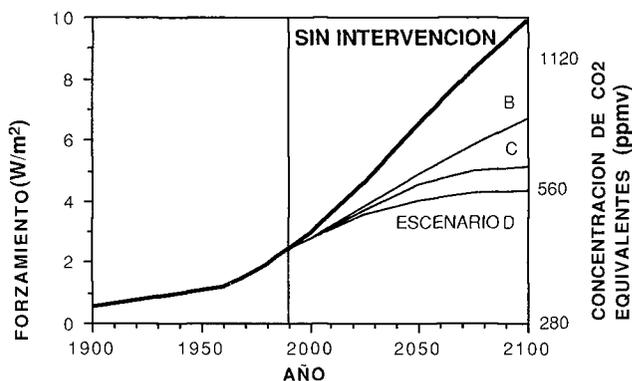
3.3.4 Si los océanos se hacen más cálidos, su captación neta de anhídrido carbónico puede disminuir como consecuencia de cambios en: i) la química del anhídrido carbónico presente en el agua del mar, ii) la actividad biológica en las aguas superficiales, y iii) la tasa de intercambio de anhídrido carbónico entre las capas de superficie y las profundidades oceánicas. Esto último depende de la tasa de formación de aguas profundas en los océanos que, por ejemplo en el Atlántico norte, podría disminuir si se reduce la salinidad como consecuencia de un cambio de clima.

3.3.5 Las emisiones de metano procedente de los humedales naturales y los arrozales son especialmente

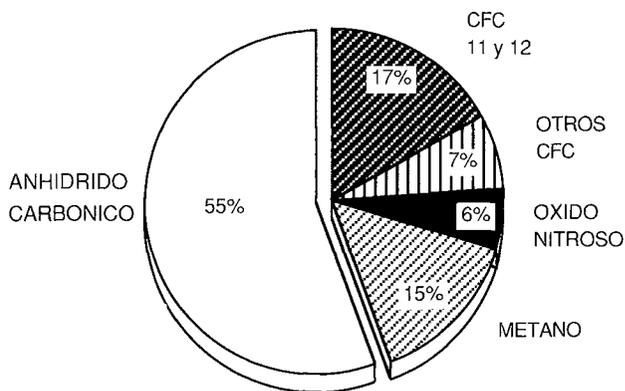
sensibles a la temperatura y a la humedad del suelo. Las emisiones son mucho mayores cuando la temperatura es alta y cuando aumenta la humedad del suelo. Inversamente, la disminución de la humedad del suelo da por resultado menores emisiones. En las latitudes septentrionales altas, el aumento de las temperaturas podría incrementar las emisiones de metano procedentes de la materia orgánica descomponible atrapada en el permafrost y los hidratos de metano.

3.3.6 Como se ha señalado anteriormente, los registros en núcleos de hielo indican que las concentraciones de metano y de anhídrido carbónico variaron en el mismo sentido que la temperatura entre las eras glaciales e interglaciales.

3.3.7 Aunque muchos de estos procesos de retroacción no se entienden muy bien, parece probable que en conjunto tengan por resultado aumentar, más que disminuir, las concentraciones de gases de efecto invernadero en un mundo más cálido.



Aumento del forzamiento radiativo de mediados del siglo XVIII, expresado también en concentraciones de anhídrido carbónico equivalente, según los cuatro escenarios de emisión preparados por el IPCC



Contribución de los gases con efecto de invernadero producidos por el hombre a la variación del forzamiento radiativo registrada entre 1980 y 1990. La contribución del ozono también puede ser importante pero en la actualidad no es posible cuantificarla.

4. ¿Qué gases son los más importantes?

4.0.1 Estamos seguros de que el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero incrementa el forzamiento radiativo. Podemos calcular el forzamiento con mucha mayor confianza que los cambios climáticos que produce ya que aquél evita la necesidad de evaluar diversas respuestas atmosféricas que se conocen insuficientemente. Se dispone con ello de una base sobre la que calcular el efecto relativo que ejerce sobre el clima un aumento de la concentración de cada gas en la atmósfera actual, tanto en términos absolutos como en relación con el anhídrido carbónico. Este efecto relativo abarca un amplio campo: el metano es aproximadamente 21 veces más efectivo, molécula por molécula, que el anhídrido carbónico, y el CFC-11 unas 12.000 veces más. Kilogramo por kilogramo, los valores equivalentes son de 58 para el metano y de aproximadamente 4.000 para el CFC-11, ambos en relación con el anhídrido carbónico. Los valores correspondientes a otros gases de efecto invernadero figuran en el texto del informe completo.

4.0.2 El forzamiento radiativo total en cualquier momento es la suma de los forzamientos correspondientes a los diferentes gases de efecto invernadero. En el gráfico que figura a continuación se muestra cómo ha variado esta cantidad en el pasado (sobre la base de observaciones de los gases de efecto de invernadero) y cómo podría variar en el futuro (sobre la base de los cuatro escenarios de emisión el IPCC). Para mayor sencillez, podemos expresar el forzamiento total como la cantidad de anhídrido carbónico que ocasionaría ese forzamiento, lo que se denomina concentración de anhídrido carbónico equivalente. Los gases de efecto invernadero han aumentado desde la época preindustrial (mediados del siglo XVIII) en una cantidad que

radiativamente equivale aproximadamente a un aumento del 50% del anhídrido carbónico, si bien éste sólo ha aumentado un 26%, correspondiendo el resto a los demás gases.

4.0.3 Las contribuciones de los diversos gases al aumento total del forzamiento climático durante el decenio de 1980 puede verse en el diagrama en forma de pastel de la página anterior: corresponde al anhídrido carbónico aproximadamente la mitad del aumento decenal. (No se incluye el ozono, cuyos efectos pueden ser importantes.)

4.1 ¿Cómo evaluar el efecto de los diferentes gases de efecto invernadero?

4.1.1 Para evaluar las posibles opciones de política es útil saber el efecto radiativo relativo (y por consiguiente el posible efecto sobre el clima) de emisiones iguales de cada uno de los diferentes gases de efecto invernadero. Se ha desarrollado el concepto de Potencial de Calentamiento Mundial (GWP) para tener en cuenta los diferentes tiempos de permanencia de esos gases en la atmósfera.

4.1.2 Este índice define el efecto de calentamiento integrado con respecto al tiempo, que produce la liberación instantánea de una unidad de masa (1 kg) de determinado gas de efecto invernadero en la atmósfera actual, en comparación con el causado por el anhídrido carbónico. Las importancias relativas variarán en el futuro a medida que cambie la composición atmosférica, ya que si bien el forzamiento radiativo aumenta en proporción directa a la concentración de CFCs, las variaciones de los demás gases de efecto invernadero (especialmente el anhídrido carbónico) tienen un efecto de forzamiento mucho menos que proporcional.

POTENCIALES DE CALENTAMIENTO MUNDIAL

Efecto de calentamiento causado por la emisión de 1 kg de gas, en comparación con el CO₂

Estas cifras son estimaciones lo más precisas posible, calculadas sobre la base de la composición actual de la atmósfera.

	Horizonte Temporal		
	20 años	100 años	500 años
Andrídrido carbónico	1	1	1
Metano (incluido el indirecto)	63	21	9
Oxido nitroso	270	290	190
CFC-11	4.500	3.500	1.500
CFC-12	7.100	7.300	4.500
HCFC-22	4.100	1.500	510

Véase en el texto del informe completo los Potenciales de Calentamiento Mundial correspondientes a diversos CFCs y sus posibles sustitutos.

4.1.3 Los GWPs del cuadro siguiente corresponden a tres horizontes temporales y reflejan la necesidad de considerar los efectos acumulativos sobre el clima en diversas escalas cronológicas. El horizonte más lejano es adecuado para el efecto acumulativo; la escala cronológica más corta indicará la respuesta a corto plazo a los cambios de emisión. La determinación y cálculo de los valores de los PCA presenta diversas dificultades prácticas, por lo que los valores que aquí figuran deben considerarse como preliminares. Además de estos efectos directos, las emisiones humanas causan otros efectos indirectos debidos a las reacciones químicas entre los diferentes componentes. En estas estimaciones se han incluido los efectos indirectos del vapor de agua de la estratosfera, del anhídrido carbónico y el ozono de la troposfera.

4.1.4 En el cuadro se indica por ejemplo que la influencia del metano sobre el clima será mayor en el curso de los primeros decenios siguientes a su liberación en la atmósfera, mientras que la emisión de óxido nítrico, mucho más persistente, influirá en el clima durante mucho más tiempo. La persistencia de los productos de sustitución de los CFC propuestos oscila entre 1 y 40 años. Los sustitutos de esta clase de mayor persistencia todavía pueden ser agentes efectivos de un cambio climático. Ejemplo: el HCFC-22 (con una persistencia de 15 años) tiene efectos similares (cuando se libera una cantidad igual) que el CFC-11 en un plazo de 20 años, pero menores a escala de 500 años.

4.1.5 En el cuadro puede observarse que el anhídrido carbónico es el gas que produce menos efecto invernadero por cada kg emitido, si bien su contribución al calentamiento mundial, que varía en función del producto del GWP por la cantidad emitida, es máxima. En el ejemplo que figura en el recuadro a continuación se expresan los efectos durante 100 años de las emisiones de gases de efecto invernadero efectuadas en 1990, en comparación con el anhídrido

carbónico. Se trata sólo de un ejemplo: para comparar el efecto de las proyecciones de diferentes emisiones hay que sumar el efecto de las emisiones que se hagan en el futuro.

4.1.6 Existen otros criterios técnicos que, en el caso de que se considere necesario reducir las emisiones, pueden ayudar a los responsables de políticas a decidir qué gases es preciso tener en cuenta. El gas considerado ¿contribuye de manera importante al forzamiento climático actual y futuro?; ¿tiene una larga persistencia, de modo que una pronta disminución de las emisiones resultaría más eficaz que una reducción más tardía? ¿se conocen suficientemente sus fuentes y sumideros para decidir qué habría que controlar en la práctica? En el cuadro de la página siguiente se dan ejemplos de esos factores.

5. ¿Qué grado de variación se prevé del clima?

5.0.1 Es relativamente fácil determinar el efecto directo del aumento del forzamiento radiativo como consecuencia del incremento de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, al empezar a aumentar la temperatura diversos procesos contribuyen a incrementar (mediante una retroacción positiva) o reducir (mediante una retroacción negativa) dicho aumento. Las principales retroacciones identificadas se deben a variaciones del vapor de agua, los hielos marinos, las nubes y los océanos.

5.0.2 Los mejores instrumentos de que disponemos en los que se tienen en cuenta esas retroacciones (que no incluyen las correspondientes a los gases de efecto invernadero) son los modelos matemáticos tridimensionales del sistema climático (atmósfera-océanos-hielos-tierras) conocidos como Modelos de Circulación General (GCM), los cuales sintetizan nuestros conocimientos acerca de los procesos físicos y dinámicos del sistema mundial y tienen

Efecto relativo acumulativo sobre el clima de las emisiones efectuadas por el hombre en 1990

	GWP (horizonte de 100 años)	Emisiones efectuadas en 1990 (Tg)	Contribución relativa en 100 años
Anhídrido carbónico	1	26.000†	61%
Metano*	21	300	15%
Oxido nítrico	290	6	4%
CFCs	Varios	0,9	11%
HCFC-22	1.500	0,1	0,5%
Otros*	Varios		8,5%

* Estos valores incluyen el efecto indirecto de estas emisiones sobre otros gases de efecto invernadero por medio de reacciones químicas en la atmósfera. Estas estimaciones dependen mucho de los modelos, por lo que deben considerarse preliminares y sujetas a modificación. El efecto estimado del ozono se incluye en "Otros". Los gases incluidos en "Otros" figuran en el informe completo.

† 26 000 Tg (teragramos) de anhídrido carbónico = 7.000 Tg (=7 Gt) de carbono

GAS	¿Contribuye de manera importante?	¿Persiste mucho tiempo en la atmósfera?	¿Se conocen sus fuentes?
Anhídrido carbónico	sí	sí	sí
Metano	sí	no	semicuantitativamente
Oxido nitroso	no en la actualidad	sí	cualitativamente
CFCs	sí	sí	sí
HCFCs, etc	no en la actualidad	básicamente, no	sí
Ozono	es posible	no	cualitativamente

en cuenta las interacciones complejas entre los diferentes componentes. Sin embargo, habida cuenta de su actual estado de desarrollo, las descripciones de muchos de los procesos de que se trata son relativamente rudimentarias, por lo cual las predicciones del cambio climático son considerablemente inciertas, lo que explica la variedad de valores proporcionados. Más adelante se dan más pormenores al respecto.

5.0.3 Las estimaciones del cambio climático aquí presentadas se basan en lo siguiente:

- i) la “estimación óptima” de la sensibilidad del clima con respecto al equilibrio (es decir, la variación de la temperatura con respecto a la de equilibrio cuando se duplica el anhídrido carbónico presente en la atmósfera) obtenida de las simulaciones de modelos, los análisis de retroacción y consideraciones basadas en las observaciones (véase el recuadro “qué instrumentos utilizamos”);
- ii) un modelo climático océano-atmósfera “de corriente ascendente de difusión en caja” que traduce el forzamiento del efecto de invernadero a la evolución de la respuesta de la temperatura correspondiente a la sensibilidad climática prescrita. (Este modelo sencillo se ha comparado con GCMs acoplados atmósfera-océano más complejos para situaciones en las que se han utilizado dichos modelos.)

5.1 ¿Con qué rapidez variará el clima mundial?

a. Si las emisiones continúan como hasta ahora

5.1.1 Si las emisiones de gases de efecto invernadero son las previstas en el Escenario A del IPCC, se estima que la tasa promedio de aumento de la temperatura media mundial en el próximo siglo será de aproximadamente 0,3°C cada diez años (con una tasa de incertidumbre de 0,2°C a 0,5°C). Ello producirá probablemente un aumento de la temperatura media mundial de aproximadamente 1°C por encima del

valor actual (aproximadamente 2°C por encima del valor registrado antes de la revolución industrial) en el año 2025, y de 3°C por encima del valor actual (aproximadamente 4°C por encima del valor preindustrial) antes de finales del próximo siglo.

5.1.2 En el diagrama siguiente figura la temperatura proyectada para el año 2100 para las estimaciones máxima, mínima y óptima. Dado que otros factores influyen también en el clima, se supone que el aumento no será constante.

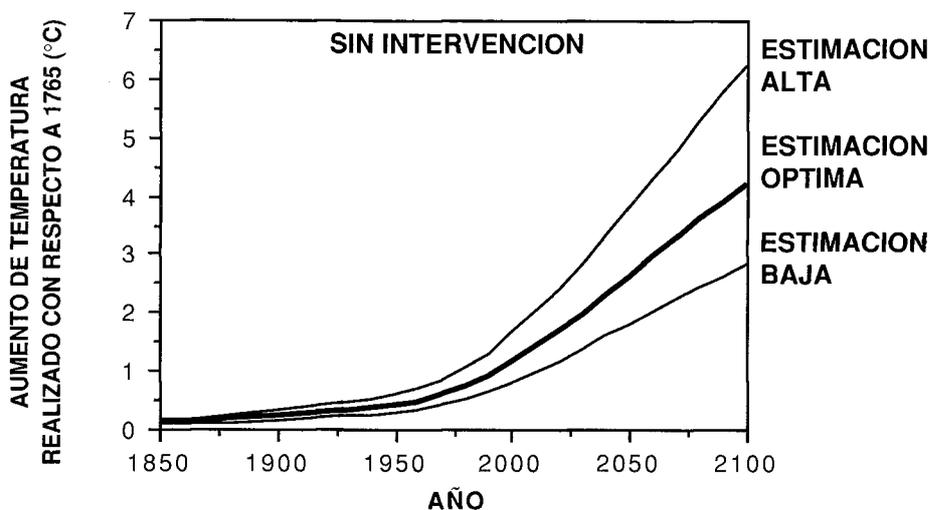
5.1.3 Los aumentos de temperatura indicados en el cuadro anterior son aumentos registrados. En cualquier momento sería posible experimentar otros aumentos de temperatura que acercarán a esta última al umbral de la temperatura de equilibrio (véase el recuadro “Equilibrio y cambio climático registrado”). Por ejemplo, en la “estimación óptima” del Escenario A (si las emisiones continúan como hasta ahora) se prevé para el año 2030 un nuevo aumento de 0,9°C, del cual 0,2°C se registrará de aquí al año 2050 (además de los cambios debidos a ulteriores incrementos de gases de efecto invernadero). El resto hará sentir sus efectos al cabo de decenios o siglos.

5.1.4 Incluso aunque fuéramos capaces de estabilizar ahora las emisiones de todos los gases de efecto invernadero a los niveles actuales, se prevé que la temperatura aumente aproximadamente 0,2°C cada 10 años durante los próximos decenios.

5.1.5 El calentamiento mundial también originará un incremento de la precipitación y la evaporación media mundial de algunos puntos porcentuales para el año 2030. Se prevé que disminuyan las superficies cubiertas de hielos marinos y de nieve.

b. Si se someten a control las emisiones

5.1.6 Con arreglo a los demás escenarios de emisión formulados por el IPCC, en los que se supone que los niveles de control aumentarán gradualmente, se estima que en promedio las tasas de aumento de la temperatura media mundial durante el próximo siglo serán de aproximadamente



Simulación del aumento de la temperatura media mundial entre 1850 y 1990 como consecuencia del aumento observado de gases de efecto invernadero, y predicciones de aumento entre 1990 y 2100 en los supuestos del Escenarios (si todo si que como hasta ahora).

0,2°C por decenio (Escenario B), de poco más de 0,1°C por decenio (Escenario C) y de aproximadamente 0,1°C por decenio (Escenario D). Estos resultados pueden verse en el gráfico precedente, a efectos comparativos. En cada caso sólo figura la estimación óptima del aumento de temperatura.

5.1.7 El grado de incertidumbre señalado respecto del aumento de la temperatura mundial corresponde a una evaluación subjetiva de las incertidumbres presentes en el cálculo de la respuesta climática, pero no incluye las vinculadas a la transformación de las emisiones en concentraciones, ni los efectos de retroacción de los gases de efecto invernadero.

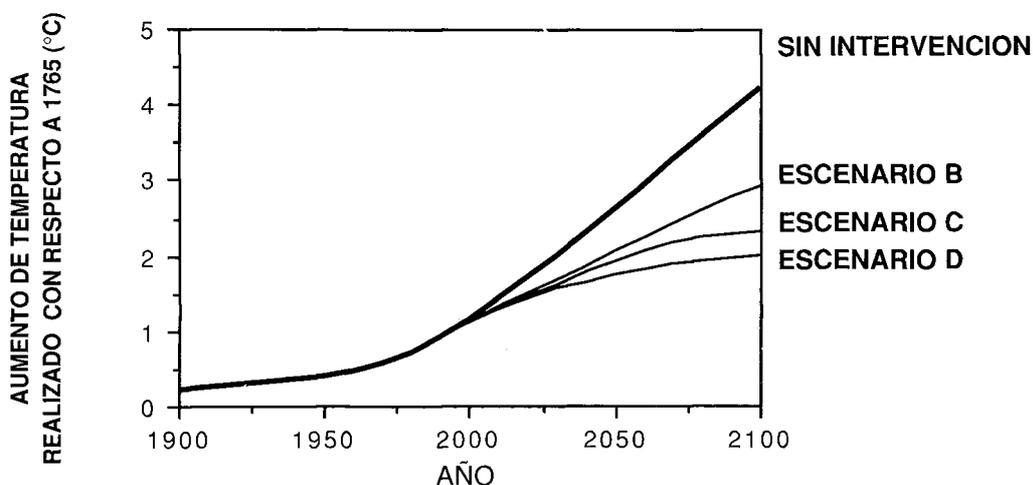
5.2 Pautas del cambio climático hasta el año 2030

5.2.1 El conocimiento del calentamiento medio mundial y de las variaciones de la precipitación tiene limitado interés para determinar las consecuencias del cambio climático,

por ejemplo sobre la agricultura. Para ello es preciso conocer los cambios regionales y estacionales.

5.2.2 Los modelos predicen que el aire de superficie se calentará más rápidamente sobre las tierras que sobre los océanos, y que el calentamiento mínimo se producirá alrededor de la Antártida y en la región septentrional del Atlántico norte.

5.2.3 Los modelos de mayor resolución predicen coherentemente algunos cambios de escala continental, cuyas razones físicas entendemos. Se predice que el calentamiento sea entre un 50 y un 100% superior a la media mundial en las altas latitudes septentrionales durante el invierno, y sustancialmente inferior a la media mundial en las regiones con hielos marinos durante el verano. Se prevé que por término medio la precipitación aumente en las latitudes medias y altas de los continentes durante el invierno (aproximadamente entre el 5 y el 10% entre 35° y 55° de latitud norte).



Simulaciones del aumento de la temperatura media mundial 1850-1990 como consecuencia de los incrementos observados de gases de efecto invernadero, y predicciones del aumento entre 1990 y 2100 si se producen las emisiones supuestas en los Escenarios B, C y D del IPCC, comparadas con el supuesto de que todo siga como hasta ahora.

¿Qué instrumentos utilizamos para predecir el clima futuro y cómo los empleamos?

El instrumento más desarrollado de que disponemos para predecir el clima futuro se conoce como modelo de circulación general GCM. Estos modelos se basan en las leyes de la física y utilizan descripciones en términos físicos simplificados (llamadas parametrizaciones) de los procesos de pequeña escala, por ejemplo los debidos a las nubes y a la mezcla en profundidad en los océanos. En los modelos climáticos, un componente atmosférico, fundamentalmente el mismo que en un modelo de predicción meteorológica, se acopla a un modelo del océano, que puede ser igualmente complejo.

Los pronósticos climáticos se deducen de manera distinta a partir de los meteorológicos. En los modelos de predicción meteorológica se describe el estado de la atmósfera en un plazo de hasta 10 días aproximadamente, a partir de la descripción pormenorizada del estado inicial de la atmósfera en un momento determinado. Estos pronósticos describen el movimiento y desarrollo de grandes sistemas meteorológicos, pero no pueden representar los fenómenos de muy pequeña escala, por ejemplo las nubes aisladas que producen chubascos.

Para hacer un pronósticos climáticos, se aplica primero el modelo a varios decenios (simulados). La estadística de los resultados obtenidos constituye una descripción del clima simulado que, si el modelo es bueno, se parecerá mucho al clima real de la atmósfera y del océano. Este ejercicio se repite después aumentando las concentraciones de gases de efecto invernadero. Las diferencias entre las estadísticas de ambas simulaciones (por ejemplo, de la temperatura media y de la variabilidad interanual) permiten estimar el cambio climático correspondiente.

El cambio a largo plazo de la temperatura del aire de superficie cuando se multiplica por dos el anhídrido carbónico (lo que se conoce como sensibilidad del clima) se utiliza en general como referencia para la comparación de modelos. Los estudios mediante modelos arrojan valores comprendidos entre 1,9 y 5°C. La mayoría de los resultados se aproximan a 4,0°C, si bien estudios recientes que utilizan una representación más pormenorizada, pero no necesariamente más precisa, de los procesos nubosos dan unos resultados que se sitúan en la parte inferior de la indicada variación. En consecuencia, los resultados proporcionados por los modelos no justifican que se varíe la gama aceptada, de 1,5 a 4,5°C.

Aunque a los científicos no les gusta dar una sola estimación óptima dentro de estos límites, la presentación de las predicciones climáticas así lo exige, a fin de poder elegir la mejor estimación. Teniendo en cuenta los resultados de los modelos, así como los datos obtenidos de las observaciones efectuadas durante el último siglo, que dan a entender que la sensibilidad del clima se sitúa en la parte inferior de esa gama (véase la sección: “¿Ha empezado ya el hombre a cambiar el clima mundial?”), se ha escogido como estimación óptima una sensibilidad del clima de 2,5°C.

En la presente evaluación, también hemos utilizado modelos mucho más sencillos que simulan el comportamiento de los GCM, para efectuar predicciones de la evolución en el tiempo de la temperatura mundial basándonos en diversas hipótesis de emisión. La física de estos denominados modelos de difusión en caja es muy simplificada, pero arroja resultados similares a los de los GCM cuando se promedian a escala mundial.

Una manera completamente diferente y posiblemente útil de predecir las pautas del clima futuro consiste en investigar los períodos del pasado en que las temperaturas medias mundiales eran similares a las que se esperan en el futuro, y después utilizar las pautas espaciales del pasado como analogía de las que se producirán en el futuro. Para una buena analogía también es necesario que los factores de forzamiento (por ejemplo los gases de efecto invernadero, las variaciones orbitales) y otras condiciones (por ejemplo, la cubierta de hielos, la topografía, etc.) sean similares. Las comparaciones directas con situaciones climáticas en las que no concurren esas condiciones no pueden interpretarse con facilidad. No se han encontrado analogías de climas futuros modificados por gases de efecto invernadero.

Por consiguiente, no podemos abogar en favor de la utilización de paleoclimas para predecir los cambios climáticos regionales ocasionados por el aumento futuro de gases de efecto invernadero. No obstante, la información paleoclimatológica puede proporcionar ideas útiles sobre los procesos climáticos y ayudar a validar los modelos climáticos.

5.2.4 El IPCC seleccionó cinco regiones para realizar un estudio especial (véase el mapa más adelante), cada una de ellas con varios millones de kilómetros cuadrados de superficie y diferentes regímenes climatológicos. En el recuadro que figura a continuación se indican los cambios de temperatura, precipitación y humedad del suelo en cada una de las cinco regiones predichos por el Escenario A de aquí a 2030, y promediados. Puede haber variaciones

considerables dentro de cada región. En general la confianza en estas estimaciones regionales es escasa, especialmente en lo relativo a las variaciones en materia de precipitación y humedad del suelo, pero son ejemplos de nuestras estimaciones óptimas. Todavía no podemos proporcionar predicciones regionales fiables a más pequeñas escalas, requeridas para la evaluación de impactos.

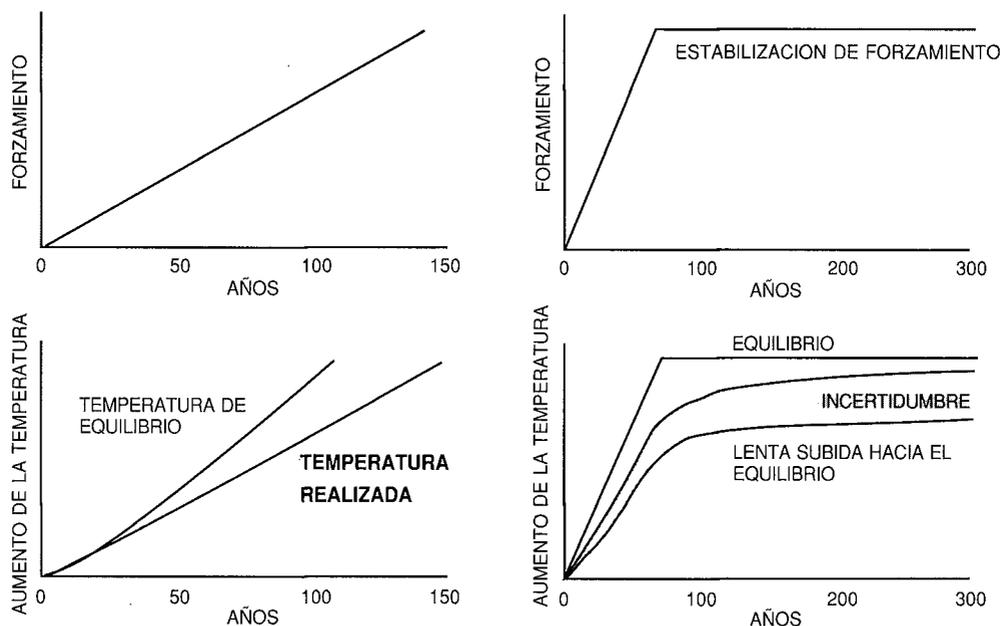
Equilibrio y cambio climático registrado

Cuando se modifica el forzamiento radiativo del sistema tierra-atmósfera, por ejemplo al aumentar las concentraciones de gases de efecto invernadero, la atmósfera intentará responder inmediatamente, (provocando un calentamiento). Sin embargo, la atmósfera está estrechamente vinculada a los océanos, de modo que para que se caliente el aire como consecuencia del efecto invernadero los océanos también tendrán que calentarse, pero dada su capacidad térmica ello requiere decenios o siglos. Este intercambio de calor entre la atmósfera y los océanos tendrá por consecuencia frenar el aumento de temperatura a que obliga el efecto de invernadero.

En un ejemplo hipotético en el que la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, después de un período de presencia constante, aumenta repentinamente hasta alcanzar un nuevo nivel en el que se mantiene, el forzamiento radiativo también subirá rápidamente a un nuevo nivel. Este aumento del forzamiento radiativo hará que la atmósfera y los océanos se calienten hasta llegar finalmente a una nueva temperatura estable. El aumento a la temperatura de equilibrio es forzoso tan pronto como varíe la concentración de gases de efecto invernadero. Pero antes de que se llegue a este equilibrio la temperatura real subirá sólo parte del total de la variación hasta la temperatura de equilibrio, lo que se conoce como el cambio de temperatura realizado.

Los modelos predicen que en el caso actual en que el aumento del forzamiento radiativo es aproximadamente constante, el aumento de temperatura realizado en todo momento es de aproximadamente el 50% del aumento de temperatura forzoso si la sensibilidad del clima (esto es, la respuesta cuando se duplica la cantidad de anhídrido carbónico) es de $4,5^{\circ}\text{C}$, y aproximadamente el 80% si esa sensibilidad es de $1,5^{\circ}\text{C}$. Si a partir de ese momento se mantuviera constante el forzamiento, las temperaturas seguirían aumentando lentamente, pero no se sabe con seguridad si tendrían que transcurrir decenios o siglos para que se produjera la mayor parte del aumento restante para alcanzar el equilibrio.

EQUILIBRIO Y CAMBIO CLIMATICO REGISTRADO



5.3 ¿Cómo variarán los extremos climáticos y los fenómenos extremos?

5.3.1 Los cambios en la variabilidad del tiempo y la frecuencia de los extremos tendrán en general más consecuencias que los cambios climáticos medios en una ubicación determinada. Exceptuando tal vez el aumento del número de chubascos intensos, no hay pruebas claras de que la variabilidad del tiempo se modifique en el futuro. En el caso de las temperaturas, suponiendo que no haya ningún cambio en la variabilidad, sino un modesto aumento de la

media, crecerá sustancialmente el número de días en que se registren temperaturas superiores a un valor determinado de la parte superior de la distribución. Sobre la base de los mismos supuestos, disminuirá el número de días en que se registren temperaturas comprendidas en la parte inferior de la distribución. Así pues, el número de días cálidos o de noches heladas puede variar sustancialmente sin que se produzca ningún cambio en la variabilidad del tiempo. El número de días con una cantidad umbral mínima de humedad del suelo (para la viabilidad de un cultivo determinado, por ejemplo) será incluso más sensible a los cambios que registren la precipitación y la evaporación medias.

5.3.2 Si los regímenes meteorológicos de gran escala, por ejemplo las rutas depresionarias o los anticiclones, modifican su posición, ello influirá en la variabilidad y los extremos meteorológicos de una ubicación determinada, y podría tener importantes efectos. Sin embargo, no sabemos si se producirá, y en caso afirmativo de qué manera.

5.4 ¿Aumentarán las tormentas en un mundo más cálido?

5.4.1 Las tormentas pueden tener importantes repercusiones en la sociedad. ¿Aumentará su frecuencia, intensidad o ubicación en un mundo más cálido?

5.4.2 Las tormentas tropicales, como los tifones y los huracanes, sólo se desarrollan actualmente en los mares cuya temperatura supera aproximadamente 26°C. Aunque la superficie del mar que registre temperaturas superiores a ese valor crítico aumentará a medida que se caliente el globo, la propia temperatura crítica puede aumentar en un mundo más cálido. Aunque se prevé que la intensidad máxima teórica suba al mismo tiempo que la temperatura, los modelos climáticos no indican de manera coherente si las tormentas tropicales aumentarán o disminuirán en frecuencia o intensidad a medida que varíe el clima. Tampoco hay pruebas de que esto haya ocurrido en los últimos decenios.

5.4.3 Las tormentas de latitudes medias, como las que recorren el Atlántico norte y el Pacífico norte, se producen como consecuencia del contraste de temperatura existente entre el ecuador y el polo. Dado que probablemente en un mundo más cálido este contraste se verá reducido (por lo menos en el hemisferio norte), cabría afirmar que las tormentas de las latitudes medias también disminuirán o variarán su recorrido. Ya existen indicios de que en las simulaciones de los modelos se registra una reducción general de la variabilidad diaria en las rutas recorridas por las corrientes de las latitudes medias en invierno, si bien las pautas de estos cambios varían según los modelos. Los modelos actuales no resuelven las perturbaciones de pequeña escala, debido a lo cual no será posible evaluar los cambios de la actividad tormentosa hasta que dentro de unos años se disponga de resultados obtenidos mediante modelos de mayor resolución.

5.5 EL cambio climático a largo plazo

5.5.1 Los cálculos anteriores se han centrado en el período que se extiende hasta el año 2100. Resulta evidentemente más difícil efectuar cálculos para después de esa fecha. No obstante, aunque la cronología del aumento predicho de las temperaturas mundiales va acompañada de importantes incertidumbres, la predicción de que finalmente se producirá un aumento es más segura. Además, algunos cálculos mediante modelos que se han ampliado a más de 100 años dan a entender que el continuo aumento del forzamiento climático debido al efecto de invernadero podría ocasionar importantes cambios en la circulación oceánica, entre ellos una disminución de la formación de aguas profundas en el Atlántico norte.

5.6 Otros factores que podrían influir en el clima futuro

5.6.1 Las variaciones en la producción de energía solar también pueden influir en el clima. En escalas cronológicas decenales, la variabilidad solar y las variaciones de concentración de los gases con efecto de invernadero podrían producir cambios de magnitud similar. Sin embargo, la variación de los cambios registrados en la intensidad solar indican que a escalas cronológicas más largas es probable que el aumento de los gases con efecto de invernadero resulte más importante. Los aerosoles producidos por las erupciones volcánicas pueden conducir a un enfriamiento de la superficie, que se oponga al calentamiento ocasionado por el efecto de invernadero, durante algunos años siguientes a una erupción. También en este caso, en períodos más largos es probable que domine el calentamiento debido al efecto de invernadero.

5.6.2 La actividad humana hace que aumenten los aerosoles presentes en la parte inferior de la atmósfera, principalmente como consecuencias de emisiones de azufre. Estas tienen dos efectos, ambos difíciles de cuantificar pero que pueden ser importantes, especialmente a nivel regional. El primero es el efecto directo de los aerosoles sobre la radiación dispersada y absorbida por la atmósfera. El segundo es un efecto indirecto por el cual los aerosoles influyen en la microfísica de las nubes, lo que da origen a un aumento de su reflectividad. Estos dos efectos pueden conducir a enfriamientos regionales importantes. Cabría suponer que una disminución de las emisiones de azufre haría aumentar las temperaturas mundiales.

5.6.3 Dado que los acoplamientos entre diferentes componentes del sistema climático, por ejemplo entre los océanos y la atmósfera, abarcan largos períodos, el clima de la Tierra aún seguirá variando sin verse perturbado por influencias externas. Esta variabilidad natural podría sumarse, o restarse, a todo calentamiento provocado por el hombre. A escala de siglos, esto resultaría inferior a los cambios previstos como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero.

6. ¿Qué confianza nos merecen nuestras predicciones?

6.0.1 Las incertidumbres que acompañan a las predicciones climáticas antes indicadas se deben a nuestro conocimiento imperfecto de lo siguiente:

- las tasas de emisiones futuras efectuadas por el hombre;
- la manera en que esas emisiones modificarán las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero;
- la respuesta del clima ante la variación de esas concentraciones.

Cambios estimados para el año 2030

(Escenario "de seguir todo como hasta ahora" del IPCC; cambios respecto de la época preindustrial)

Las cifras que figuran a continuación se basan en modelos de alta resolución, escalizados de modo que guarden coherencia con nuestra estimación óptima del calentamiento medio mundial, de 1,8°C para el año 2030. Para valores coherentes con otras estimaciones del aumento de la temperatura mundial, las cifras indicadas a continuación deben reducirse en un 30% en el caso de la estimación baja, o aumentarse en un 50% en el de la estimación alta. Las estimaciones de la precipitación también son escalizadas de manera análoga.

La confianza en estas estimaciones regionales es baja

Región de América del Norte central (35°-50°N, 85°-105°W)

El aumento de temperatura oscila entre 2 y 4°C en invierno y 2 y 3°C en verano. La precipitación aumenta entre el 0 y el 15% en invierno y disminuye entre el 5 y el 10% en verano. La humedad del suelo disminuye entre el 15 y el 20% en verano.

Sur de Asia (5°-30°N, 70°-105°E)

El aumento de temperatura oscila entre 1 y 2°C durante todo el año. La precipitación varía poco en invierno y en general aumenta en toda la región entre un 5 y un 15% en verano. La humedad del suelo aumenta entre el 5 y el 10% en verano.

Sahel (10°-20°N, 20°W-40°E)

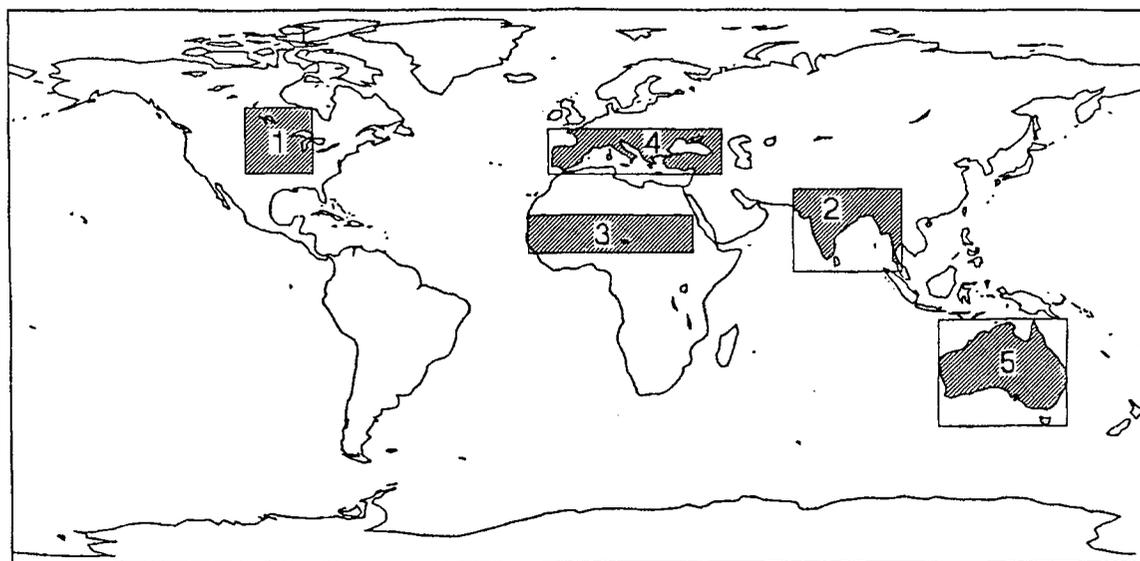
El aumento de temperatura varía entre 1 y 3°C. La precipitación media por superficie aumenta y la humedad media del suelo por superficie disminuye marginalmente en verano. No obstante, en toda la región hay áreas en que estos parámetros aumentan o disminuyen.

Europa meridional (35°-50°N, 10°W-45°E)

El aumento de temperatura es de aproximadamente 2°C en invierno y varía entre 2 y 3°C en verano. Hay indicios de que la precipitación aumenta en invierno, pero durante el verano la precipitación disminuye entre el 5 y el 15% y la humedad del suelo entre el 15 y el 25%.

Australia (12°-45°S, 110°-155°E)

El aumento de temperatura oscila entre 1 y 2°C en verano y asciende aproximadamente a 2°C en invierno. En verano la precipitación aumenta aproximadamente el 10% pero los modelos no producen estimaciones coherentes de las variaciones de la humedad del suelo. Los promedios en extensión ocultan grandes variaciones a nivel subcontinental.



Mapa de las ubicaciones y extensión de las cinco áreas seleccionadas por el IPCC

Confianza en las predicciones de los modelos climáticos

¿Qué confianza podemos tener en que el cambio climático producido por el aumento de gases de efecto invernadero coincidirá con las predicciones de los modelos? Los pronósticos meteorológicos pueden compararse con el tiempo real del día siguiente para evaluar su efectividad, pero no podemos hacer lo mismo con las predicciones sobre el clima. No obstante, existen diversos indicadores que nos permiten albergar cierta confianza en las predicciones obtenidas de los modelos climáticos.

Cuando se utilizan los más recientes modelos atmosféricos con las concentraciones atmosféricas actuales de gases de efecto invernadero y las condiciones límite observadas, su simulación del clima actual es en general realista a gran escala e incorpora sus principales características, como las zonas de convergencia tropical húmedas y los cinturones de depresión de latitudes medias, así como los contrastes entre la circulación del verano y la del invierno. Los modelos simulan también la variabilidad observada. Por ejemplo, representan las grandes variaciones de presión de un día a otro en los cinturones depresionarios de latitudes medias y los valores máximos de la variabilidad interanual que explican el carácter muy diferente de cada invierno. En cambio, a escalas regionales (hasta 2.000 km) todos los modelos registran errores importantes.

La confianza global aumenta gracias a que los modelos atmosféricos describen de manera generalmente satisfactoria aspectos de la variabilidad de la atmósfera, por ejemplo los relacionados con las variaciones de la temperatura de la superficie del mar. Se ha simulado con cierto éxito la circulación general de los océanos, incluidas las pautas (aunque no siempre la intensidad) de las corrientes principales, y las distribuciones de trazadores vertidos en los océanos.

Los modelos atmosféricos han sido acoplados a modelos sencillos del océano para predecir la respuesta de equilibrio ante los gases de efecto invernadero, en el supuesto de que los errores del modelo son iguales en un clima modificado. La capacidad de estos modelos de simular aspectos importantes del clima de la última era glacial proporciona confianza en su utilidad. También se han acoplado modelos atmosféricos a modelos oceánicos multicapa (para producir GCMs acoplados océano-atmósfera) que predicen la reacción gradual al aumento de gases de efecto invernadero. Aunque de momento los modelos tienen una resolución relativamente grosera, es posible simular con cierta eficacia las estructuras oceánicas y atmosféricas de gran escala. No obstante, el acoplamiento de modelos oceánicos y atmosféricos revela una gran sensibilidad a los errores de pequeña escala, que hace desviarlos del clima observado. De momento estos errores tienen que eliminarse por medio de ajustes al intercambio de calor entre los océanos y la atmósfera. Los resultados obtenidos con los modelos acoplados que utilizan representaciones sencillas del océano y con los que emplean descripciones más perfeccionadas son parecidos. El conocimiento real que tenemos de esas diferencias nos permite albergar cierta confianza en los resultados.

6.0.2 En primer lugar, es evidente que el grado en que varíe el clima dependerá de la tasa de emisión de gases de efecto invernadero (y otros gases que afectan a la concentración de aquellos). Esto a su vez estará determinado por diversos factores económicos y sociológicos complejos. El Grupo de Trabajo III del IPCC ha preparado diversos escenarios de emisiones futuras, que se describen en el anexo.

6.0.3 En segundo lugar, debido a que no conocemos suficientemente las fuentes y sumideros de los gases de efecto invernadero, nuestros cálculos de las concentraciones futuras establecidas con arreglo a escenarios de emisión determinados presentan incertidumbres. Hemos utilizado diversos modelos para calcular las concentraciones y escoger la estimación óptima para cada gas. Por ejemplo, en el caso del anhídrido carbónico el aumento de concentración entre 1990 y 2070 según el Escenario A arroja una diferencia de casi uno a dos entre los resultados máximo y mínimo de los modelos (lo que corresponde a una gama de variación del forzamiento radiativo de aproximadamente el 50%).

6.0.4 Asimismo, dado que las fuentes y sumideros naturales de gases de efecto invernadero son sensibles al cambio climático, es posible que modifiquen sustancialmente las concentraciones futuras (véase supra la sección titulada "Retroacciones, de gases que producen efecto de invernadero"). Parece que a medida que aumenta la temperatura estas retroacciones conducen a un incremento general, en vez de a una disminución, de la presencia natural de gases de efecto invernadero. Por esta razón es probable que el cambio climático sea mayor de lo que se prevé en las estimaciones.

6.0.5 En tercer lugar, la calidad de los modelos climáticos llega únicamente a donde alcanza nuestra comprensión de los procesos que describen, que dista de ser perfecta. La gama de predicciones climáticas expresada anteriormente refleja las incertidumbres debidas a las imperfecciones de los modelos. La mayor de ellas es la retroacción de las nubes (los factores que influyen en la cantidad y distribución de las nubes y su interacción con la radiación solar y terrestre), lo que duplica la incertidumbre

sobre la magnitud del calentamiento de la atmósfera puedan oscilar entre la mitad y el doble de las previstas. Otras incertidumbres se deben a la transferencia de energía entre la atmósfera y los océanos, entre la atmósfera y las superficies terrestres y entre las capas superiores y profundas de los océanos. También es imperfecto el tratamiento dado en los modelos a los hielos marinos y la convección. No obstante, por las razones que se indican en el recuadro a continuación, tenemos firme confianza en que los modelos puedan predecir por lo menos las características de gran escala del cambio climático.

6.0.6 Tenemos que reconocer asimismo que nuestro entendimiento imperfecto de los procesos climáticos (y la correspondiente capacidad de modelarlos) nos puede deparar sorpresas, del mismo modo que el agujero del ozono causado por el hombre sobre la Antártida resultó totalmente imprevisto. En particular, no se observa, entiende o modela adecuadamente la circulación oceánica, cuyos cambios se cree que dieron lugar a períodos de cambios climáticos comparativamente rápidos a finales de la última era glacial.

7. ¿Será muy diferente el clima del futuro?

7.0.1 Al estudiar los cambios climáticos futuros es evidentemente fundamental observar la variación climática registrada en el pasado, la cual nos puede indicar cómo varía la variabilidad climática natural, compararla con la que esperamos en el futuro y buscar pruebas sobre un reciente cambio climático debido a las actividades del hombre.

7.0.2 El clima varía de manera natural a todas las escalas cronológicas, desde la de centenares de millones de años hasta la anual. En la historia de la Tierra destacan los ciclos glaciales e interglaciales de cien mil años de duración, cuando el clima era mucho más frío que en la actualidad. Durante estos ciclos, las temperaturas de la superficie de la Tierra variaron típicamente entre 5 y 7°C, con extensos cambios en el volumen de hielos y el nivel del mar y cambios de temperatura de hasta 10 a 15°C en algunas

regiones de latitud media y alta del hemisferio norte. Desde que terminó la última era glacial, hace unos 10.000 años, las temperaturas de la superficie terrestre probablemente han fluctuado alrededor de algo más de 1°C. Algunas fluctuaciones han durado varios siglos, entre ellas la pequeña era glacial que finalizó el siglo XIX y que al parecer afectó a todo el planeta.

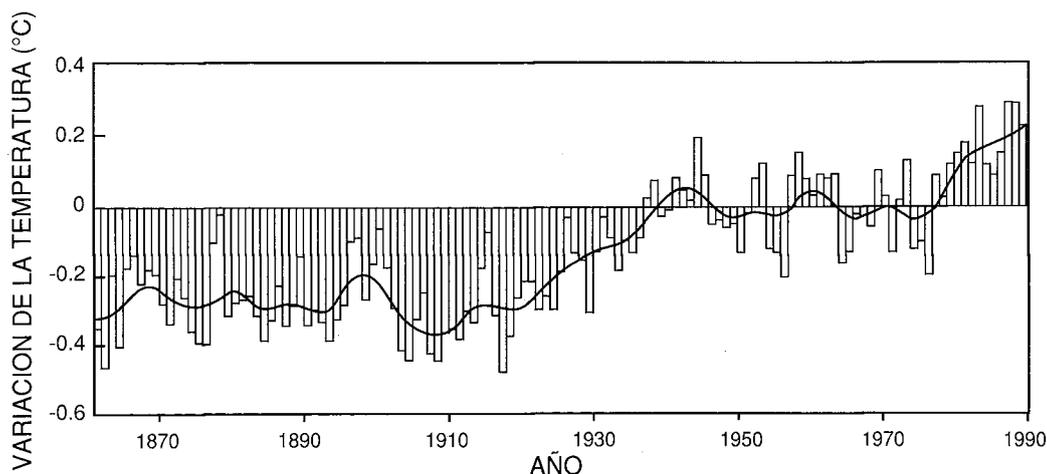
7.0.3 Los cambios predichos para aproximadamente mediados del próximo siglo como consecuencia del aumento de las concentraciones de gases con efecto de invernadero según el Escenario A harán que las temperaturas medias mundiales sean superiores a las registradas en los últimos 150.000 años.

7.0.4 La tasa de variación de las temperaturas mundiales predicha si las emisiones actuales siguen efectuándose como hasta ahora será superior a la registrada de manera natural en la Tierra en los últimos 10.000 años, y el nivel del mar aumentará aproximadamente de 3 a 6 veces más rápidamente que en los últimos 100 o más años.

8. ¿Ha empezado ya el hombre a cambiar el clima mundial?

8.0.1 Los registros instrumentales de la temperatura de superficie son fragmentarios hasta mediados del siglo XIX, y mejoran lentamente a partir de entonces. Dado que se emplearon diferentes métodos de medida, los registros históricos deben armonizarse con las observaciones modernas, lo que introduce cierta incertidumbre. A pesar de estos problemas, creemos que en el curso del último siglo se ha registrado un calentamiento real de la atmósfera de 0,3°C a 0,6°C. Las posibles diferencias debidas a la urbanización probablemente sean inferiores a 0,05°C.

8.0.2 Además, desde 1900 se observan aumentos de temperatura similares en tres conjuntos de datos independientes: una de datos tomados sobre la superficie terrestre y las otras dos sobre los océanos. El gráfico precedente muestra las estimaciones actuales de la



Temperaturas medias mundiales combinadas del aire sobre la tierra y la superficie del mar de 1861 a 1989, en comparación con el promedio de 1951 a 1980.

temperatura media mundial de superficie registrada sobre la tierra y los océanos desde 1860. La confianza en este registro se ha visto incrementada por su parecido con recientes mediciones de las temperaturas de la troposfera media efectuadas por satélite.

8.0.3 Aunque el aumento mundial de la temperatura ha sido parecido en ambos hemisferios, no ha sido constante y a veces han persistido durante decenios diferentes tasas de calentamiento. Gran parte del calentamiento registrado desde 1900 se ha concentrado en dos períodos, uno entre aproximadamente 1910 y 1940 y el otro desde 1975. Los cinco años más cálidos registrados corresponden todos al decenio de 1980. El hemisferio norte se enfrió entre los años 1940 y poco después de 1970, mientras que las temperaturas del hemisferio sur permanecían casi constantes. El aumento de la temperatura mundial desde 1975 ha sido desigual, y en algunas regiones, principalmente del hemisferio norte, han seguido enfriándose hasta hace poco. Esta diversidad regional indica que los cambios de temperatura regionales en el futuro probablemente se diferencien considerablemente del promedio mundial.

8.0.4 La conclusión de que ha aumentado la temperatura mundial se ve firmemente apoyada por el hecho de que la mayoría de los glaciares de las montañas de todo el mundo se hayan retirado desde finales del siglo XIX, así como al hecho de que el nivel del mar mundial haya crecido durante el mismo período entre 1 y 2 mm por término medio todos los años. Las estimaciones de la expansión térmica de los océanos y de la creciente fusión de los glaciares de las montañas y del límite de los hielos de Groenlandia occidental durante el último siglo parecen señalar que la mayor parte del aumento del nivel del mar está relacionada con el calentamiento observado del planeta. Esta conexión aparente entre el aumento observado del nivel del mar y el aumento de la temperatura mundial lleva a creer que el futuro calentamiento conducirá a una aceleración del aumento del nivel del mar.

8.0.5 El aumento de temperatura registrado durante el último siglo concuerda ampliamente con las predicciones de los modelos climáticos pero también tiene la misma magnitud que la variabilidad climática natural. Si la única causa del aumento de temperatura observado fuera el efecto de invernadero causado por el hombre, esto indicaría que la sensibilidad del clima se situaría cerca del límite inferior de los valores arrojados por los modelos. El aumento observado podría deberse en gran medida a la variabilidad natural, o bien a que esta variabilidad y otros factores humanos hubieran compensado un calentamiento todavía mayor, causado por el efecto de invernadero debido al hombre. Nó es probable que hasta dentro de 10 o más años las observaciones permitan una detección inequívoca del aumento del efecto de invernadero. Para entonces, el futuro cambio climático estará considerablemente más perfilado que en la hora actual.

8.0.6 La utilización de la temperatura media global

únicamente como indicador del cambio climático inducido por gases de efecto invernadero resulta inadecuada. Para identificar las causas de cualquier cambio de la temperatura media mundial es preciso examinar otros aspectos de la variación del clima, especialmente sus características espaciales y temporales - la "señal" del cambio climático provocado por el hombre. Las pautas del cambio climático presentadas por los modelos, por ejemplo el mayor calentamiento en el hemisferio norte que en el hemisferio sur, y del aire de la superficie de la tierra que el de la superficie de los océanos, no resulta evidente en las observaciones efectuadas hasta la fecha. Sin embargo, todavía no sabemos cómo es con detalle la "señal", ya que nuestras predicciones de las pautas del cambio climático sólo merecen una confianza limitada. Además, los cambios que se hayan producido hasta ahora pueden estar encubiertos por la variabilidad natural y otros factores (quizá provocados por el hombre) de los que no tenemos una clara representación.

9. ¿Cuánto subirá el nivel del mar?

9.0.1 Se utilizaron modelos sencillos para calcular el aumento del nivel del mar hasta el año 2100, cuyos resultados se indican a continuación. Los cálculos pasan forzosamente por alto los cambios a largo plazo no relacionados con el forzamiento por efecto invernadero que pueden estar ocurriendo pero que no es posible detectar a partir de los datos actuales, sobre los hielos terrestres y el océano. A continuación se indica el aumento del nivel del mar que se prevé entre 1990 y 2100 según el Escenario A del IPCC. Por término medio, el aumento del nivel medio mundial del mar será de unos 6 cm cada 10 años durante el próximo siglo (con un rango de incertidumbre de 3 a 10 cm por decenio). Se predice que en el año 2030 el aumento del nivel medio mundial del mar sea de unos 20 cm, y de 65 cm a finales del siglo siguiente. Existirán importantes variaciones regionales.

9.0.2 En cada caso, la estimación óptima es principalmente la suma de contribuciones positivas vinculadas a la expansión térmica de los océanos y la fusión de los glaciares. Aunque se prevé que en los próximos 100 años los efectos de los bancos de hielo del Antártico y de Groenlandia sean pequeños, éstos pueden contribuir de manera importante a la incertidumbre de las predicciones.

9.0.3 Aunque no siguiera aumentando el forzamiento debido al efecto de invernadero, el nivel del mar estaría condenado a aumentar durante muchos decenios e incluso siglos debido a la lentitud de reacción del clima, de los océanos y de las masas de hielo. Por ejemplo, si el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero cesaran repentinamente en el año 2030, entre dicho año y 2100 el nivel del mar seguiría aumentando igual que entre 1990 y 2030, como puede verse en el diagrama que figura a continuación.

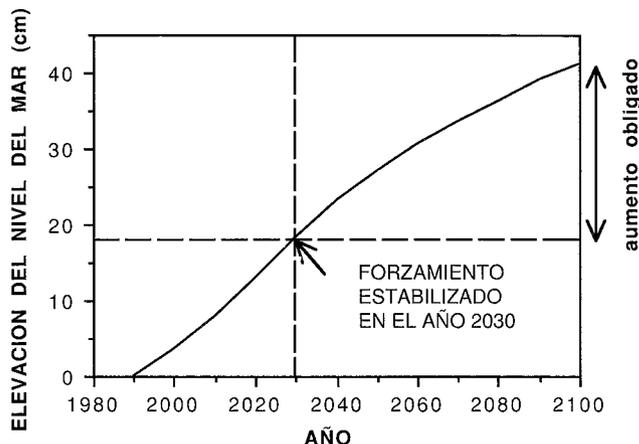
9.0.4 A continuación se representan los aumentos predichos del nivel del mar con arreglo a los otros tres

escenarios de emisión, más el Escenario A a efectos de comparación. Sólo figuran los cálculos correspondientes a la estimación óptima.

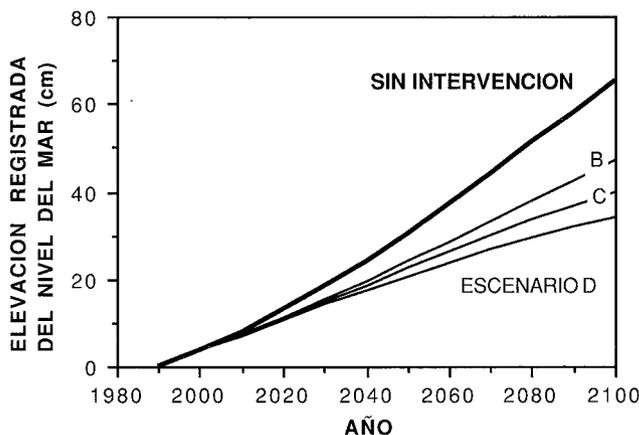
9.0.5 Preocupa especialmente el banco de hielo del Antártico occidental, gran parte del cual, con un contenido de hielo equivalente aproximadamente a 5 m del nivel del mar mundial, se encuentra enterrado muy por debajo del nivel del mar. Se ha dicho que el aumento de la temperatura mundial podría originar un aflujo repentino de hielo que haría subir rápida y sustancialmente el nivel del mar. Estudios recientes han puesto de manifiesto que las corrientes de hielo cambian rápidamente a escalas cronológicas de un decenio a un siglo, lo que sin embargo no está necesariamente relacionado con el cambio climático. No es probable que en el próximo siglo se produzca un importante aflujo de hielos de la Antártida occidental como consecuencia directa del calentamiento mundial.

9.0.6 No se prevé que los posibles aumentos del nivel del mar sean uniformes en todo el globo. La expansión térmica, las variaciones de la circulación oceánica y la presión del aire de superficie variarán según las regiones a medida que aumente la temperatura mundial, pero de manera que todavía se desconoce. Estos pormenores regionales requieren un mayor desarrollo de modelos acoplados océano-atmósfera más ajustados a la realidad. Además, los movimientos verticales de tierras pueden ser tan importantes o más que las variaciones del nivel medio mundial del mar. Es preciso tener en cuenta estos movimientos al predecir los cambios locales del nivel del mar con respecto a la tierra.

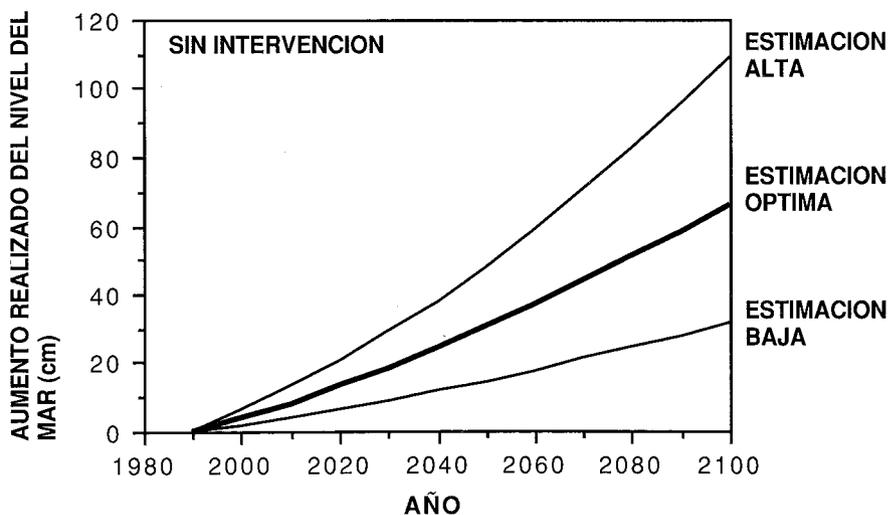
9.0.7 Es probable que los efectos más graves del aumento del nivel del mar sean consecuencia de fenómenos extremos (por ejemplo, trombas de tempestad) cuya incidencia puede verse influida por los cambios climáticos.



Aumento obligado del nivel del mar para 2030. La curva representa el aumento del nivel del mar si las emisiones continúan como hasta ahora hasta el año 2030, y el aumento adicional que se produciría durante el resto del siglo aunque el forzamiento climático se estabilizara en 2030.



Estimaciones de modelo del aumento del nivel del mar entre 1990 y 2100 con arreglo a los cuatro escenarios de emisión de gases.



Aumento predicho del nivel del mar si las emisiones prosiguen como hasta ahora. Estimación óptima, y margen de variación.

10. ¿Qué efectos tendrá el cambio climático sobre los ecosistemas?

10.0.1 Los procesos de ecosistema, como la fotosíntesis y la respiración, dependen de factores climáticos y de la concentración de anhídrido carbónico a corto plazo. A más largo plazo, el clima y el anhídrido carbónico figuran entre los factores que controlan la estructura del ecosistema, es decir, la composición de las especies, ya sea directamente aumentando la mortalidad en las especies mal adaptadas, o indirectamente interviniendo en la competencia entre especies. Los ecosistemas reaccionarán ante los cambios locales de temperatura (incluido su ritmo de variación), precipitación y humedad del suelo, y fenómenos extremos. Los modelos actuales no permiten efectuar estimaciones fiables de las variaciones de esos parámetros en las escalas locales necesarias.

10.0.2 La fotosíntesis captura el anhídrido carbónico de la atmósfera, el agua y la energía solar y los almacena en compuestos orgánicos que después se aprovechan para el crecimiento de las plantas, los animales o los microbios del suelo. Cuando respiran, todos estos organismos liberan en la atmósfera anhídrido carbónico. La mayoría de las plantas terrestres posee un sistema de fotosíntesis que reacciona positivamente al aumento del anhídrido carbónico de la atmósfera ("efecto de fertilización del anhídrido carbónico")

pero la reacción varía según las especies. Este efecto puede disminuir con el tiempo cuando se encuentra restringido por otras limitaciones ecológicas, por ejemplo la disponibilidad de nutrientes. Cabe destacar que el contenido de carbono de la biosfera terrestre sólo aumentará si los ecosistemas forestales en estado de madurez son capaces de almacenar más carbono en un clima más cálido y con mayores concentraciones de anhídrido carbónico. No sabemos todavía si ésta es la realidad.

10.0.3 La reacción ante el aumento del anhídrido carbónico tiene por consecuencia una mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua, la luz y el nitrógeno, lo cual puede ser especialmente importante durante las sequías y en las zonas áridas o semiáridas y estériles.

10.0.4 Habida cuenta de que las especies reaccionan de manera diferente ante el cambio climático, algunas aumentarán su presencia y amplitud, mientras que otras disminuirán. Por consiguiente, variará la estructura y composición de los ecosistemas. Algunas especies pueden verse desplazadas hacia latitudes y alturas más elevadas, y ser más propensas a su extinción local e incluso quizá mundial. En cambio, otras especies pueden prosperar.

10.0.5 Como se ha dicho antes, la estructura ecosistémica y la distribución de las especies son especialmente sensibles

Deforestación y repoblación forestal

El hombre ha estado deforestando la Tierra durante milenios. Hasta principios de este siglo lo hacía principalmente en las regiones templadas, pero más recientemente se ha centrado en las regiones tropicales. La deforestación puede repercutir de varias maneras sobre el clima: por medio de los ciclos del carbono y del nitrógeno (pudiendo originar cambios en las concentraciones atmosféricas de anhídrido carbónico), por medio de la variación de la reflectividad del terreno cuando se talan los bosques, y por medio de sus efectos sobre el ciclo hidrológico (precipitación, evaporación y escorrentía) y sobre la rugosidad de la superficie, y de este modo sobre la circulación atmosférica que puede producir efectos remotos sobre el clima.

Se estima que todos los años se liberan en la atmósfera como consecuencia de la deforestación tropical aproximadamente 2 Gt de carbono (GtC). Es difícil estimar a qué ritmo se talan los bosques. Probablemente hasta mediados del siglo XX la deforestación de las zonas templadas y la pérdida de materia orgánica de los suelos aportó más cantidad de anhídrido carbónico a la atmósfera que la utilización de combustibles fósiles. Desde entonces los combustibles fósiles ocupan el primer lugar. Se estima que hacia 1980 la tala de bosques tropicales liberaba anualmente 1,6 GtC, frente a aproximadamente 5 GtC correspondiente a la utilización de combustibles fósiles. Se estima que si desaparecieran todos los bosques tropicales esa cantidad oscilaría aproximadamente entre 150 y 240 GtC, lo que aumentaría el anhídrido carbónico presente en la atmósfera entre 35 y 60 ppmv.

Para analizar el efecto de la repoblación forestal, supongamos que todos los años se plantan 10 millones de hectáreas de bosque durante 40 años, es decir, que en el año 2030 se habrán plantado 4 millones de km², al mismo tiempo que se absorbera anualmente 1 GtC hasta que esos bosques alcancen su madurez, lo que ocurrirá en un período de 40-100 años en la mayoría de los casos. Esta hipótesis supone una absorción acumulada de unos 20 GtC en el año 2030 y de hasta 80 GtC transcurridos 100 años. Esta acumulación de carbono en los bosques representa aproximadamente del 5 al 10% de las emisiones debidas a la utilización de combustibles sólidos con arreglo al Escenario A.

La deforestación también puede alterar directamente el clima al aumentar la reflectividad y disminuir la evapotranspiración. Experimentos realizados con modelos climáticos predicen que la sustitución por pastizales de todos los bosques de la cuenca amazónica reduciría la lluvia en dicha cuenca en aproximadamente un 20%, y aumentaría en varios grados la temperatura media.

al ritmo de variación del clima. De los registros paleoclimatológicos cabe deducir algunas consideraciones acerca de la rapidez de los cambios de la temperatura mundial registrados en el pasado. Por ejemplo, a finales de la última glaciación, en el plazo de aproximadamente un siglo la temperatura aumentó hasta 5°C en la región del Atlántico norte, especialmente en Europa occidental. Si bien cuando aumentó la temperatura glacial y se pasó a la actual interglacial los sistemas de tundra sencillos reaccionaron positivamente, una subida rápida de igual magnitud de las temperaturas podría causar inestabilidad en ecosistemas más desarrollados.

11. ¿Qué debería hacerse para reducir las incertidumbres y cuánto tiempo se necesitaría para ello?

11.0.1 Aunque podemos decir que un cierto cambio climático es inevitable, existe mucha incertidumbre con respecto a la predicción de propiedades del clima mundial tales como la temperatura y la lluvia. Todavía existe mayor incertidumbre con respecto a las predicciones de un cambio climático regional, y sus posteriores consecuencias sobre el nivel del mar y los ecosistemas. Las principales esferas de incertidumbre científica son las siguientes:

- *nubes*: principalmente formación de nubes, disipación y propiedades radiativas que influyen en la reacción de la atmósfera ante el forzamiento causado por el efecto de invernadero;
- *océanos*: intercambio de energía del océano con la atmósfera y de las capas superiores del océano con el océano profundo, y transporte dentro del océano, todo lo cual controla el ritmo del cambio climático mundial y las pautas del cambio a nivel regional;
- *gases de efecto invernadero*: cuantificación de la absorción y liberación de gases de efecto invernadero, sus reacciones químicas en la atmósfera y cómo pueden verse influidos por el cambio climático.
- *bancos de hielos polares*: influyen en las predicciones sobre el aumento del nivel del mar.

11.0.2 También son importantes los estudios de la hidrología de la superficie terrestre y sus consecuencias sobre los ecosistemas.

11.0.3 Para reducir la actual incertidumbre científica en cada una de estas esferas se precisarán investigaciones coordinadas internacionalmente para perfeccionar nuestra capacidad de observación, modelización y comprensión del sistema climático mundial. Un programa de investigaciones de esta clase reduciría las incertidumbres científicas y ayudaría a formular estrategias sólidas de respuesta a nivel nacional e internacional.

11.0.4 Las observaciones sistemáticas de largo plazo del sistema tienen importancia capital para entender la variabilidad natural del clima de la Tierra, detectar si las actividades humanas lo están cambiando, parametrizar los procesos fundamentales para preparar modelos y verificar las simulaciones de los modelos. Es preciso aumentar la precisión y alcance de muchas observaciones. Además de un mayor número de observaciones, es preciso preparar bases adecuadas y completas de información mundial para la difusión y utilización rápida y eficiente de los datos. Las principales necesidades en materia de observación son las siguientes:

- i) mantenimiento y perfeccionamiento de las observaciones (por ejemplo, las efectuadas desde satélites) que proporciona el Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM;
- ii) mantenimiento y perfeccionamiento, mediante instrumentos instalados a bordo de satélites o en la superficie de la Tierra, de un programa de monitorización de los elementos climáticos fundamentales para los que se requieren observaciones precisas y continuas, por ejemplo distribución de importantes constituyentes atmosféricos, nubes, balance de radiación de la Tierra, precipitación, vientos, temperaturas de la superficie del mar y extensión, tipo y productividad del ecosistema terrestre;
- iii) establecimiento de un sistema mundial de observación oceánica para medir los cambios que se registran en variables tales como la topografía de la superficie de los océanos, la circulación, el transporte de calor y productos químicos, y la extensión y grosor de los hielos marinos;
- iv) desarrollo de nuevos sistemas importantes destinados a obtener datos de los ecosistemas oceánicos, atmosféricos y terrestres mediante instrumentos instalados a bordo de satélites y en la superficie de la Tierra, en vehículos oceánicos automatizados dotados de instrumentos, y en boyas flotantes y de profundidad, y a bordo de aeronaves y globos;
- v) utilizar registros paleoclimatológicos e históricos válidos para documentar la variabilidad natural y los cambios del sistema climático y la consiguiente respuesta del medio ambiente.

11.0.5 La modelización del cambio climático requiere el desarrollo de modelos mundiales que acoplen modelos de la atmósfera, la tierra, los océanos y los hielos e incorporen formulaciones más realistas de los procesos pertinentes y las interacciones de los diferentes componentes. También es preciso incluir los procesos registrados en la biosfera (tanto en tierra como en los océanos). Se necesita una resolución espacial mayor que la utilizada actualmente en general para predecir las pautas regionales. Estos modelos requerirán las

mayores computadoras que se prevé existan en los próximos decenios.

11.0.6 El entendimiento del sistema climático se desarrollará a partir de análisis de las observaciones y de los resultados de simulaciones de modelos. Además, se requerirán estudios pormenorizados de procesos particulares mediante campañas de observación concretas. Como ejemplos de estas campañas sobre el terreno cabe citar estudios combinados de observación y modelización en pequeña escala para diferentes regiones acerca de la formación, disipación y propiedades radiativas, dinámicas y microfísicas de las nubes, y mediciones efectuadas desde tierra (océanos y tierras emergidas) y desde aeronaves de los flujos de gases de efecto invernadero registrados en ecosistemas específicos. En especial, debe ponerse máximo interés en los experimentos sobre el terreno que contribuyan al desarrollo y perfeccionamiento de las parametrizaciones a escala de subretícula destinadas a la preparación de modelos.

11.0.7 El programa de investigaciones necesario requerirá una cooperación internacional sin precedentes con el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) de la Organización Meteorológica Mundial y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) y con el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) del CIUC, que desempeñarán papeles de importancia capital. Se trata de unas empresas amplias y complejas que requerirán la participación de todas las naciones, especialmente de los países en desarrollo. La realización de los proyectos existentes y previstos requerirá mayores recursos financieros y humanos. Esto último repercute inmediatamente en todos los niveles de la enseñanza, y es preciso que se amplíe la comunidad internacional de científicos para que ésta cuente con mayor número de miembros de los países en desarrollo.

11.0.8 El PMIC y el PIGB realizan y tienen previstos diversos programas de investigación en los tres sectores fundamentales causantes de incertidumbre científica. Cabe citar como ejemplos los siguientes:

- **nubes:**
Proyecto Internacional para la Elaboración de una Climatología de las Nubes Mediante Datos Satelitales (ISCCP); Experimento Mundial sobre la Energía y el Ciclo Hídrico (GEWEX).
- **océanos:**
Experimento Mundial sobre la Circulación Oceánica (WOCE); Estudio de la Variabilidad Interanual de los Océanos Tropicales y la Atmósfera Mundial (TOGA).
- **gases vestigiales:**
Estudio Conjunto del Flujo Oceánico Mundial (JGOFS); Estudio Internacional de la Química Atmosférica Mundial (IGAC); Estudio de los Cambios Mundiales Registrados en el Pasado (PAGES).

11.0.9 A medida que progresan las investigaciones, una mayor comprensión y mejores observaciones conducirán progresivamente a predicciones climáticas más fiables. No obstante, habida cuenta del carácter complejo del problema y de la escala de los programas científicos que deben realizarse, sabemos que no cabe esperar resultados rápidos. De hecho, los nuevos progresos científicos pueden plantear problemas imprevistos y poner de manifiesto sectores de ignorancia.

11.0.10 Los plazos necesarios para disminuir las incertidumbres dependerán de los progresos que se realicen en los próximos 10 a 15 años en las dos esferas principales siguientes:

- Utilización de las computadoras más rápidas posibles para que en los modelos se tenga en cuenta el acoplamiento de la atmósfera y los océanos y se proporcione una resolución suficiente para las predicciones regionales.
- Desarrollo de una mejor representación de los procesos de pequeña escala en los modelos climáticos gracias al análisis de los datos obtenidos mediante los programas de observación que deben realizarse de manera permanente hasta bien avanzado el próximo siglo.

Anexo

ESCENARIOS DE EMISIONES DEL GRUPO DE TRABAJO III DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE LOS CAMBIOS CLIMATICOS

El Grupo de dirección del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta pidió a los Estados Unidos y a los Países Bajos que preparasen escenarios de emisión para su evaluación por el Grupo de Trabajo I del IPCC. Estos escenarios abarcan las emisiones de anhídrido carbónico (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos (CFC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x) desde hoy día hasta el año 2100. En todos los escenarios se consideraron las mismas cifras de crecimiento de la economía y la población. Se supuso que la población se acercaría a 10.500 millones de habitantes durante la segunda mitad del próximo siglo. Se supuso que el crecimiento económico oscilaría entre el 2 y el 3% anual durante el próximo decenio en los países de la OCDE y entre el 3 y el 5% en los países de Europa oriental y los países en desarrollo. Se supuso que los niveles de crecimiento económico disminuirían posteriormente. Para alcanzar los objetivos previstos, se variaron los niveles de desarrollo tecnológico y de control medioambiental.

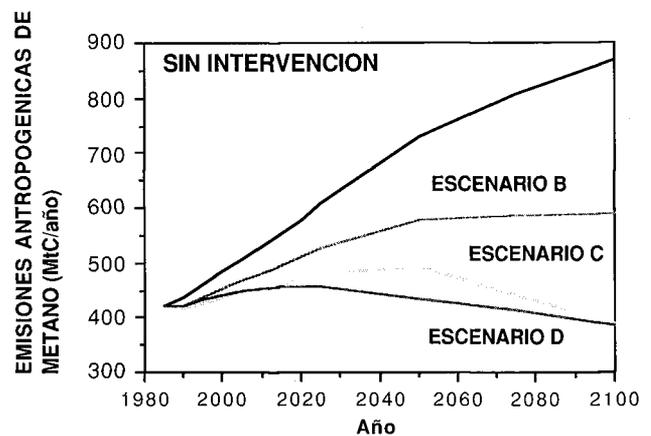
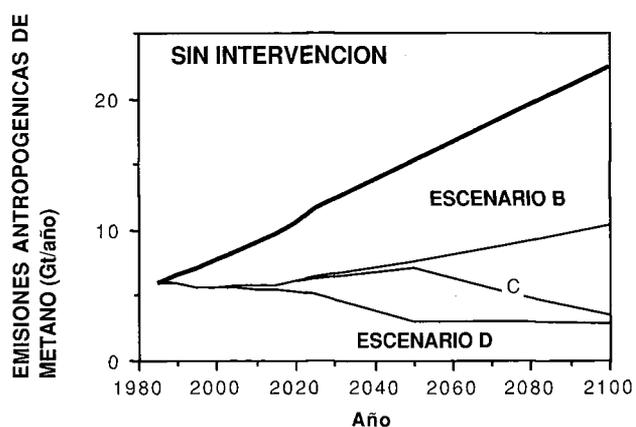
En el *escenario de continuar todo como hasta ahora* (Escenario A), la energía se obtiene principalmente del carbón, y el sector de la demanda sólo aumenta ligeramente su eficiencia. El monóxido de carbono se controla poco, continúa la deforestación hasta que se agotan los bosques tropicales, y las emisiones agrícolas de metano y óxido nitroso son incontroladas. En lo que se refiere a los CFC, se aplica el Protocolo de Montreal, si bien tan sólo con participación parcial. Obsérvese que la suma de las proyecciones nacionales efectuada por el Grupo de Trabajo

III del IPCC indica que para el año 2025 habrá mayores emisiones (del 10 al 20%) de anhídrido carbónico y de metano.

En el *Escenario B* el suministro de energía se desplaza hacia combustibles con menor contenido de carbono, concretamente el gas natural. Se registran grandes aumentos de eficiencia. Se controla estrictamente el monóxido de carbono, se invierte el proceso de deforestación y se aplica con participación plena el Protocolo de Montreal.

En el *Escenario C*, a mediados del próximo siglo se pasa a utilizar energía renovable y nuclear. Ya no se utilizan CFCs, y las emisiones agrícolas están limitadas.

En el *Escenario D*, el paso a la utilización de energías renovables y nuclear durante la primera mitad del próximo siglo reduce las emisiones de anhídrido carbónico, empezando por estabilizarse en mayor o menor grado las emisiones de los países industrializados. Este escenario indica que los controles estrictos aplicados en los países industrializados y un crecimiento moderado de las emisiones en los países en desarrollo podrían estabilizar las concentraciones atmosféricas. A mediados del próximo siglo, las emisiones de anhídrido carbónico quedan reducidas al 50% de los niveles alcanzados en 1985.



Ejemplos de emisiones de anhídrido carbónico y de metano hasta el año 2100, según los cuatro escenarios desarrollados por el Grupo de Trabajo III del IPCC.

Resumen del Grupo de Trabajo II destinado a los responsables de políticas (Impactos potenciales del cambio climático)

Resumen Ejecutivo

1. Los Grupos de trabajo del IPCC sobre análisis científico (Grupo de Trabajo I), efectos medioambientales (Grupo de Trabajo II) y estrategias de respuesta (Grupo de Trabajo III), establecidos en noviembre de 1988, emprendieron paralelamente sus tareas bajo las instrucciones del IPCC. La responsabilidad del Grupo de Trabajo II es describir las repercusiones medioambientales y socioeconómicas de los cambios climáticos que puedan producirse durante los próximos decenios a causa de crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero.

2. El informe del Grupo de Trabajo II se basa en la labor de varios subgrupos que han efectuado diversos estudios empleando diferentes metodologías. A partir de los textos existentes sobre la materia, los estudios se han basado en diversos escenarios como medio para evaluar los posibles impactos del cambio climático, cuyas características son:

- i) una duplicación efectiva del CO₂ en la atmósfera entre el momento actual y los años 2025-2050, si todo siguiese como hasta ahora;
- ii) un aumento consiguiente de la temperatura media mundial de entre 1,5°C y 4,5°C;
- iii) una distribución desigual del aumento de la temperatura mundial, que sería menor - la mitad del incremento medio - en las regiones tropicales, y mayor - el doble del incremento medio - en las regiones polares;
- iv) una elevación del nivel del mar de aproximadamente 0,3 a 0,5 m para el año 2050 y de aproximadamente 1 m para el año 2100, junto con una elevación de temperatura de la capa superficial del océano de entre 0,2° y 2,5°C.

3. Aunque estos escenarios datan de una fecha anterior, concuerdan con la reciente evaluación del Grupo de Trabajo I que, de seguir todo como hasta ahora (escenario A del Informe I del Grupo de trabajo), ha estimado la magnitud de la elevación del nivel del mar en unos 20 cm para 2030, y en torno a 65 cm para finales del próximo siglo. El Grupo de Trabajo I también ha predicho que la temperatura media mundial aumentará alrededor de 1°C de aquí a 2025 y 3°C antes de finales del próximo siglo.

4. Toda predicción de los efectos del cambio climático deberá considerarse en el contexto de la sociedad actual, dinámica y en evolución. Así, fenómenos naturales de gran escala como el de El Niño pueden afectar considerablemente a la agricultura y a los asentamientos de

seres humanos. La explosión demográfica prevista tendrá asimismo serias repercusiones en la explotación de la tierra y en la demanda de energía, agua dulce, alimentos y habitación, que variará de una región a otra según los ingresos nacionales y la rapidez del desarrollo. En muchos casos, este impacto se hará sentir gravemente en regiones que ya sufren dificultades y tensiones, principalmente en países en desarrollo. Un cambio climático inducido por actividades humanas tales como las continuas emisiones incontroladas no hará sino acentuar dichos efectos. Así, por ejemplo, el cambio climático, la polución, y las radiaciones ultravioleta B debidas al agotamiento del ozono podrían actuar entre sí, intensificando de ese modo sus efectos nocivos sobre sustancias y organismos. Un aumento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero podría inducir un cambio climático irreversible, que podría ser detectable a finales de este siglo.

5. Resulta difícil obtener estimaciones globales de los efectos físicos y biológicos del cambio climático a escala regional, y no es mucha tampoco la fiabilidad de las estimaciones regionales de ciertos factores climáticos críticos, especialmente de los valores de precipitación y la humedad del suelo, que en los diversos modelos de circulación general y estudios paleoanalógicos presentan resultados muy dispares. Además, existe cierta incertidumbre entre los científicos en cuanto a la relación que puede existir entre el cambio climático y los efectos biológicos, así como entre estos efectos y las consecuencias socioeconómicas.

6. Con este informe no se pretende proponer ninguna adaptación, innovación tecnológica o medida de otra índole que pudiera atenuar los efectos adversos del cambio climático circunscritos a determinados períodos. Ello sería sobre todo importante en sectores muy regimentados, como la agricultura, la silvicultura y la salud pública, y es una de las responsabilidades del Grupo de Trabajo III.

7. Por último, otro aspecto que se estudiará es el de la cronología y mayor o menor rapidez de los fenómenos que constituyen el cambio climático. Así existirá un desfase entre:

- i) las emisiones de gases de efecto invernadero y la duplicación de su concentración;
- ii) la duplicación de las concentraciones de gases de efecto invernadero y los cambios que experimente el clima;
- iii) los cambios del clima y los efectos físicos y biológicos resultantes;

iv) las alteraciones que experimentan los efectos físicos y ecológicos y sus consecuencias socioeconómicas (incluidas las de tipo ecológico). Cuanto más breve sea el desfase menor será la capacidad de reacción, y mayores las consecuencias socioeconómicas.

8. Existe incertidumbre en cuanto a las características de este desfase. Los cambios no serán graduales, y no cabe descartar que se produzcan sorpresas. La gravedad de los efectos dependerá en gran medida de la rapidez con que se produzca el cambio climático.

9. Pese a estas incertidumbres, sin embargo, el Grupo de Trabajo II ha llegado a varias conclusiones importantes, a saber:

Agricultura y silvicultura

10. A juzgar por los resultados de numerosos estudios realizados existen ya indicaciones de que los cambios climáticos tendrán un importante efecto en la agricultura y en la ganadería. En cambio, no se ha determinado aún de manera concluyente si el potencial agrario aumentará o disminuirá en promedio. Podrían observarse efectos negativos a nivel regional, como consecuencia de la influencia que sobre el estado del tiempo y las plagas tuviera el cambio climático, así como de los nuevos niveles de ozono, a nivel del suelo causados por los contaminantes, todo lo cual hará necesarias innovaciones de la tecnología y de las prácticas de explotación agrícola. Las repercusiones podrían ser graves en algunas regiones, especialmente si disminuyera la producción en algunas de ellas sumamente vulnerables, que serían las menos capaces de adaptarse, por ejemplo en Brasil, Perú, la región del Sahel en África, Asia sudoriental, la región asiática de la URSS y China. Existe también la posibilidad de que en latitudes altas y medias la productividad potencial aumente como consecuencia de un prolongamiento de las épocas de cultivo, pero no es probable que se creen nuevas y extensas zonas de producción y, por lo demás, el fenómeno se limitará principalmente al hemisferio norte.

11. Las pautas del comercio agrícola podrían verse afectadas por una disminución de la producción de cereales en algunas de las áreas actuales de alta producción como por ejemplo, Europa occidental, el sur de los Estados Unidos y partes de América del sur y de Australia occidental. En las regiones de latitud media, es posible que disminuya la producción hortícola. Por otra parte, la producción de cereales podría aumentar en el norte de Europa. Una acción plural encaminada a crear nuevas cepas de plantas de cultivo y una ordenación agrícola que haga frente a las nuevas condiciones climáticas podrían atenuar la gravedad de esos efectos a nivel regional. En conjunto, las pruebas sugieren que, si se produjesen estas alteraciones del clima, la producción alimentaria mundial podría mantenerse más o menos al mismo nivel que antes del cambio; no está claro, sin embargo, lo que costaría conseguirlo. Con todo, el cambio climático podría agravar las dificultades que plantea

el rápido crecimiento de la población, ya que el aumento o variación en los niveles de radiación ultravioleta B a nivel del suelo como consecuencia de la disminución del ozono estratosférico repercutiría negativamente en los cultivos y en la ganadería.

12. Dado que el período de renovación de los bosques es largo, los que existen actualmente madurarán y decaerán en un clima al que cada vez estarán menos adaptados. En la práctica, los efectos dependerán de la adaptabilidad fisiológica de los árboles y de las relaciones huésped-parásito, pueden producirse grandes pérdidas de bosques como consecuencia de ambos factores. También serán cada vez mayores los daños ocasionados por incendios. Las zonas climáticas que regulan la distribución de las especies se desplazarán hacia los polos y hacia altitudes más elevadas. Los bosques regimentados requieren grandes esfuerzos, tanto en la selección de simientes como en la determinación de separaciones y grados de espesura, y en términos de protección. Proporcionan una amplia variedad de productos, desde combustibles hasta alimentos. El grado de dependencia con respecto a esos productos difiere de un país a otro, así como la capacidad de hacer frente y soportar las pérdidas. Las áreas más sensibles serán aquellas en que haya especies que se encuentren próximas a sus límites biológicos de temperatura y humedad. Ese será probablemente el caso de las áreas semiáridas, por ejemplo. Es posible que se recrudezcan las tensiones sociales y, con ellas, los consiguientes daños antropogénicos a los bosques. Este tipo de comportamiento, cada vez más extendido e imposible de mantener, hará día a día más perentoria la inversión y la conservación, y una acertada ordenación de los bosques.

Ecosistemas naturales de la Tierra

13. Los ecosistemas naturales de la Tierra podrían resultar considerablemente afectados por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera mundial y los cambios climáticos concomitantes. Las alteraciones de temperatura y precipitación inferidas sugieren que las zonas climáticas podrían desplazarse varios centenares de kilómetros hacia los polos en los próximos cincuenta años. La flora y la fauna irían quedándose rezagadas tras estos movimientos climáticos, sobreviviendo en su ubicación actual en un régimen climático que podría ser distinto. Estos regímenes podrían ser más o menos inhóspitos, incrementando la productividad de algunas especies y reduciendo la de otras. Lo probable es que los ecosistemas no se desplacen como un todo, sino que adopten una nueva estructura como consecuencia de las alteraciones experimentadas en cuanto a la distribución y abundancia de las especies.

14. La rapidez de los cambios climáticos inferidos constituye el factor primordial en base al cual determinar el tipo y grado de impacto climáticos que experimentarán los ecosistemas naturales de la Tierra. Es probable que la

rapidez de los cambios sea mayor que la capacidad de adaptación de algunas especies, y las reacciones a la nueva situación podrían ser tanto rápidas como graduales.

15. La creciente presión del medio ambiente podría ocasionar la extinción de algunas especies y reducir así la diversidad biológica del planeta. En algunas áreas, la probable proliferación de plagas e incendios podría acentuar las alteraciones inferidas de los ecosistemas.

16. Las repercusiones de una mayor concentración de CO₂ y, por ende, del cambio climático en los ecosistemas del planeta podrían verse alteradas por otros factores medioambientales tanto naturales como antropogénicos (por ejemplo, la polución del aire).

17. Las comunidades más en peligro son aquellas cuyas opciones de adaptabilidad son limitadas (por ejemplo las comunidades de montaña, las alpinas, las polares, las insulares y costeras, las asentadas sobre extensiones de vegetación residual, y los patrimonios y reservas naturales), así como aquellas comunidades en que los cambios climáticos vienen a añadirse a las presiones ya existentes.

18. Las consecuencias socioeconómicas de estas repercusiones serán significativas, especialmente en aquellas regiones del mundo en que las sociedades humanas y sus economías dependen de ecosistemas naturales para su bienestar. Si estos ecosistemas experimentasen alteraciones, la disponibilidad de alimentos, combustibles, medicinas, materiales de construcción y fuentes de ingresos también podría variar, así como, en algunas regiones, importantes productos de fibra.

Hidrología y recursos hídricos

19. Ciertos cambios climáticos comparativamente pequeños pueden crear en numerosas áreas problemas de gran envergadura en relación con los recursos hídricos, especialmente en las regiones áridas, semiáridas o húmedas donde la demanda o la polución son el origen de cierta escasez de agua. Poco se sabe de las particularidades del cambio hidrometeorológico que producen los gases de efecto invernadero a nivel regional. Al parecer, en muchas áreas aumentarán las precipitaciones, la humedad del suelo y las reservas de agua, alterándose con ello la agricultura, los ecosistemas y otros usos hídricos. En otras áreas, en cambio, disminuirá la disponibilidad de agua, lo que constituye un factor crítico en situaciones que se encuentran ya en el límite, como ocurre en la zona del Sahel, en África. Esta circunstancia también tiene considerables consecuencias para la agricultura, el almacenamiento y distribución del agua, y la generación de energía hidroeléctrica. En algunas áreas limitadas, por ejemplo, en un escenario con 1°C a 2°C de aumento de temperatura, una reducción del 10% de las precipitaciones podría reducir entre un 40% y un 70% la escorrentía anual. Regiones tales como el sudeste de Asia, dependientes de sistemas fluviales no regulados, son especialmente vulnerables al cambio hidrometeorológico.

Por otra parte, regiones tales como la parte occidental de la URSS o el oeste de Estados Unidos, que poseen extensos sistemas de recursos hídricos regulados, están menos expuestas a las variaciones hidrometeorológicas vinculadas al efecto invernadero.

20. También la demanda de agua, y no sólo los suministros hídricos, podría variar en función del esfuerzo humano para conservarla, y merced a un mejor rendimiento en los cultivos de plantas, en un medio ambiente más rico en CO₂. Las repercusiones socioeconómicas netas deberán reflejar tanto los aspectos de abastecimiento como de demanda del agua. En ingeniería de recursos hídricos, la planificación de estructuras con una vida útil proyectada hasta finales del próximo siglo deberá tener en cuenta todos estos efectos. Si las precipitaciones aumentan, habrá que mejorar la capacidad de ciertas estructuras en uso como, por ejemplo, el sistema de alcantarillado urbano en previsión de tormentas. La variación de los riesgos de sequía es potencialmente uno de los impactos más graves del cambio climático sobre la agricultura regional y mundial.

Asentamientos humanos; energía, transporte e industria; salud humana y calidad del aire

21. Los asentamientos humanos más vulnerables son aquellos que están más expuestos a riesgos naturales, por ejemplo las inundaciones litorales y fluviales, sequías extremas, corrimientos de tierra, vendavales y ciclones tropicales. Las poblaciones de países en desarrollo, los grupos sociales de ingresos más bajos, los residentes en tierras bajas costeras o islas y en tierras semiáridas de pastoreo, así como los habitantes pobres de casas desocupadas, chabolas y barrios miserables, especialmente en las megalópolis, serán los más vulnerables. En tierras bajas de la costa (por ejemplo, en Bangladesh, China o Egipto) y en los pequeños países insulares las inundaciones ocasionadas por la elevación del nivel del mar y las trombas de tormenta podrían dar lugar a importantes desplazamientos de población. Una menor disponibilidad de agua y alimentos podría acarrear consecuencias graves para la salud, especialmente en las grandes áreas urbanas, y un aumento de los trastornos como consecuencia del calor y de la propagación de infecciones. Los nuevos valores de precipitación y temperatura podrían alterar radicalmente las pautas epidemiológicas de las enfermedades víricas o transmitidas por vectores, desplazándolas a latitudes más altas y amenazando de ese modo extensas poblaciones. Al igual que en el pasado, estos cambios podrían señalar el comienzo de grandes migraciones demográficas, alterando gravemente en unos cuantos años las pautas de asentamiento y, en algunas áreas, causando inestabilidad social.

22. El calentamiento de la Tierra podría también afectar a la disponibilidad de recursos hídricos y a la biomasa, que son las dos fuentes principales de energía en muchos países en desarrollo. Las repercusiones probablemente difieran de una región a otra y dentro de cada región ocasionando en algunas zonas una disminución

y, en otras, un aumento de los recursos hídricos y de la biomasa. En las primeras, estos cambios pueden amenazar el suministro de energía y de materias esenciales para la vivienda y la obtención de energía. Además, el propio cambio climático podría influir según la región en la disponibilidad de otras formas de energía renovable, como la eólica o la solar. En los países desarrollados, algunos de los impactos más importantes sobre los sectores de energía, transporte e industria podrían venir determinados por las políticas que se adoptan para hacer frente al cambio climático (por ejemplo, la regulación de los combustibles, la gravación fiscal de las emisiones, o el fomento de los transportes públicos). En los países en desarrollo, la influencia de los cambios climáticos en la disponibilidad y en el precio de ciertos recursos de producción como la energía, el agua, la alimentación o las fibras, podría afectar a la competitividad de muchas industrias.

23. El calentamiento del planeta y el aumento de la radiación ultravioleta resultantes del agotamiento del ozono estratosférico pueden degradar la calidad del aire, por ejemplo incrementando el contenido de ozono a nivel del suelo en algunas zonas urbanas polucionadas. Un aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta B en la superficie de la Tierra acrecentaría el riesgo de lesiones oculares y epidérmicas y podría modificar la cadena alimentaria marina.

Zonas oceánicas y costeras

24. La elevación mundial de las temperaturas acelerará la elevación del nivel del mar y modificará la circulación oceánica y los ecosistemas marinos, produciendo así unas consecuencias socioeconómicas considerables. Estos efectos vendrán a añadirse a la actual tendencia ascendente del nivel del mar y a otras agresiones que ya han castigado bastante los recursos costeros, como la polución y la captura abusiva. Una elevación del nivel del mar de entre 30 y 50 cm (inferida para el año 2050) pondrá en peligro las islas bajas y zonas costeras. Una elevación de 1 m, de aquí a 2100 haría inhabitables algunos países insulares, desplazaría a decenas de millones de personas, pondría gravemente en peligro los núcleos urbanos próximos al nivel del mar, anegaría tierras productivas, contaminaría el suministro de agua dulce y modificaría el perfil de la costa. Todos estos efectos se verán agravados si las sequías y las tormentas ganan en intensidad. La protección de la costa entrañará gastos cuantiosos. La rápida elevación del nivel del mar modificará la ecología de las costas y amenazará numerosas e importantes zonas pesqueras. La disminución del volumen de hielo marino será una ventaja para el transporte marítimo, pero repercutirá gravemente en las aves y mamíferos marinos cuyo medio natural es el hielo.

25. En los océanos, se verán alterados el equilibrio térmico y las pautas de circulación oceánica, es decir, la capacidad del océano para absorber calor y CO₂ así como las corrientes ascendentes, que afectarán a las pesquerías. Los efectos variarán según la zona geográfica, originando

alteraciones del habitat, una menor diversidad biológica y un desplazamiento de los organismos marinos y de las zonas productivas que afectará a especies comercialmente importantes. Estas nuevas pautas regionales de las pesquerías tendrán importantes repercusiones socio-económicas.

Cubierta de nieve estacional, hielos y permafrost

26. En conjunto, disminuirán considerablemente tanto en extensión superficial como en volumen los elementos constitutivos de la criosfera terrena (la cubierta de nieve estacional, las capas de permafrost próximas a la superficie y algunas masas de hielo). A escala regional, estas reducciones podrían tener efectos significativos en los ecosistemas vinculados al medio y en la actividad social y económica. En algunas regiones, la situación se complica por el hecho de que, como consecuencia del efecto multiplicativo del aumento de las temperaturas, la disminución podría ser repentina, y no gradual.

27. Según se prevé, tanto la superficie de la cubierta de nieve estacional como su duración decrecerán en casi todas las regiones, especialmente en latitudes medias, con la posibilidad de que en algunas regiones de latitud alta se registre un aumento. Las variaciones de volumen de la cubierta de nieve y su duración estacional tendrán en ambos casos efectos positivos y negativos sobre los recursos hídricos regionales (como resultado de los cambios en cuanto a volumen y fecha de comienzo de las escorrentías de nieve fundida), sobre los transportes regionales (por carretera, mar, aire y ferrocarril) y sobre el sector recreativo.

28. En conjunto, el hielo que contienen los glaciares y los mantos de hielo podría disminuir complicándose las respuestas a nivel regional por el hecho de que, las precipitaciones de nieve en algunas áreas aumentarían, provocando así una acumulación de hielo. La recesión glacial tendrá repercusiones importantes sobre los recursos hídricos regionales y locales y, por ende, sobre la disponibilidad de agua y de energía hidroeléctrica y, sumada al adelgazamiento del manto de hielo, contribuirá a elevar el nivel del mar.

29. El permafrost, sobre el que actualmente descansa un 20 a 25% de la masa no oceánica del hemisferio norte, podría experimentar una degradación considerable durante los próximos 40-50 años. El inferido aumento de espesor de la capa (activa) de congelación-deshielo que descansa sobre el permafrost y una recesión del permafrost a latitudes y altitudes mayores podrían dar lugar a una mayor inestabilidad del terreno, a erosiones y a corrimientos de tierra en las áreas bajo las que actualmente existe permafrost. Ello podría alterar notablemente los ecosistemas de la corteza superior y deteriorar las estructuras y los medios establecidos por el ser humano, lo cual repercutiría en los asentamientos humanos existentes y en las posibilidades de desarrollo.

Actuaciones futuras

30. Los resultados de los estudios del Grupo de Trabajo II subrayan la falta de conocimientos a este respecto, especialmente a nivel regional y en áreas sumamente vulnerables al cambio climático. Son necesarias, pues, más investigaciones nacionales e internacionales sobre los aspectos siguientes:

- efectos regionales del cambio climático en la productividad de los cultivos y de la ganadería, y en los costes de producción;
- identificación de las prácticas de ordenación agrícola y de la tecnología adecuadas en caso de que variase el clima;
- factores que influyen en la distribución de las especies, y su sensibilidad al cambio climático;
- puesta en marcha y mantenimiento de sistemas integrados de monitorización de los ecosistemas terrestres y marinos;
- evaluación a fondo de los recursos hídricos y de la calidad del agua, especialmente en países en desarrollo de zonas áridas y semiáridas, y de su sensibilidad al cambio climático;
- predicciones regionales de las variaciones de humedad del suelo, precipitación y regímenes de escorrentía de superficie y de subsuperficie, y de su distribución interanual, como resultado del cambio climático;
- evaluación de la vulnerabilidad de los países ante el aumento o disminución de recursos energéticos, especialmente de biomasa y energía hidroeléctrica en los países en desarrollo;
- adaptabilidad de las poblaciones humanas vulnerables frente al calor y a las enfermedades víricas y transmitidas por vectores;
- monitorización global de los cambios de nivel del mar, especialmente en los países insulares;
- identificación de las poblaciones y de la producción agrícola e industrial que están en peligro en áreas costeras e islas;
- una mejor comprensión de la naturaleza y dinámica de las masas de hielo y de su sensibilidad al cambio climático;
- incorporación, en el proceso de planificación general, de información sobre los efectos del cambio climático, especialmente en países en desarrollo;
- elaboración de una metodología para evaluar la

sensibilidad de los medioambientes y de los sistemas socioeconómicos frente al cambio climático;

31. Algunas de estas cuestiones están ya contempladas en programas tanto actuales como propuestos, que requerirán un apoyo continuo. Existen, en particular, tres proyectos básicos del Programa Internacional Geosfera-Biosfera que en los próximos años proporcionarán datos valiosos:

- interacciones tierra-océano en zonas costeras
- aspectos biosféricos del ciclo hidrológico
- impacto del cambio mundial en la agricultura y en la sociedad.

1. Escenarios

1.0.1 La aparición de alteraciones inducidas por el aumento de emisiones contaminantes habrá de examinarse en el contexto de otros cambios que están ya ocurriendo - y que seguirán ocurriendo - ocasionados por otros factores; por ejemplo:

- alteraciones naturales: cambios de larga duración causados por factores solares y tectónicos, y cambios de duración corta y media que son consecuencia de las pautas de circulación oceánica y atmosférica;
- crecimiento demográfico: según las predicciones, la población mundial rebasará a mediados del próximo siglo los 10.000 millones de habitantes; este crecimiento se distribuirá irregularmente a escala regional y afectará a áreas que son ya vulnerables;
- nuevas pautas de utilización de las tierras; la tala de bosques en beneficio de la producción agrícola y una utilización más intensa de las tierras agrícolas contribuirán a la degradación del suelo y aumentarán la demanda de recursos hídricos.

1.0.2 Habría sido de desear que el Grupo de Trabajo I hubiese tenido tiempo de confeccionar escenarios de cambios climáticos inducidos por emisiones, que le habrían servido de base para sus análisis - lo que no fue posible, ya que los trabajos se llevaron a cabo paralelamente. A fin de poder terminar a tiempo, el Grupo de Trabajo II ha utilizado varios escenarios tomados de otros autores.

1.0.3 Estos escenarios se caracterizan, en general, por lo siguiente:

- i) una duplicación efectiva del exceso de CO₂ atmosférico - con respecto a la era preindustrial - de aquí a 2025-2050 si todo siguiese como hasta ahora y sin que se modificasen las políticas actuales;
- ii) un aumento de la temperatura media mundial del orden de 1,5°C a 4,5°C, correspondiente a la duplicación efectiva del CO₂;
- iii) una distribución mundial desigual de este aumento de temperatura, es decir, un aumento de la mitad del valor medio en las regiones tropicales, y del doble en las regiones polares;
- iv) una elevación del nivel del mar de 0,3 a 0,5 m aproximadamente para el año 2050, y de aproximadamente 1 m para 2100, junto con una elevación de la temperatura de la capa superficial oceánica de entre 0,2° y 2,5°.

1.0.4 Pueden compararse estos escenarios con la reciente evaluación del Grupo de Trabajo I, que predice, de seguir todo como hasta ahora, un aumento de las temperaturas mundiales de aproximadamente 1°C de aquí al año 2025, y

de 3°C antes del final del próximo siglo. Sin embargo, también ha estimado que el nivel del mar aumentará unos 20 cm de aquí a 2030, y unos 65 cm antes del final del próximo siglo. No obstante, los efectos que se derivarían de una elevación de 1 a 2 m sirven de aviso sobre las consecuencias que, de continuar como hasta ahora, pueden tener las emisiones no controladas.

1.0.5 El menor de estos valores no tranquiliza mucho a los habitantes de las pequeñas islas, especialmente en los océanos Pacífico e Índico y en el Caribe, ni a las poblaciones, más numerosas, de las zonas costeras próximas al nivel del mar, como en Bangladesh. Es difícil predecir con certeza los efectos regionales que tendrá la elevación del nivel del mar. En otro orden de cosas, se producen también variaciones notables de dicho nivel por diversas causas, así como variaciones importantes de los niveles terrestres debidos al movimiento de las placas tectónicas que también puede producir elevaciones y descensos.

1.0.6 Los escenarios del Grupo de Trabajo II han sido obtenidos tanto a partir de modelos de circulación general como de técnicas paleoanalógicas. Para la evaluación del cambio climático, algunos científicos soviéticos proponen un sistema de equivalencias paleoclimáticas. Este método consiste en tomar como referencia períodos geológicos anteriores cálidos para deducir conclusiones acerca de la posible evolución del clima. Los modelos de circulación general elaborados por científicos occidentales están basados en representaciones matemáticas tridimensionales de los procesos físicos atmosféricos y de las interacciones de la atmósfera con la superficie de la tierra y los océanos. Como se indica en el informe del Grupo de Trabajo I, las virtudes y defectos de cada uno de estos métodos son objeto de un vivo debate científico.

1.0.7 Los escenarios paleoclimáticos contemplados por los científicos soviéticos se basan en tres períodos geológicos cálidos, a los que se aplican estimaciones de los niveles futuros de concentración de CO₂ (véase el Cuadro 1). Aunque a primera vista las predicciones así obtenidas son análogas, para diferentes concentraciones de CO₂, a las deducidas mediante modelos de circulación general, no queda claro cuáles son los factores causantes de los cambios climáticos geológicos. Con todo, este método ha sido aplicado para efectuar predicciones regionales de cambios climáticos en la Unión Soviética.

1.0.8 Aunque en su estado actual los modelos de circulación general proporcionan una descripción relativamente no muy elaborada de muchos de los procesos en juego, permiten no obstante simular cambios regionales vinculados a diversas concentraciones de CO₂ atmosférico. El Grupo de Trabajo I se ha inclinado por los modelos de circulación general como medio para elaborar sus predicciones de aumento de las temperaturas y de variación de las precipitaciones. En su informe se ofrecen estimaciones para el año 2030 referentes a la región central de América del norte, Asia meridional, el Sahel, Europa

Estimación de alteraciones regionales realizada por el Grupo de Trabajo I

(Escenario "de seguir todo como hasta ahora" del IPCC; variaciones con respecto al período preindustrial)

Estas estimaciones están basadas en modelos de alta resolución, ajustados a escala de modo que arrojen un valor medio de elevación de temperatura mundial de 1,8°C, coherente con el mejor valor estimado (2,5°C) de respuesta climática a los gases de efecto invernadero. Para el valor inferior de estimación, de 1,5°C, los valores serán inferiores en un 30%, mientras que para el valor superior, de 4,5°C, se aumentarán en un 50%. El grado de fiabilidad de estas estimaciones es bajo.

Región central de América del norte (35°-50°N, 85°-105°W)

El aumento de temperatura oscila entre 2° y 4°C en invierno y entre 2° y 3°C en verano. El aumento de las precipitaciones varía entre 0% y 15% en invierno, con una disminución de entre 5% y 10% en verano. La humedad del suelo disminuye en verano de un 15% a un 20%.

Asia del sur (5°-30°N, 70°-105°E)

El calentamiento oscila entre 1° y 2°C a lo largo de todo el año. Las precipitaciones varían poco en invierno y, en términos generales, aumentan en todas las regiones entre un 5% y un 15% en verano. La humedad del suelo en verano aumenta entre un 5% y un 10%.

Sahel (10°-20°N, 20°W-40°E)

La elevación de temperatura es de entre 1° y 3°C. Las precipitaciones medias por unidad de área aumentan y la humedad media del suelo por unidad de área disminuye mínimamente en verano. Sin embargo, hay zonas de la región (distintas según el modelo) en que ambos parámetros aumentan y disminuyen.

Europa meridional (30°-50°N, 10°W-45°E)

El incremento térmico es de aproximadamente 2°C en invierno y de entre 2° y 3°C en verano. Existen indicios de un aumento de las precipitaciones en invierno, mientras que en verano las precipitaciones disminuyen entre un 5% y un 15%, y la humedad del suelo entre un 15% y un 25%.

Australia (12°-45°S, 110°-155°E)

El calentamiento es de 1° ó 2°C en verano, y de 2°C aproximadamente en invierno. Las precipitaciones aumentan en verano en torno al 10%; los modelos utilizados no proporcionan estimaciones coherentes de las variaciones de humedad del suelo. Los promedios por unidad de área encubren grandes variaciones a nivel subcontinental.

meridional y Australia. Estos valores figuran en el cuadro precedente y son, a grandes rasgos, parecidos a los empleados por el Grupo de Trabajo II.

1.0.9 Pese a las actuales incertidumbres, ambas técnicas han sido utilizadas por el Grupo de Trabajo II como medio para la predicción de impactos regionales en ayuda de los diseñadores de políticas. Las predicciones de precipitación a nivel regional plantean ciertos problemas dado que, como consecuencia de simplificaciones en la representación de

procesos físicos complejos, existe desacuerdo entre los resultados previstos por diversos modelos de circulación general. Se está investigando actualmente la manera de mejorar este tipo de modelos y su grado de resolución a fin de perfeccionar la predicción regional. Por otra parte, el método paleoanalógico predice unos escenarios de precipitación diferentes de los obtenidos a partir de modelos de circulación general, con lo que las predicciones de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos y en la agricultura no son coincidentes. Los científicos soviéticos

Cuadro 1 Equivalencias paleoclimáticas utilizadas por científicos soviéticos

Período	Equivalencia (año)	Temperatura (diferencia con respecto a la actual)	Concentración de CO ₂ en el pasado (ppm)	Concentración supuesta de CO ₂ (ppm)
Holoceno óptimo	2000	+1	280	380
Ecmio interglacial	2025	+2	280	420
Plioceno	2050	+4	500-600	560

están tratando de validar sus técnicas y de mejorar los escenarios regionales.

1.0.10 Conviene señalar que, en muchas ocasiones, el impacto global viene determinado por los cambios de magnitud y frecuencia de fenómenos extremos en mayor medida que por la alteración de los valores medios, como sucede especialmente en el caso de las tormentas tropicales y las sequías. Aunque según el estudio del Grupo de Trabajo I, la probabilidad de que aumente la frecuencia de los fenómenos extremos es pequeña, resulta perfectamente posible que la alteración de los regímenes climáticos haga variar dicha frecuencia en ciertas regiones.

1.0.11 Una cuestión importante a la que no se ha prestado apenas atención se refiere a la manera en que las posibles estrategias de respuesta (elaboradas por el Grupo de Trabajo III) pueden repercutir en los escenarios que aquí se utilizan. Así, por ejemplo, un viraje decidido en cuanto a los medios de producción de energía que sustituyese los combustibles fósiles por los nucleares por fuentes de energía renovables podría modificar drásticamente estas evaluaciones. Igualmente, una modificación de las prácticas agrícolas podría alterar espectacularmente el rendimiento de determinados cultivos en ciertas regiones. Este tema deberá examinarse mucho más en detalle.

1.0.12 A pesar de todas estas incertidumbres, la evaluación de los efectos potenciales del cambio climático es posible si se estudia la sensibilidad de los sistemas naturales frente a variaciones de magnitud apreciable. Este método se resume en las secciones que siguen, clasificadas en: agricultura y silvicultura; ecosistemas terrestres; hidrología y recursos hídricos; asentamientos humanos, energía, transporte, industria, salud humana y calidad del aire; zonas oceánicas y costeras; cubierta estacional de nieve, hielos y permafrost.

RESUMEN DE CONCLUSIONES

2. Impactos potenciales del cambio climático en agricultura, explotación de la tierra y silvicultura

2.1 Efectos potenciales en la agricultura

Conclusiones principales

- Se dispone ya de pruebas suficientes, proporcionadas por diferentes estudios, que indican que los cambios del clima tendrán un efecto importante en la agricultura y en la ganadería. Sin embargo, es preocupante el hecho de que subsistan claras incertidumbres en cuanto a los efectos probables en determinadas regiones. Los estudios todavía no han determinado de modo concluyente si el potencial agrícola mundial aumentará o disminuirá por término medio.

- A nivel regional, podrían experimentarse efectos negativos como consecuencia de variaciones en el estado del tiempo o de enfermedades, plagas o vegetación dañina vinculadas al cambio climático, por lo que se necesitaría innovar la tecnología y las prácticas de explotación agraria. En algunas regiones podrían registrarse efectos graves, especialmente en aquellas que hoy en día son más vulnerables y están menos capacitadas para adaptarse tecnológicamente a ellos.
- La productividad en latitudes altas y medias podría registrar un aumento debido a una mayor duración de la estación de cultivo, pero no es probable que ello dé acceso a nuevas y extensas áreas de producción, y el fenómeno se limitará mayormente al hemisferio norte.
- En conjunto, todo parece indicar que si se produjesen los cambios del clima estimados, la producción alimentaria a nivel mundial podría seguir manteniéndose esencialmente al mismo nivel que si no se hubiese producido el cambio, aunque se desconoce a qué coste. Lo que sí puede suceder es que los cambios climáticos acentúen la dificultad de dar una respuesta al rápido crecimiento demográfico.

Cuestiones principales

Magnitud de los posibles trastornos

2.1.1 Las variaciones del potencial productivo que, según el presente informe, ocasionarían los cambios estimados del clima podrían encarecer la producción de algunos cultivos de latitudes medias, como maíz o haba de soja, en razón de una leve disminución neta de la capacidad de producción mundial de estos cultivos. La producción de arroz podría, por el contrario, aumentar en Asia sudoriental si aumentase la humedad útil, pero este efecto podría verse mermado por un aumento de la nubosidad y de la temperatura. De ese modo, el aumento mundial de los costes globales de producción ocasionado por el cambio climático no sería, en promedio, muy elevado.

2.1.2 Mucho de lo que pueda ocurrir dependerá de las ventajas que reporten los efectos “directos” del aumento de CO₂ en el rendimiento de los cultivos. Si la productividad de las especies de cultivo mejorase apreciablemente y aumentase la humedad útil en algunas zonas principales de producción, la producción mundial de cereales básicos podría crecer más aprisa que la demanda. Si, por el contrario, los beneficios directos del efecto del CO₂ fueran escasos y los cambios climáticos disminuyeran las posibilidades agrícolas de las principales regiones exportadoras de alimentos, los costos medios de la producción agrícola mundial podrían aumentar considerablemente como consecuencia del cambio climático.

Regiones y sectores más vulnerables

2.1.3 La capacidad limitada de los recursos en proporción a la población actual, así como la posibilidad de una disminución de los recursos agrícolas básicos como consecuencia de una menor disponibilidad de agua para los cultivos, sugieren que las regiones más vulnerables al cambio climático se clasifican, en general, en dos tipos básicos: i) ciertas regiones semiáridas, tropicales y subtropicales (como Arabia occidental, el Magreb, la región más occidental de África, la región del Cabo de Hornos y África meridional, Brasil oriental); ii) ciertas regiones tropicales y ecuatoriales húmedas (como Asia del sureste y América central).

2.1.4 Además, ciertas regiones que en la actualidad son exportadoras netas de cereales podrían acusar una merma de su potencial productivo como consecuencia de los cambios climáticos. Un descenso de la producción en estas regiones podría influir notablemente en la evolución de los precios alimentarios mundiales y en las pautas del comercio. Algunas de estas regiones podrían ser Europa occidental, la parte meridional de Estados Unidos, ciertas partes de América del sur y Australia occidental.

Efectos de la alteración de los valores climáticos extremos

2.1.5 En ocasiones, variaciones relativamente pequeñas de los niveles medios de lluvia y temperatura pueden repercutir notablemente en la frecuencia de los valores extremos de calor y humedad. Así, por ejemplo, una elevación de entre 1°C y 2°C de la temperatura media anual podría incrementar considerablemente el número de días muy calurosos potencialmente perjudiciales para los cultivos o el ganado en zonas templadas. Del mismo modo, un descenso de los niveles medios de humedad del suelo a causa de una evapotranspiración más rápida podría incrementar apreciablemente el número de días en que la disponibilidad de agua para determinadas cosechas estuviese bajo mínimos.

2.1.6 Aunque es aún poco lo que se sabe sobre la manera en que la frecuencia de los fenómenos extremos podría resultar alterada por el cambio climático, los efectos de una recurrencia de sequías o calores extremos en las principales regiones exportadoras de alimentos del mundo podrían ser graves. Además, variaciones relativamente pequeñas de ciertos valores (disminución de lluvia, variación de la distribución de pluviosidad, o aumento de la evapotranspiración) podrían aumentar notablemente la probabilidad, la intensidad y la duración de las sequías en regiones actualmente propensas a este fenómeno (y frecuentemente deficitarias en alimentos). El aumento del riesgo de sequía es, en potencia, el peor de los efectos que el cambio climático podría inducir en la agricultura, tanto a escala regional como mundial.

Efectos sobre el potencial de desarrollo de los cultivos, la degradación de las tierras, las plagas y las enfermedades

2.1.7 El aumento de los niveles de CO₂ atmosférico intensificará probablemente la rapidez de crecimiento de ciertos cultivos de cereales, como el trigo o el arroz, aunque no de otros, como es el caso del mijo, el sorgo o el maíz. Con unos mayores niveles de CO₂, el aprovechamiento del agua por las especies de cultivo podría ser mucho más eficaz. Sin embargo, no está claro en qué medida los efectos potencialmente beneficiosos "inmediatos" de una mayor concentración atmosférica de CO₂ se manifestarán en el terreno de cultivo.

2.1.8 La elevación de las temperaturas originará probablemente un desplazamiento hacia los polos de los límites térmicos de cultivo que, a su vez, podría incrementar el potencial productivo en latitudes elevadas. Sin embargo, es posible que las características de los suelos o de los terrenos contrarrestasen buena parte de este potencial. Además, el desplazamiento de los límites de humedad en algunas regiones semiáridas y subhúmedas podría originar importantes mermas del potencial productivo, cuya repercusión en el abastecimiento de alimentos a nivel regional podría ser grave en algunos países en desarrollo. En latitudes medias, la producción hortícola podría experimentar una disminución como consecuencia de una asiduidad insuficiente de fríos invernales. Las repercusiones del cambio climático serán mucho mayores en los cultivos de especies frutales longevas, cuyos períodos de desarrollo son largos, que en los cultivos anuales, en que las plantas pueden ser rápidamente sustituidas por otras.

2.1.9 El aumento de las temperaturas podría ampliar el radio de acción de ciertas plagas de insectos, enfermedades o plantas indeseadas, a medida que el atemperamiento de ciertas regiones convirtiese a éstas en hábitats más propicios. Asimismo, la variación de las temperaturas y de las precipitaciones podría influir en las características de los suelos.

Repercusiones a escala regional

2.1.10 La influencia del cambio climático en el rendimiento de los cultivos podría variar dentro de un amplio margen, tanto en función de las características del cambio como de las modalidades de agricultura.

2.1.11 En las regiones septentrionales de latitud media, donde la desecación estival podría disminuir el potencial productivo (por ejemplo, en el sur y centro de Estados Unidos y en Europa meridional), la disminución prevista es de entre 10% y 30% para una concentración doble de CO₂ en equilibrio a mediados del siglo próximo. Hacia el borde septentrional del actual núcleo de esas regiones, sin embargo, la elevación de temperatura podría mejorar el potencial productivo en términos climáticos. Si a esto se suman los efectos directos del CO₂, el aumento del potencial

climático podría ser considerable, aunque en la práctica pudiera estar limitado por el tipo de suelo o de terreno, o por la forma de utilización de las tierras.

2.1.12 Determinadas indicaciones sugieren que el calentamiento podría originar en términos globales una disminución del potencial cerealero en América del norte y Europa meridional, contra un aumento en Europa septentrional. La elevación de temperaturas podría propiciar una mayor producción agrícola en las proximidades del actual confín septentrional de la zona productiva soviética y norteamericana, aunque en la parte meridional de estas regiones la productividad sólo se incrementaría en la medida en que aumentase la humedad del suelo, algo que por el momento no se sabe si ocurrirá.

2.1.13 No es mucho lo que se sabe acerca de las posibles repercusiones en las regiones tropicales semiáridas y húmedas, dado que en ellas el potencial productivo está en función de la disponibilidad de agua y, hasta el momento, no se han determinado con claridad las nuevas pautas regionales de precipitación. Con todo, es prudente suponer que la disponibilidad de agua para cultivo podría disminuir en algunas regiones. Si así ocurriese, el abastecimiento de alimentos podría experimentar un importante trastorno a nivel regional.

Adaptación de la agricultura

2.1.14 Según las estimaciones, en algunas partes del mundo los límites agroclimáticos experimentarán un desplazamiento hacia el norte de entre 200 y 300 km por cada grado de aumento de la temperatura. En altitud, el ascenso de las zonas térmicas situadas sobre las laderas de montaña podría ser del orden de 150 a 200 m.

2.1.15 En un contexto de limitaciones económicas y tecnológicas, la agricultura posee cierta capacidad de adaptación al cambio climático, siempre que la rapidez o el alcance de dicho cambio no excedan de determinada magnitud. Esta capacidad varía notablemente según las regiones o sectores, aunque hasta el momento no se dispone de ningún estudio detallado al respecto.

2.1.16 En algunos climas muy variables, los cultivadores pueden adaptarse mucho más fácilmente que en regiones de clima más uniforme. Sin embargo, en economías de países en desarrollo y, en particular, para ciertos tipos marginales de agricultura, esta capacidad intrínseca de adaptación puede ser mucho menor. Es importante poner en claro en qué consiste esta capacidad de adaptación para, posteriormente, poder determinar los valores críticos de rapidez y alcance del cambio climático, a partir de los cuales el sistema pierde su capacidad de reajuste.

Iniciativas recomendadas

2.1.17 Se ha señalado ya la insuficiencia de nuestros actuales conocimientos en esta materia. Es, pues, evidente

que una mayor información sobre las posibles repercusiones del cambio climático ayudará a determinar cuáles son las respuestas útiles que pueden darse a este fenómeno y cuáles de entre ellas son las más valiosas.

2.1.18 Algunas investigaciones que es prioritario realizar son:

- Un conocimiento mejor de los efectos del cambio climático sobre la productividad agrícola y pecuaria en distintas regiones y bajo diferentes planificaciones. Hasta el momento, no llegan a doce los estudios regionales completos que se han realizado, número que resulta insuficiente para poder extraer conclusiones generales sobre las repercusiones en la producción alimentaria a escala regional o mundial. Deberán alentarse especialmente las investigaciones sobre regiones vulnerables.
- Una mejor comprensión de los efectos del cambio climático sobre otros tipos de procesos físicos; por ejemplo: erosión del suelo y salinización; agotamiento de nutrientes del suelo; plagas, enfermedades y microorganismos del suelo y sus vectores; condiciones hidrológicas que afectan a la disponibilidad de agua de riego.
- Una comprensión más amplia de los efectos del cambio climático en los cultivos y en la ganadería, así como en la producción de granjas y pueblos y en el abastecimiento de alimentos a escala nacional y mundial. Este estudio es especialmente importante, ya que se hace necesario diseñar políticas que permitan dar una respuesta a esas alteraciones a escala nacional y mundial. Se necesita mayor información acerca de los efectos del cambio climático sobre la situación social y económica de las regiones rurales (por ejemplo, niveles de empleo e ingresos, tendencia a la nivelación social, infraestructura de granjas, y servicios auxiliares).
- Una mayor información sobre las posibilidades de introducir ajustes técnicos eficaces a nivel de granja y de población (por ejemplo, riegos, selección de cultivos, fertilizantes, etc.), y acerca de las limitaciones económicas y políticas que podrían sobrevenir. En particular, se recomienda que los centros nacionales e internacionales de investigación agrícola valoren las posibilidades de crear nuevos programas de investigación con objeto de determinar o desarrollar plantas de cultivo resistentes y prácticas de planificación adecuadas para nuevos tipos de clima.
- Una mayor información sobre las posibilidades de responder mediante políticas eficaces al cambio climático, tanto a escala regional como nacional o internacional (por ejemplo, mediante la sustitución de cultivos, modificación de especies vegetales, mejora de planes de extensión agraria, trasvases, etc.).

2.2 Posibles repercusiones en los bosques regimentados y en el sector silvícola

2.2.1 Los efectos del cambio climático que se han señalado más arriba conllevan un cierto grado de incertidumbre en cuanto a la magnitud del calentamiento y al volumen y distribución de las precipitaciones. Todos ellos reflejan una opinión común: se está produciendo un cambio cuyo agente causante es el ser humano; este cambio conlleva un aumento de las temperaturas, y su intensidad varía en función de la latitud y de los continentes.

2.2.2 Aunque la distinción entre bosque regimentado y no regimentado no siempre es clara, para nuestros fines se establecerá en función del mayor o menor grado en que el ser humano interviene en su existencia. En los bosques regimentados hay recolección, sustitución de árboles o reestructuración, de manera que se requiere algún tipo de aportación física para obtener resultados.

2.2.3 Los bosques regimentados se diferencian en gran medida de los no regimentados. Proporcionan una gran diversidad de productos, y se dan en muy distintos países y en entornos sociales, físicos y políticos distintos. El grado de regimentación puede no estar en relación con el grado de desarrollo económico, ya que no todos los países dependen de los productos forestales en la misma medida. Por consiguiente, la gravedad de los efectos variará según el país, al igual que la capacidad de hacer frente a ellos. En los países tropicales, los bosques regimentados están por lo general constituidos de especies exóticas, mientras que en los países septentrionales contienen más bien especies autóctonas.

Efectos biofísicos sobre los ecosistemas forestales

2.2.4 Las repercusiones sobre los ecosistemas forestales se harán sentir tanto en pequeña escala (árboles o emplazamientos pequeños) como a nivel de extensiones boscosas o a escala regional. En las especies forestales podría variar la tolerancia a la sequía y al viento, así como las fases de hibernación/foliación - que dependen de los ciclos estacionales - o la eficacia de la fotosíntesis o del aprovechamiento de agua. A nivel de emplazamientos pequeños, la humedad podría ser menor y los procesos biológicos del suelo podrían verse intensificados. La renovación forestal podría resultar afectada si durante la fase de asentamiento se experimentase un déficit de humedad.

2.2.5 A nivel de extensiones forestales, los insectos y las plagas podrían causar importantes pérdidas, tanto mayores cuanto más acentuado fuese el cambio. La gravedad de los incendios será mayor, y el hecho de que los bosques regimentados no tengan tanto potencial de combustión como los ecosistemas libres no afectará a la incidencia de los incendios ni influirá en las condiciones meteorológicas que determinen la rapidez de propagación o la amplitud del área

quemada. Los países desarrollados tienen gran dificultad para hacer frente a la situación actual, y la extensión de los bosques incendiados parece ir en aumento. La incidencia de los incendios podría ser menor en los trópicos, donde el clima es menos variable, pero numerosas plantaciones en zonas semiáridas acusarán impactos negativos. El aumento de nivel de los mares y la alteración de las pautas del tiempo darán asimismo origen a inundaciones de graves consecuencias. Las condiciones climatológicas adversas afectarán también a la calidad de las maderas, circunstancia que obligará a su vez a costosos desplazamientos de instalaciones industriales, a medida que las extensiones madereras se desplacen hacia el norte. Desde un punto de vista general, la característica principal de todos estos efectos es su falta de homogeneidad y, en cuanto a los países, la mejor preparación de algunos para hacer frente a la nueva situación.

2.2.6 La alteración del clima podría transformar considerablemente las principales zonas forestales y la variedad de su flora. Según varios estudios relativos al hemisferio norte, tanto las lindes septentrionales como meridionales de los bosques de regiones templadas y septentrionales (y sus especies) podrían desplazarse centenares de kilómetros hacia el polo. Por el contrario, los estudios sobre el hemisferio sur indican que las especies australianas podrían adaptarse y vivir a temperaturas muy superiores a las que han determinado su distribución actual.

2.2.7 A nivel de extensiones forestales, otros efectos previsibles son los siguientes: mayor mortalidad de árboles como consecuencia de una climatología más rigurosa; mayor susceptibilidad y propensión a la presencia de insectos y plagas; mayor probabilidad de incendios; variación, tanto en sentido positivo como negativo, de los índices de crecimiento; mayor dificultad de repoblación, tanto espontánea como artificial; y alteración de la composición de las especies que habitan los bosques.

2.2.8 Dos son los tipos de bosques potencialmente más sensibles a la alteración del clima: i) los bosques boreales, en que la edad de sus ejemplares es uniforme, y donde con frecuencia la temperatura es un factor limitativo cuya variación será probablemente considerable; ii) los bosques de regiones áridas y semiáridas, en que un aumento de las temperaturas no acompañado de un mayor nivel de precipitaciones podría crear unas condiciones inhabitables para las especies actuales. En contrapartida, estos efectos negativos podrían resultar compensados por un aumento de los ritmos de crecimiento, como consecuencia de los nuevos niveles de CO₂.

Implicaciones socioeconómicas

2.2.9 En todos los países, los bosques constituyen un recurso que permite obtener combustible y alimentos. Sin embargo, en algunos la dependencia de la población con respecto a esos recursos es mucho mayor. Los ecosistemas forestales cambian, y la distribución de los árboles no

conoce fronteras políticas ni administrativas. Aunque en todos los casos la ordenación forestal supone una inversión considerable, algunos países pueden permitirse más que otros el riesgo de efectuar una inversión o la posibilidad de perderla.

2.2.10 Los bosques en régimen de explotación intensiva exigen un esfuerzo considerable en términos de elección de especies, enclaves, espaciamiento, cuidados, aligeramiento, fertilización y protección. Todo ello cuesta dinero, por lo que algunos países podrían no disponer del potencial necesario para efectuar, mantener y proteger ese tipo de inversiones.

2.2.11 El aumento de los costes de protección afectará más a unos que a otros, y podría inducir a los países más pobres a acelerar la recolección, acortar los períodos de rotación o iniciar otras prácticas agrícolas, careciendo quizá de capacidad para ello. Sería de desear un mejor conocimiento de estos efectos secundarios, y poco evidentes, del cambio climático. En muchos países, las repercusiones sociales podrían afectar negativamente también a los bosques, por ejemplo en forma de incendios o daños deliberados.

2.2.12 Las consecuencias socioeconómicas de una alteración en la composición de especies arbóreas se verán influidas por la circunstancia de que el espontáneo cambio climático será probablemente demasiado rápido para permitir una adaptación espontánea de las especies de árboles (por ejemplo, mediante migración pasiva).

2.2.13 Además, determinadas áreas podrían volverse inhóspitas después de haber estado sometidas durante miles de años a regímenes climáticos y de vegetación distintos. La mayor o menor idoneidad de las nuevas distribuciones, y la composición y pautas de crecimiento de los bosques en el nuevo entorno climático, serán independientes de las demarcaciones no ecológicas (por ejemplo, cuencas fluviales, propiedades, parques, reservas naturales o áreas recreativas).

2.2.14 En conclusión, es más probable que el cambio climático agrave las situaciones a corto plazo que no el efecto contrario ya que, según las previsiones, en los próximos 30 a 50 años el cambio climático propiciará en todos los bosques del planeta una degradación más o menos acentuada. Además, esta degradación coincidirá con un importante aumento de la población, y, por lo tanto, de la demanda de recursos. Sólo si en algunas regiones los bosques no acusasen los efectos del cambio climático o respondiesen a éste con un mayor ritmo de crecimiento podrían aliviarse, al menos en parte, los problemas y tensiones que se han señalado.

Adaptación

Para atenuar la susceptibilidad de los sistemas socioeconómicos al decaimiento de bosques que se

producirá con el cambio climático existen muy diversos recursos. Se dispone, en primer lugar, de toda una serie de medios de ordenación forestal, cuya aplicabilidad dependerá de las condiciones locales, si bien en algunos casos su aplicación podría perjudicar a otros indicadores, por ejemplo la flora y fauna silvestres, o ciertos usos recreativos.

2.2.16 Con respecto al abastecimiento de madera, la industria de elaboración de productos forestales puede orientar su tecnología a la producción de nuevos tipos y calidades de fibras, y planificar la instalación de nuevas plantas en regiones cuyo potencial maderero vaya en aumento. Por su parte, las administraciones pueden propiciar una diversificación de la economía en aquellas comunidades que dependen de la producción forestal y optimizar la planificación económica a largo plazo en función de las nuevas posibilidades forestales que se prevean. Las instalaciones recreativas constituyen otro de los sectores económicos importantes que dependen de los recursos forestales. Tanto el Estado como las empresas privadas deberán prever los tipos de alteración que experimentará el paisaje y, en consecuencia, modificar su planificación para adaptar las inversiones a la nueva situación.

Actuaciones recomendadas

2.2.17 La capacidad de hacer frente a las repercusiones del cambio climático sobre el sector forestal está en relación con el volumen de información disponible. Hay cuestiones acerca de las cuales no existe todavía una respuesta clara; no es posible prever, por ejemplo, si este tipo de problemas seguirá teniendo en un futuro el mismo grado de prioridad. En cuanto a los estudios sobre las repercusiones socioeconómicas, deberán ser de alcance mundial y reflejar un contenido histórico e institucional, y deberán estar organizados a escala internacional. Necesitamos disponer de escenarios climáticos a escala regional y de una mejor información tanto sobre la respuesta de los bosques al cambio climático como sobre la relación biológica existente entre la especie y el enclave y sobre la variabilidad natural de las especies. Las alteraciones del clima ponen de manifiesto la necesidad de estrategias de ordenación del sector forestal. Es también necesario conocer más a fondo en qué medida la regimentación forestal puede paliar las consecuencias del cambio climático, así como aprovechar las oportunidades que éste brinde.

2.2.18 Una de las principales consecuencias que empiezan a hacerse patentes será el temor de la población, en particular de quienes dependen del sector forestal para su subsistencia. Para hacer frente a un problema así, de orden biológico más bien que ideológico, será necesaria la colaboración de la población a la hora de llevar a la práctica las decisiones.

2.2.19 Las investigaciones sobre los impactos socioeconómicos del cambio climático deberán centrarse en los climas de transición de las próximas décadas, y no sólo en determinados momentos del futuro. De ese modo se

reflejará la vida real de la gente, en lugares concretos y en el momento real en que se desarrolla. Así pues, no es desatinado prevenir las consecuencias del cambio mediante la aplicación de políticas biológicamente viables, aun en el caso de que las transformaciones sean mínimas.

2.2.20 El estudio de las alteraciones bioquímicas a escala mundial es muy complejo, y el panorama se complica aún más si introducimos como variable al ser humano, que es, sin embargo, el elemento decisivo a la hora de estudiar los sistemas ecológicos. Su existencia obliga a tener en cuenta los imperativos de tipo institucional y las influencias económicas y políticas que recaen sobre los distintos pueblos, así como la diversidad cultural que caracteriza y puede llegar incluso a determinar nuestros actos.

2.2.21 Ni siquiera del propio cambio climático se conocen con claridad su naturaleza o su distribución en el tiempo y en el espacio, ni en qué manera el nuevo clima podría afectar a los bosques y a sus terrenos o en qué medida influirá esta situación en nuestra utilización de los bosques. Además, apenas se ha estudiado todavía qué medios podría emplear la sociedad para hacer frente a las transformaciones del medio ambiente y de la situación socioeconómica en un contexto en que éstos evolucionan rápidamente con independencia del cambio climático.

2.2.22 A fin de arrojar luz sobre estas repercusiones, algunos de los conceptos importantes sobre los que convendría realizar estudios de investigación y evaluación próximamente (en los primeros años 90) son: i) escenarios climáticos regionales de mayor fiabilidad; ii) simulación de impactos del cambio climático en bosques regimentados; iii) modelizaciones que permitan comprender mejor la correspondencia entre especies y enclaves; iv) estudios sobre la utilidad de la regimentación forestal como factor atenuante de las repercusiones negativas del cambio climático y como medio de aprovechamiento de sus efectos beneficiosos; v) estudios regionales sobre la posible alteración de los habitats naturales y sobre las posibilidades del sector recreativo en bosques que vayan a resultar afectados por el cambio climático; vi) estudios regionales sobre las posibles repercusiones socioeconómicas que las fluctuaciones en el abastecimiento de madera ocasionadas por el cambio climático tendrán en las comunidades rurales e industrias, en el mercado y comercio de productos forestales y en las administraciones; vii) estudios sinópticos sobre posibles políticas forestales que permitan hacer frente al cambio climático; viii) evaluación periódica, mediante teledetección, del grado de destrucción de las selvas tropicales.

3. Posibles repercusiones del cambio climático sobre los sistemas naturales de la Tierra, y sus consecuencias socioeconómicas

Conclusiones principales

3.0.1 Algunas de las conclusiones principales son:

- A escala mundial, el aumento de la concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero y los cambios climáticos concomitantes repercutirán notablemente en los ecosistemas naturales del planeta y en sus sistemas socioeconómicos.
- Las zonas climáticas podrían experimentar un desplazamiento de varios centenares de kilómetros hacia los polos. En un primer momento, la flora y la fauna quedarían rezagadas en los entornos que ahora ocupan y, por consiguiente bajo el efecto de regímenes climáticos distintos.
- La rapidez con que se produzcan los cambios será el principal factor determinante del tipo e intensidad del impacto sobre los ecosistemas naturales. Probablemente, esta rapidez será mayor que la rapidez de adaptación de algunas especies, que podrá ser rápida o gradual.
- Los nuevos regímenes climáticos podrían ser más inhóspitos en determinadas circunstancias (por ejemplo, en latitudes inferiores y altitudes) y más benignos en otras (por ejemplo, hacia latitudes elevadas). Según las proyecciones, los cambios en las zonas de vegetación serán más acusados en los desiertos polares, tundras y bosques boreales.
- No es de esperar que los ecosistemas se desplacen como un todo, sino más bien que alteren su estructura para responder a la nueva distribución y abundancia de especies.
- La agudización de los rigores climáticos podría causar la desaparición de algunas especies y, por lo tanto, una menor diversidad biológica del planeta, mientras que en otros entornos la disminución de la presión ambiental podría favorecer el desarrollo de otras especies.
- Las comunidades más sensibles son aquellas que cuentan con menos posibilidades de adaptación (por ejemplo, las que viven en entornos montañosos, alpinos, polares, insulares o costeros, en extensiones de vegetación residuales y en patrimonios o reservas naturales), y aquellas en que el cambio climático venga a añadirse a otros tipos de presiones.

- En algunas zonas podría registrarse un mayor número de plagas e incendios, fenómenos que, a su vez, intensificarían finalmente las alteraciones proyectadas de los ecosistemas.
- Los efectos inmediatos de una mayor concentración de CO₂ en la atmósfera podrían acelerar el crecimiento de las plantas y mejorar el aprovechamiento del agua y la tolerancia a la salinidad, aunque estos efectos podrían resultar posteriormente atenuados por la retroacción sobre el ecosistema. También el aumento de la polución atmosférica podría contrarrestar este efecto beneficioso.
- Las consecuencias socioeconómicas de estas repercusiones serán importantes, especialmente en regiones del planeta en que las sociedades y sus economías dependen de los ecosistemas naturales para su bienestar. En la medida en que estos ecosistemas resulten afectados, la disponibilidad de alimentos, combustibles, medicinas, materiales de construcción y fuentes de ingresos se verá también alterada. Podrían asimismo verse afectados importantes productos de fibra, así como los sectores recreativo y turístico.
- las especies localizadas geográficamente (por ejemplo, las que habitan en islas o cumbres montañosas, en extensiones de vegetación residuales y en parques o reservas naturales);
- las especies genéticamente empobrecidas;
- los organismos especializados que habitan nichos específicos;
- las especies con escasa capacidad de dispersión;
- las especies de reproducción lenta;
- las poblaciones localizadas de especies anuales.

Cuestiones principales

3.0.2 Los cambios climáticos proyectados se traducirán para estos ecosistemas en un clima más cálido del que éstos han podido conocer a lo largo de su evolución más reciente; el ascenso de las temperaturas será entre 15 y 40 veces más rápido que en las pasadas transiciones de período glacial a interglacial. La conjunción de estos dos factores (la magnitud relativamente grande del cambio climático y su rapidez) provocarán alteraciones en los ecosistemas, haciendo prosperar algunas especies y limitando la viabilidad de otras que, en ciertos casos, podrían desaparecer.

3.0.3 Aunque nuestros conocimientos actuales no nos permiten estudiar a fondo y en todos sus aspectos las repercusiones del cambio climático sobre los ecosistemas naturales de la Tierra, podemos conjeturar sin embargo algunas consecuencias plausibles. Las estimaciones que se exponen a continuación están basadas en escenarios consistentes en una mayor concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y en la consiguiente alteración del clima mundial. Por no disponer de los estudios climáticos necesarios, no nos es posible evaluar las posibles consecuencias de una alteración de la variabilidad climática.

Especies especialmente sensibles

3.0.4 Son especialmente sensibles a las alteraciones del clima:

- las especies que viven en los confines de su radio de alcance óptimo (o más allá de éste);

3.0.5 Según esto, las especies de montaña y alpinas, las especies polares, las comunidades insulares y costeras y las reservas naturales y patrimoniales son las poblaciones que corren mayor peligro, ya que las especies que las componen podrían ser incapaces de sobrevivir o de adaptarse al cambio climático, puesto que sus posibilidades de adaptación serían limitadas.

Alteración de los contornos de las zonas de vegetación

3.0.6 Una elevación de la temperatura mundial entre 1,5°C y 4,5°C, sumada a una alteración de las precipitaciones, causaría el desplazamiento de las lindes de las zonas de vegetación e influiría en la composición de su flora y fauna. En los próximos cincuenta años, se espera un desplazamiento de esos contornos (por ejemplo, flora boreal-tundra, bosques de latitudes templadas, tierras de pastoreo, etc.), de varios centenares de kilómetros. El ritmo real de desplazamiento de las especies estará limitado, no obstante, por su propia capacidad de dispersión y por la presencia de obstáculos; así, en promedio, el avance será del orden de 10-100 m/año.

3.0.7 Las coníferas y las especies arbóreas termófilas de hoja ancha encontrarán ambientes propicios en regiones mucho más próximas a los polos. En la parte asiática septentrional de la URSS, el contorno de la zona avanzará entre 40° y 50° de latitud (500-600 km) hacia el norte. En el norte de Eurasia, la tundra probablemente desaparecerá.

3.0.8 La alteración prevista de las precipitaciones permitirá a las especies extender su territorio hacia el ecuador. Con ello aumentará la proporción de especies de hoja ancha, por lo que este tipo de ecosistemas tendrá una composición más costera en términos de especies. La subzona esteparia de la parte europea de la URSS experimentará modificaciones, y en regiones meridionales de Siberia occidental la linde de los bosques-estepa podría desplazarse hasta un máximo de 200 km.

3.0.9 En las zonas ecoclimáticas semiáridas, áridas e hiperáridas del Mediterráneo, el cambio climático producido

por efecto invernadero reducirá la productividad vegetal y causará una desertificación de las estepas norteafricanas y del Oriente Próximo, como consecuencia de una mayor evapotranspiración. Bajo la influencia del cambio climático, el límite superior de los desiertos experimentará un desplazamiento y, muy probablemente, invadirá el actual límite inferior de la zona semiárida (es decir, las faldas del Atlas superior, medio y de Tell, y de la cordillera tunecina del Africa septentrional, así como de las principales formaciones montañosas de Oriente Medio-Próximo: Taurus, Líbano, Alai, Kurdistán, Zagros y Alborz).

3.0.10 El impacto que acusarán los actuales bosques pluviales de latitudes tropicales y templadas es difícil de determinar. Así, por ejemplo, la casi totalidad de Tasmania se convertirá, en el mejor de los casos, en una región climáticamente "marginal" en términos de bosques pluviales templados, en gran parte por el aumento de las temperaturas invernales que prevén los escenarios climáticos. Es poco probable que este aumento de temperatura afecte directamente a los bosques, aunque podría facilitar la invasión de especies menos tolerantes a las heladas.

Alteraciones en los ecosistemas

3.0.11 Según las proyecciones obtenidas, las alteraciones climáticas por gases de efecto invernadero afectarán profundamente a la hidrología de los ecosistemas naturales, tanto de manera directa (alterando los aportes de precipitación, escorrentía, humedad del suelo, cubierta de nieve y nieve fundida y evapotranspiración) como indirecta (haciendo variar los niveles de los mares y lagos y alterando con ello los niveles de agua en los ecosistemas costeros y litorales).

3.0.12 La variación de las estaciones de precipitación influye también en los efectos de ésta. Un prolongamiento de la estación seca o, por el contrario, un aumento de los niveles freáticos podrían agudizar los problemas de salinización. En los climas mediterráneos y semiáridos, en que durante largos períodos la evapotranspiración es mayor que la precipitación y en que una mayor absorción del suelo debida a la eliminación de vegetación o a un riego excesivo puedan haber elevado el nivel freático, la salinización de los suelos superficiales puede constituir un importante problema, ya que podría hacer desaparecer todas las especies vegetales excepto las más halofitas, así como aumentar la erosión de los suelos y empobrecer la calidad del agua. La salinización es ya un problema en muchas regiones mediterráneas y semiáridas (por ejemplo, en las costas de Australia occidental, en el Mediterráneo o en el Africa subtropical), y es una de las principales causas del aumento de la desertificación.

3.0.13 El cambio climático inducido por gases de efecto invernadero producirá también una alteración de las relaciones internas de los ecosistemas naturales, alteración que afectará a su estructura y composición, y que podría originar la aparición de nuevas especies.

3.0.14 Las nuevas asociaciones de especies que probablemente producirá el cambio climático harán que muchas especies conozcan por primera vez competidores "exóticos". Una mayor frecuencia de sequías e incendios, así como las invasiones por otras especies, podrían ser causa de extinciones a nivel local. Una especie que podría proliferar en esas condiciones es *Melaleuca quinquenervia*, una planta australiana semejante al bambú. Esta especie ya ha invadido la región de Everglades, en Florida, constituyendo densas formaciones monotípicas en lugares en que el drenaje y los frecuentes incendios han desecado las aguas pantanosas y eliminado su flora.

3.0.15 En algunos casos las plagas y los organismos patógenos ampliarán su radio de acción y, en el caso de los insectos, también su densidad de población, amenazando con ello la salud de los ecosistemas y desempeñando, por lo tanto, un papel determinante en la distribución futura de la flora y de la fauna.

3.0.16 Es probable también la aparición de plagas, como consecuencia de un aumento de la presión medioambiental y de la mortalidad de la vegetación por la acción simultánea de diversos factores climáticos adversos. Ese es el caso, por ejemplo, de la especie de haya neozelandesa *Nothofagus truncata*. Si la temperatura aumentase en 3°C, la pérdida respiratoria anual de carbono en esta planta se incrementaría en un 30%, es decir, un volumen superior a la cantidad total anual destinada al crecimiento del tallo y de las ramas de esta especie. Al no disponer de reservas suficientes para renovar sus tejidos, el árbol se debilita y su susceptibilidad a los organismos patógenos e insectos aumenta. A raíz de una serie de sequías seguidas, varias especies del género (*Nothofagus*) fueron víctimas de insectos defoliantes. Este efecto sería aún mayor si el cambio climático fuese espontáneo.

3.0.17 Dado que los terrenos pantanosos, especialmente si son estacionales, propician en las regiones más templadas la proliferación de vectores de diversas enfermedades graves, como el paludismo, la filariasis o la esquistosomiasis, un aumento de las temperaturas medias y una distinta distribución de las aguas pantanosas estacionales alterarán la distribución temporal y espacial de estas enfermedades.

3.0.18 El aumento de las temperaturas y la variación del régimen de precipitaciones podría muy bien ocasionar una mayor frecuencia de sequías y aumentar el peligro de incendios en numerosas zonas forestales. Estos factores, a una sumados probablemente con una mayor densidad de sustancias combustibles por efecto directo de una mayor concentración ambiental de CO₂ en las reservas del subsuelo forestal, podrían multiplicar los incendios forestales y propenderían a acelerar las modificaciones en la composición de los ecosistemas en situaciones de alteración del clima.

3.0.19 En aquellas áreas en que las estaciones húmeda y seca están claramente diferenciadas (ciertas partes del

trópico y la totalidad de regiones de clima mediterráneo), la alteración de los volúmenes de precipitación en los meses lluviosos podría, por el hecho de influir en el crecimiento, hacer variar el potencial de materias combustibles. Esta circunstancia, sumada a la alteración de las precipitaciones, podría influir en la intensidad de los incendios durante la estación seca. Un ligero aumento de la humedad climática durante la estación lluviosa de verano podría acrecentar el potencial combustible en la mayor parte de los bosques subtropicales y templados de México y, por lo tanto, probablemente también el número de incendios.

3.0.20 Las consecuencias socioeconómicas de un posible cambio climático podrían reducir la diversidad biológica del planeta, aunque localmente podrían darse situaciones de diversificación de especies, especialmente a largo plazo. El impacto del cambio climático en la diversidad de especies dependerá del equilibrio que se establezca entre las nuevas interacciones entre especies y la adaptación migratoria.

3.0.21 El aumento de la temperatura podría originar una serie de extinciones en cadena si llegase a hacer desaparecer determinados herbívoros esenciales o especies funcionalmente análogas en otros ecosistemas. Así, por ejemplo, en los cien años transcurridos desde la desaparición de los elefantes en la reserva de caza Hluhluwe, en Natal, se ha producido la extinción de varias especies de antílope, y han disminuido considerablemente las poblaciones de rumiantes de pastizal, como el ñu azul o el kobo.

3.0.22 Los efectos directos de una mayor concentración de CO₂ en la atmósfera podrían acelerar el crecimiento de las especies vegetales; con el tiempo, sin embargo, este efecto positivo podría ser menor como consecuencia de una eventual alteración antropogénica de la composición química de la atmósfera (en términos de ozono, por ejemplo) y de las retroacciones sobre el propio ecosistema.

Actuaciones recomendadas

3.0.23 Aunque sólo es posible conjeturar cuáles serán las repercusiones concretas de una elevación mundial de las temperaturas en una u otra región o especie, algunas conclusiones son claras. Los ecosistemas naturales de la Tierra experimentarán cambios en su composición y en su situación geográfica, y las especies que sean capaces de adaptarse y de desplazarse sobrevivirán. Las especies más susceptibles, especialmente si disponen de un número limitado de opciones, disminuirán en número y se extinguirán.

3.0.24 El estudio de las repercusiones medioambientales del cambio climático en los ecosistemas naturales y de sus consecuencias socioeconómicas está dando aún sus primeros pasos. Los trabajos realizados sobre el particular son pocos, y en ellos únicamente se han estudiado regiones y sectores concretos. Además la mayor parte de estos estudios abordan el problema desde una perspectiva exclusiva, limitándose a una disciplina única. Lo más habitual es que

se ocupen de los efectos del cambio climático sobre la sociedad, la economía y el medio ambiente actuales sin tener en cuenta los reajustes económicos o las consecuencias que pudieran sobrevenir durante los períodos de transición de los ecosistemas.

3.0.25 Para hacer frente a estas limitaciones sería útil:

- establecer inventarios de especies y ecosistemas;
- emprender y mantener programas de monitorización integrados;
- reunir información sobre las susceptibilidades relativas de las especies y de los ecosistemas al cambio climático;
- emprender y prestar apoyo a programas regionales, nacionales e internacionales de investigación y de evaluación de impactos;
- concienciar a los planificadores de recursos y a la población acerca de los posibles efectos de un cambio climático sobre los ecosistemas naturales del planeta.

4. Posibles repercusiones del cambio climático en la hidrología y en los recursos hídricos

Conclusiones principales

4.0.1 Algunas de las conclusiones principales son:

- En numerosas cuencas fluviales del mundo, y especialmente en las de regiones áridas y semiáridas, la escorrentía es extremadamente sensible a pequeñas variaciones o alteraciones del clima. Así, por ejemplo, un aumento de temperatura de entre 1°C y 2°C, sumado a una reducción del 10% de las precipitaciones, podría ocasionar una reducción de entre 40% y 70% de la escorrentía anual.
- A juzgar por ciertos datos empíricos y modelos hidrológicos, la escorrentía anual parece ser más susceptible a los cambios de precipitación que a las alteraciones de la temperatura. No obstante, en regiones en que los volúmenes estacionales de nieve caída y de nieve fundida constituyen la mayor parte del abastecimiento total de agua, la distribución mensual de la escorrentía y de la humedad del suelo es más sensible a la temperatura que a la precipitación.
- La construcción de escenarios hipotéticos arroja diversas posibilidades de respuesta de la escorrentía, así como las características de esta respuesta en determinadas áreas. Sin embargo, no existen todavía

pronósticos fiables para una región determinada que permitan conjeturar la tendencia o la magnitud del cambio. En tanto que los fundamentos teóricos van mejorando poco a poco, un posible recurso consistiría en efectuar análisis de sensibilidad frente a la temperatura mediante modelos de circulación general.

- En la mayor parte de las regiones áridas y semiáridas, el calentamiento del globo podría agravar ciertas situaciones ya precarias en cuanto al uso de recursos hídricos (es decir, aquellas en que el volumen demandado es básicamente superior al obtenido), así como la conflictividad entre diversos usos.
- Las regiones que podrían resultar más amenazadas en cuanto al abastecimiento de la población son: en Africa, el Magreb, el Sahel y la parte norte del Africa meridional; en Asia, la Arabia occidental, el sureste del continente y el subcontinente indio; en América del norte, México y el suroeste de Estados Unidos; la totalidad de América central; en América del sur, ciertas partes del Brasil oriental; y en Europa, la zona del mediterráneo.
- La eficacia relativa en el aprovechamiento del agua (es decir, la capacidad almacenada en proporción al flujo anual medio) es un factor determinante de la adaptabilidad a las alteraciones de la variabilidad anual media.
- En la planificación futura de los recursos hídricos, será esencial tener en cuenta que el clima es un proceso no estacionario, y que toda estructura concebida para una vida útil de 50 a 100 años como mínimo deberá poder hacer frente a todas las variaciones climáticas e hidrometeorológicas que se produzcan durante ese período.

Cuestiones principales

4.0.2 Para poder efectuar unas estimaciones de recursos hídricos que sean útiles para la planificación y formulación de políticas, será necesario estimar tanto la frecuencia como la intensidad y duración de los sucesos de orden hidrológico que se puedan producir. Este tipo de estimaciones es especialmente útil para evaluar los efectos del cambio sobre la agricultura, para diseñar sistemas de gestión de recursos hídricos y para obtener estimaciones de disponibilidad hídrica aceptablemente precisas.

4.0.3 En muchos casos, es posible que la alteración de los valores extremos hidrológicos sea más acentuada que la variación de los valores hidrológicos medios. Así pues, al evaluar las consecuencias sociales en relación con los recursos hídricos deberán tenerse en cuenta en las nuevas frecuencias y magnitudes de las inundaciones y sequías.

4.0.4 La planificación y el diseño de políticas sobre recursos hídricos seguirá adelante pese a la incertidumbre existente con respecto al cambio climático mundial. A ese

respecto, deberá facilitarse a los responsables de esas funciones, en forma clara y concreta, información útil sobre los diversos métodos de estimación del futuro cambio climático.

Efectos regionales

A escala continental y nacional

4.0.5 A partir de equivalencias paleoclimáticas y de modelos físicos del equilibrio hídrico se ha proyectado un aumento de la escorrentía anual en la totalidad del territorio de la URSS, si bien con ligeras disminuciones en las regiones esteparias y en los bosques meridionales. En todo caso, se espera un aumento de la escorrentía invernal en las regiones que registran precipitaciones de nieve y deshielos. En muchos ríos del norte de la URSS podrían sobrevenir inundaciones graves.

4.0.6 El estudio de las cuencas fluviales de EE.UU. indica que las regiones áridas y semiáridas de ese país serán las más afectadas por la elevación de las temperaturas, a pesar del riguroso control ejercido sobre los recursos hídricos. Incluso un sistema como el actual atraviesa dificultades, debido a las exigencias coincidentes del regadío, del suministro de agua potable y de la generación de energía hidroeléctrica. En las demás regiones del país se acusarán también escaseces en algunos de esos tres sectores.

4.0.7 Según los modelos de circulación general empleados en un estudio de la Comunidad Económica Europea, las precipitaciones y la escorrentía podrían aumentar en los países septentrionales, causando probablemente inundaciones en los países próximos al nivel del mar. En los países mediterráneos de la CEE podría registrarse una disminución de la escorrentía, lo que agravaría las ya de por sí graves y frecuentes escaseces en esa región. Los efectos más adversos se harán sentir probablemente en la agricultura.

4.0.8 En Japón, los modelos prevén largos períodos de sequía seguidos de lapsos más breves de precipitación intensa. La capacidad de almacenamiento actual es limitada, y una gran parte de la población habita extensiones anegables. Cabe esperar un aumento de la demanda de agua, que impondrá serias exigencias al actual sistema de organización de los recursos hídricos.

4.0.9 En Nueva Zelanda es de prever un aumento de las precipitaciones y, por lo tanto, de las inundaciones, que pondrán a prueba la capacidad de los sistemas de alcantarillado y drenaje de emergencia, con la consiguiente degradación de calidad de las aguas de superficie.

4.0.10 En el Reino Unido cabe esperar un aumento de la escorrentía anual media en casi todo el país, aunque con una más acentuada variación estacional de las descargas máximas, por lo que será necesario diseñar de nuevo los actuales sistemas de gestión de los recursos hídricos.

Cuencas fluviales y ambientes críticos

4.0.11 En la cuenca del Volga, tras un descenso inicial que se mantendrá hasta el año 2000, los modelos indican un aumento de la escorrentía.

4.0.12 Según estudios efectuados, la hidrología del Sahel es muy sensible a las condiciones climáticas, especialmente a la precipitación. Así, por ejemplo, las investigaciones indican que una disminución pluvial de entre 20% y 30% podría producir una reducción de entre 15% y 59% de la escorrentía. En cuanto a la forma en que resultarán afectados los recursos hídricos, la situación es bastante incierta. Es, pues, importante disponer de nuevos estudios a fondo sobre este problema esencial para la región.

4.0.13 Cierta estudio sobre la cuenca fluvial de Sacramento-San Joaquín ilustra la manera en que el aumento de las temperaturas podría afectar a un sistema muy eficaz de organización de los recursos hídricos dependiente de una escorrentía de nieves fundidas. En esta cuenca, el aumento de la temperatura del aire alteró las fechas de deshielo e incrementó la magnitud de éste entre un 16% y un 81%, poniendo seriamente a prueba la capacidad de regulación de los embalses. En verano, en cambio, una disminución de la escorrentía de entre 30% y 68%, sumada a una disminución de la humedad del suelo de entre 14% y 36% y a una duplicación de la demanda de agua prevista para 2020, apunta claramente a la posibilidad de un conflicto entre los diversos usos hídricos, y a la aparición de escaseces periódicas.

4.0.14 En la cuenca de Murray-Darling (Australia), el método de las equivalencias espaciales indica una posible contracción de las precipitaciones en torno al 40% o 50%. En cambio, según otros modelos de circulación general, la zona de precipitaciones predominantemente estivales de Australia podría extenderse hasta abarcar el 75% del continente en 2035. En el río Darling, la escorrentía podría aumentar al doble.

4.0.15 La cuenca del río Delaware - una vertiente muy poblada situada en el nordeste de los Estados Unidos - fue también objeto de un estudio de sensibilidad de abastecimiento-demanda de agua basado en métodos estocásticos. Las estimaciones de escorrentía anual en toda la extensión de la cuenca indican una posible disminución de entre 9% y 25%. La probabilidad de sequía aumentará también considerablemente en toda la cuenca. Del río Delaware obtiene Nueva York una gran parte de su abastecimiento de agua, que se encuentra ya por debajo de los niveles de seguridad. Una disminución del caudal de este río haría peligrar en su desembocadura el suministro de la ciudad de Filadelfia, a causa de la elevación del nivel de separación entre agua dulce y agua salada.

Grandes lagos/mares

4.0.16 El mar Caspio es la mayor extensión confinada de agua de todo el mundo. Hasta el año 2000, este gran lago

acusará el descenso previsto de caudal del río Volga, que le aporta casi un 80% de su aflujo total, aunque a partir de esa fecha la tendencia se invertirá. Con ello, es de esperar que mejoren considerablemente la calidad del agua y las condiciones ecológicas de este lago, ya bastante deterioradas.

4.0.17 Según ciertos modelos de circulación general, una concentración doble de CO₂ en la atmósfera producirá en los grandes lagos una disminución neta del aflujo de agua de entre 23% y 51%. Se verán así afectadas tanto la generación de energía hidroeléctrica como la navegación comercial, de gran importancia en esta región, y la calidad del agua del lago, vinculada a una estratificación térmica de la masa hídrica.

4.0.18 En el mar de Aral, el retorno de aguas de regadío polucionadas seguirá empobreciendo la calidad del agua, ya que los aumentos de escorrentía de precipitación previstos en esa zona no serán suficientes para compensar la expansión de la agricultura de regadío.

Actuaciones recomendadas

4.0.19 Lo más perentorio es obtener unas estimaciones más fiables y detalladas (tanto en el espacio como en el tiempo) de las condiciones climáticas futuras. Estas estimaciones deberán ser específicas a nivel regional y proporcionar información sobre la frecuencia y magnitud de los sucesos. Es necesario conocer mejor las relaciones existentes entre la variabilidad climática y la respuesta del sistema hidrológico. En particular, se necesitan métodos que permitan elaborar la información proporcionada por los modelos climáticos de manera que pueda ser utilizada en los modelos de evolución de cuencias fluviales y de sistemas de recursos hídricos.

4.0.20 Es también necesario averiguar cuáles son las áreas especialmente vulnerables a alteraciones, siquiera pequeñas, del clima. Para ello, habrá que tener en cuenta tanto las condiciones naturales como las antropogénicas, así como los posibles cambios.

4.0.21 Es preciso evaluar a fondo la sensibilidad de los recursos hídricos en los países en desarrollo, especialmente en regiones áridas y semiáridas ambientalmente frágiles, en que la escasa organización de los recursos hídricos y el rápido aumento de la demanda de agua tienen visos de entrar en conflicto.

4.0.22 Será necesario mejorar los procedimientos de organización de los recursos hídricos, a fin de reflejar en dichos procedimientos las incertidumbres con respecto al clima. En particular, sería interesante obtener unos criterios de diseño de estructuras de ingeniería que incorporen valores estimativos de variabilidad climática y de cambio climático.

4.0.23 No es mucho lo que se sabe actualmente sobre los efectos del cambio climático en la calidad del agua. Aunque

el interés por este tema es creciente, resulta muy difícil determinar dónde empieza la influencia de los seres humanos en estos cambios y dónde termina la del clima. En concreto, es necesario identificar cuanto antes los aspectos de este problema que más fácilmente permitirían obtener una evaluación fiable de los efectos del clima en la calidad del agua.

5. Posibles repercusiones del cambio climático sobre los asentamientos humanos, sobre los sectores de energía, transporte e industria, y sobre la salud humana y la calidad del aire

Conclusiones principales

5.0.1 Algunas de las conclusiones principales son:

- De toda la población mundial, los grupos más vulnerables son los constituidos por: cultivadores que se mantienen de sus productos, habitantes de islas y terrenos costeros próximos al nivel del mar, habitantes de tierras de pastoreo semiáridas, y ocupantes de chabolas y barrios miserables, especialmente en las megalópolis o ciudades con varios millones de habitantes.
- El cambio climático, reforzado por un aumento-siquiera modesto - del nivel del mar, podría alterar las pautas de asentamiento humano en numerosas áreas costeras vulnerables y en algunos países insulares y comunidades en que la sequía, las inundaciones y las nuevas condiciones de cultivo hubiesen afectado a los recursos hídricos, a la energía, a la salud y sanidad públicas o a la producción agrícola o industrial.
- La elevación de las temperaturas mundiales podría inducir un importante desplazamiento de la zona de permafrost; la rapidez de este fenómeno podría resultar muy perjudicial para las redes viarias y férreas, edificios, oleoductos y gasoductos, minas u otros elementos de infraestructura en la región de permafrost.
- Asimismo, el calentamiento mundial podría influir en la disponibilidad de recursos hídricos y biomasa, que constituyen dos de las principales fuentes de energía en muchos países en desarrollo. Alteraciones de ese tipo en áreas cuyo balance hídrico es negativo podrían amenazar el suministro de energía y los materiales esenciales para la vivienda y la energía. El cambio climático afectaría también a la distribución regional de otras fuentes de energía renovables, como la eólica o la solar.

- Unas condiciones climáticas más cálidas propiciarán un desplazamiento hacia latitudes más altas de ciertas enfermedades transmitidas por vectores o de tipo vírico, como el paludismo, la esquistosomiasis o el dengue.
- Una mayor frecuencia o intensidad de ciertos fenómenos meteorológicos rigurosos, como los ciclones tropicales, podría afectar gravemente a los asentamientos humanos y a la industria, causando importantes pérdidas de vidas humanas.

Cuestiones principales

5.0.2 En los países en desarrollo, muchos de los cuales carecen de recursos para adaptarse, estos efectos podrían causar trastornos especialmente importantes. Debería ser prioritario comprender en qué manera el cambio climático afectará a los asentamientos humanos, la energía, el transporte, la industria y la salud en esos países, así como potenciar la capacidad de sus poblaciones para concebir y aplicar estrategias que atenúen los efectos adversos del cambio climático.

5.0.3 La repercusión del cambio sobre los asentamientos humanos y su actividad socioeconómica, en particular en los sectores de energía, transporte e industria, variará según las regiones, en función de la distribución regional de las alteraciones de temperatura, precipitación, humedad del suelo, pautas de aparición de fuertes tormentas y otras posibles manifestaciones del cambio climático. En los escenarios del Grupo de Trabajo I, elaborados mediante modelos de circulación general, la forma en que se alteren estas características climáticas puede variar considerablemente de una región a otra. Del mismo modo, varía también notablemente según las regiones y en el seno de una misma región el grado de vulnerabilidad de los asentamientos humanos y de su actividad económica ante el cambio climático. Así, por ejemplo, dentro de una misma región las zonas costeras podrían ser, en general, más vulnerables que el interior.

5.0.4 El desarrollo de estrategias que den una respuesta efectiva al cambio climático requerirá una capacidad mucho mayor de predicción y detección de cambios climáticos regionales y de fenómenos meteorológicos extremos. Un factor clave en este caso es la gradación temporal. Así, por ejemplo, una elevación del nivel del mar de 0,5 m en 50 años tendría unas repercusiones muy distintas que si se produjese a lo largo de 100 años. No solamente el valor real de los costes de adaptación variaría sustancialmente sino que, en el caso de mayor duración, gran parte de la actual infraestructura habría sido sustituida.

Asentamientos humanos

5.0.5 Un importante obstáculo a la hora de determinar las repercusiones del cambio climático sobre el habitat humano estriba en que hay muchos otros factores también importantes que son bastante ajenos al cambio climático. Se

puede predecir con bastante seguridad que determinados países en desarrollo serán extremadamente vulnerables a los cambios climáticos, dado que se encuentran ya en el límite de su capacidad para hacer frente a las manifestaciones del clima. Tal es el caso de las poblaciones de regiones costeras bajas e islas, de los cultivadores que se mantienen de sus productos, de los habitantes de tierras de pastoreo semiáridas y de los habitantes pobres de las concentraciones urbanas.

5.0.6 En lo que respecta a los seres humanos, los asentamientos de población se verán afectados en mayor medida por el cambio climático, ya que existen países enteros, como Maldivas, Tuvalu o Kiribati, en los que un aumento de unos pocos metros en el nivel del mar podría ser catastrófico, así como deltas fluviales y áreas costeras de Egipto, Bangladesh, India, China e Indonesia para las que una ligera elevación del nivel de los océanos podría significar la inmersión bajo las aguas. También en países industrializados, como Estados Unidos o Japón, habrá zonas costeras que peligran; no obstante, estos países dispondrán probablemente de los recursos necesarios para hacer frente a la situación. Los Países Bajos constituyen un ejemplo de cómo un pequeño país puede movilizar eficazmente recursos para hacer frente a ese peligro.

5.0.7 Otra de las amenazas para los asentamientos humanos es la sequía, que puede perjudicar el suministro de alimentos y la disponibilidad de recursos hídricos. Las escaseces de agua derivadas de una pluviosidad irregular podrían afectar especialmente a países en desarrollo, como es el caso de la cuenca del río Zambezi. Para la mayor parte de los países del África subsahariana, la biomasa es la principal fuente de energía, y una alteración de las condiciones de humedad que redujese la biomasa podría plantear en algunas áreas problemas graves en términos de producción de energía doméstica y de construcción de albergue.

5.0.8 Con respecto a las ciudades, aunque existen sólo unos pocos estudios específicos al respecto, todos ellos parecen indicar que el cambio climático podría resultar costoso para las principales áreas urbanas de los países desarrollados. Según cierto estudio, una duplicación efectiva del CO₂ ocasionaría en la ciudad de Nueva York una disminución de entre el 28% y el 42% en los volúmenes previstos de abastecimiento de la cuenca del río Hudson; el proyecto necesario para reembalsar el agua de desborde del río Hudson costaría 3.000 millones de dólares.

5.0.9 En las regiones cubiertas por permafrost, la elevación mundial de las temperaturas no sólo podría originar una ampliación hacia los polos de las áreas habitadas, sino que el propio deshielo del permafrost podría trastornar la infraestructura y los transportes y afectar a la estabilidad de los edificios y a las posibilidades de edificación.

5.0.10 Los efectos más graves del cambio climático podrían provenir de la migración de millones de personas

forzada por la erosión del litoral, el anegamiento de las costas y las sequías agudas. En los nuevos asentamientos, los servicios sanitarios o de otro tipo podrían ser insuficientes para los recién llegados. Los campamentos de refugiados y otros tipos de asentamientos podían verse afectados por epidemias que se propagarían a los núcleos de población próximos. Todo ello sin contar el sufrimiento psicológico y las tensiones sociales, que influirían a su vez en la salud y el bienestar de las poblaciones desplazadas.

Energía

5.0.11 Posiblemente una de las repercusiones más graves del cambio climático en los países en desarrollo sea el peligro que dicho cambio entraña, en muchas áreas, para la biomasa, una de las principales fuentes de energía en la mayor parte de los países subsaharianos y para muchos otros países en desarrollo. En algunos países de África, más del 90% de la energía se obtiene de la biomasa (en forma de leña). La imprecisión de las proyecciones de recursos hídricos que proporcionan los actuales modelos climáticos hace difícil inferir a escala regional, con un cierto grado de fiabilidad, los niveles de humedad que se registrarán en esos países. En algunos de ellos, o en algunas regiones, la sequedad podría aumentar, afectando gravemente a los recursos energéticos. Por otra parte, el aumento de CO₂ en la atmósfera podría, al acelerar el crecimiento de las especies ligníferas, compensar en parte esos efectos. En la planificación de los recursos energéticos, el estudio de este tema debería recibir máxima prioridad.

5.0.12 Además de afectar a la distribución regional de agua y biomasa, la influencia del cambio climático en la cubierta de nubes, en la precipitación y en la intensidad de circulación del viento afectará a la distribución de otras posibles formas de energía renovable, como la solar o la eólica. La comprensión del efecto que estas alteraciones producirán sobre los recursos hídricos, la biomasa y las energías solar y eólica es especialmente importante, ya que las fuentes de energía renovables desempeñan un papel importante en la planificación energética de numerosos países. Esta posibilidad constituiría así un motivo de creciente preocupación para los países en desarrollo, en muchos de los cuales la necesidad de importar recursos energéticos convencionales supone ya una grave carga económica.

5.0.13 Los países en desarrollo, especialmente en África, dependen en gran medida de la energía hidroeléctrica. Alterando la disponibilidad de recursos hídricos, el cambio climático podría dejar anticuadas algunas instalaciones hidroeléctricas y dificultar aún más la planificación de energía, si bien otras instalaciones podrían beneficiarse de una mayor escorrentía.

5.0.14 Hasta la fecha, los principales estudios acerca de los posibles efectos del calentamiento mundial en el sector energético de los países en desarrollo provienen únicamente de seis países: Canadá, República Federal de Alemania,

Japón, Reino Unido, Unión Soviética y Estados Unidos. En términos generales, sus previsiones globales son diferentes, en función del grado de utilización de energía que se adscriba a la calefacción y refrigeración de viviendas y oficinas, ya que la elevación de las temperaturas incrementará el consumo de energía destinada a la climatización y disminuirá a la destinada a calefacción.

5.0.15 Además, el sector energético podría resultar afectado por las estrategias que se adopten en respuesta a la elevación de las temperaturas, por ejemplo mediante una política de estabilización de las emisiones. Esta podría ser una de las repercusiones más importantes sobre el sector energético de muchos países desarrollados, y propiciaría el empleo de tecnologías que produzcan bajas cantidades de gases de efecto invernadero. Existe ya una controversia sobre las maneras de obtener energía sin producir CO₂, y, en particular, sobre la conveniencia o no de recurrir en mayor medida a la energía nuclear o hidroeléctrica, en contraposición con los intereses de seguridad y protección del medio ambiente. Los efectos sobre el sector energético, tanto de los países en desarrollo como desarrollados, podrían tener importante repercusiones económicas a nivel regional, en términos de empleo, migraciones y pautas de comportamiento.

Transporte

5.0.16 Globalmente, las repercusiones del cambio climático en el sector de transportes parecen ser escasas, con dos excepciones. En último término, el impacto más acusado del cambio climático en los transportes de los países desarrollados podría ser el derivado de las nuevas normativas o sectores de consumo creados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a los transportes. Este sector, que constituye una fuente importante de gases de efecto invernadero, está siendo ya contemplado como uno de los más aptos para reducir las emisiones en cuyo caso empeoraría la situación del tráfico automovilístico privado, limitando el uso del combustible y de los escapes e incrementando la utilización de unos transportes públicos eficaces.

5.0.17 Otra de las consecuencias afectaría a los embarques fluviales, ya que la modificación de los niveles de lagos y ríos podría incidir seriamente en la navegación y en los costos del transporte por gabarra o por otros medios. Los estudios realizados hasta la fecha, dedicados todos ellos a la región de los grandes lagos de Canadá y Estados Unidos, sugieren que las repercusiones serán considerables. Los escenarios climáticos indican un posible descenso de nivel en los lagos de hasta 2,5 m como consecuencia de una duplicación efectiva de CO₂. Si bien estas variaciones podrían encarecer los fletes, la temporada podría también ser más larga debido al menor volumen de hielo. En otras regiones, por el contrario, los niveles lacustres y fluviales podrían aumentar, favoreciendo así las actividades de embarque.

5.0.18 En términos generales, los efectos sobre las redes viarias parecen ser bastante modestos, excepto en zonas costeras en que el aumento del nivel del mar podría afectar a las autopistas o puentes, o en regiones montañosas en que una mayor intensidad de precipitación aumentaría el riesgo de avalanchas de lodo. Ciertos estudios realizados en la región atlántica de Canadá y el Gran Miami (Estados Unidos) indican que en zonas costeras de ese tipo los gastos de infraestructura de autopistas podrían ser muy elevados. En cambio, según un estudio realizado en Cleveland (Ohio, Estados Unidos), la menor abundancia de nieve y hielo y un menor peligro de heladas permitirían ahorrar costes en el mantenimiento de las autopistas.

5.0.19 Con respecto a la red ferroviaria, los efectos parecen ser también discretos, aunque en verano el efecto del calor en los rieles podría requerir mayores precauciones en algunos trazados y reducir la capacidad operativa en períodos extraordinariamente cálidos. Podrían ser también más frecuentes los trastornos producidos por inundaciones.

5.0.20 El efecto sobre los transportes marítimos ha sido muy poco estudiado. La consecuencia más patente afectará probablemente a la infraestructura de carga y descarga, es decir, a los puertos e instalaciones portuarias que resulten afectadas por el aumento del nivel del mar y por las tormentas violentas. Algunas proyecciones climáticas apuntan a la posibilidad de un aumento de intensidad de los ciclones tropicales, que podría influir negativamente en los fletes marítimos y en su infraestructura. Por otra parte, el menor volumen de hielos marinos facilitará el acceso a los puertos septentrionales y permitirá, incluso, el tráfico de buques de carga por el océano Artico. Asimismo, un aumento moderado del nivel del mar permitiría, en canales poco profundos, el paso de buques de mayor calado.

5.0.21 Se hace muy necesario estudiar las posibles repercusiones del cambio climático en el sector de transporte de los países en desarrollo, ya que la eficacia de dicho sector será probablemente un elemento clave para esos países a la hora de responder al cambio climático.

Industria

5.0.22 En el sector industrial, el estudio de los posibles impactos del cambio climático se centra en determinados subsectores, como el recreativo, y en unos pocos países desarrollados, principalmente Australia, Canadá, Japón, Reino Unido y Estados Unidos. Son muy pocos los estudios referentes a los países en desarrollo, pese a que parece haber indicios de que en esos países la industria sería especialmente vulnerable al cambio climático. Un factor de especial importancia será la posible alteración del mapa productivo de productos básicos.

5.0.23 A escala regional y mundial, la alteración de la disponibilidad y de los costes de los alimentos y fibras podría afectar notablemente a la competitividad y viabilidad de industrias como las de elaboración de alimentos, pro-

ductos forestales y de papel, textiles y de vestido. La nueva situación, tanto en lo que se refiere a estos productos como al agua y a la energía, variaría considerablemente según la región.

5.0.24 Del mismo modo que los sectores de automoción y energía podrían resultar afectados por nuevas normativas o pautas de consumo derivadas del interés por limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, la industria pesada podría también tener que adaptarse a nuevas situaciones como, por ejemplo, determinadas limitaciones para el establecimiento en otros países, o mecanismos internacionales para desarrollar la transferencia de nuevas tecnologías. La eficacia de aprovechamiento de la energía podría potenciar aún más la competitividad de las industrias de acero, aluminio y otros metales, así como la fabricación de automóviles. La presión de la población a fin de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero podría también favorecer la conservación de la energía o el nacimiento de industrias de tecnologías “limpias”. Los estudios sobre los efectos del cambio climático en la industria se centran sobre todo en el sector recreativo, en que el impacto directo del cambio climático es más previsible.

5.0.25 Disponiendo de un período de gestación suficiente, la industria podría adaptarse a muchos de los cambios vinculados al calentamiento mundial. Sin embargo, la insuficiencia de capital en los países en desarrollo vulnerables a inundaciones, sequías o elevaciones del nivel del mar podría limitar la capacidad de ese sector para diseñar estrategias de respuesta eficaces.

Sanidad

5.0.26 El ser humano posee una gran capacidad de adaptación al clima. Pero la adaptación es un proceso que requiere miles de años, y la rapidez de los cambios climáticos inferidos sugiere que el coste de la adaptación podría ser importante.

5.0.27 Una mayor frecuencia de olas de calor podría afectar, por ejemplo, a los niveles de mortalidad. En verano, el aumento del calor incrementaría el número de muertes y enfermedades por esa causa. En términos globales, el aumento de decesos por causa del calor será probablemente mayor que el número de fallecimientos evitados por el menor frío invernal. La elevación general de las temperaturas y el agotamiento del ozono estratosférico agravarán probablemente la polución del aire, especialmente en áreas muy habitadas y en núcleos urbanos. En los contaminantes químicos de la atmósfera, la alteración de las velocidades de reacción fotoquímica podría aumentar el contenido de sustancias oxidantes, perjudiciales para la salud humana.

5.0.28 Asimismo, el aumento de radiación ultravioleta B resultante del agotamiento de la capa estratosférica de ozono puede dar lugar a un aumento del número de casos de cáncer de piel, cataratas y cegueras por causa de la nieve. El riesgo

de contraer cáncer de piel será máximo para los caucásicos de tez clara de latitudes elevadas.

5.0.29 Otro de los principales efectos del calentamiento mundial podría ser el avance hacia los polos de enfermedades transmitidas por vectores, en concreto por mosquitos u otros parásitos. Podrían también aumentar o reaparecer en muchos países ciertas enfermedades parasitarias y víricas.

5.0.30 La alteración de la calidad y disponibilidad de agua puede también afectar a la salud humana. El hambre y la desnutrición a causa de la sequía pueden repercutir gravemente en la salud y en la supervivencia de la especie humana.

5.0.31 En algunos países en desarrollo, la probable escasez de biomasa para el cocinado de alimentos, así como una mayor dificultad para conseguir agua potable por efecto de la sequía, podrían agravar las situaciones de malnutrición.

Polución del aire

5.0.32 En algunos países desarrollados se están aplicando ya controles de los niveles de SO_x, NO_x y de los escapes de automóvil para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas. La planificación del futuro deberá hacerse con conciencia de los posibles costes energéticos y del conjunto de implicaciones que lleva consigo el control de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, en los núcleos urbanos contaminados la elevación general de temperaturas y el agotamiento del ozono estratosférico agravarán probablemente la situación del ozono en la troposfera. El aumento de la temperatura troposférica inducido por una intensificación del efecto invernadero podría alterar las velocidades de reacción homogénea y heterogénea, la solubilidad en el agua de las nubes, la emisión de gases desde la superficie del mar, del suelo o de la vegetación, o la deposición sobre la superficie de las plantas de diversos gases atmosféricos, entre ellos el vapor de agua y el metano. Unos niveles distintos de concentración de vapor de agua alterarán a su vez la concentración de radicales HO_x y de H₂O₂, que desempeñan un papel importante en la oxidación de SO₂ y NO_x en la atmósfera. Las nuevas pautas que según las predicciones exhibirán la cubierta de nubes, la estabilidad en la atmósfera inferior, la circulación y la precipitación podrían concentrar o diluir los contaminantes y alterar sus pautas de distribución y sus velocidades de transformación a escala regional o local. Asimismo, al resultar alterados la formación de aerosoles por conversión atmosférica a partir de NO_x y SO₂ y el transporte de partículas de polvo procedentes de tierras áridas, podrían modificarse la visibilidad y el albedo. Los daños materiales causados por contaminantes atmosféricos ácidos o de otro tipo podrían ser mayores si el nivel de humedad aumentase.

Radiaciones ultravioleta B

5.0.33 Además de los efectos ya mencionados con respecto a la salud humana, un aumento de la radiación ultravioleta B podría afectar considerablemente a la vegetación de la Tierra, a los organismos marinos, a la calidad del aire y a los materiales, además de a la producción agrícola. Existen indicaciones de que un aumento de la radiación ultravioleta B solar que penetra bajo la superficie del océano podría también perjudicar al fitoplancton marino, reduciendo posiblemente la productividad de los mares y afectando al abastecimiento mundial de alimentos. Asimismo, podría acelerar la degradación de los plásticos y de ciertas sustancias recubrientes empleadas en exteriores. Probablemente, una intensificación del efecto invernadero hará descender las temperaturas estratosféricas, afectando con ello al estado de la capa de ozono en esa región.

Actuaciones recomendadas

- Evaluar con carácter prioritario la vulnerabilidad de los distintos países, especialmente de los países en desarrollo, al aumento o disminución de recursos energéticos tales como la energía hidroeléctrica, la biomasa, el viento o el sol, y examinar los tipos de energías sustitutivas aptos para las nuevas condiciones climáticas.
- Realizar cuanto antes investigaciones sobre la adaptabilidad de ciertos sectores de población vulnerables - por ejemplo los ancianos y enfermos - al aumento del calor, así como a un posible desplazamiento geográfico de las enfermedades víricas y transmitidas por vectores.
- Para los diseñadores de políticas debería ser prioritario determinar cuáles son los sectores de población y los ramos agrícolas e industriales amenazados en aquellas áreas costeras que podrían sufrir inundaciones por un mayor o menor aumento del nivel del mar, o tormentas violentas.
- Es importante que los países en desarrollo puedan evaluar por sí mismos los impactos del cambio climático e integrar esta información en sus planificaciones. La comunidad mundial debería prestarles ayuda con ese fin y para crear en esos países una infraestructura que les permita evaluar por sí mismos las repercusiones del cambio climático.

6. Posibles efectos del cambio climático en los océanos y en las zonas costeras

Conclusiones principales

6.0.1 Los valores de elevación mundial de la temperatura previstos tendrán como consecuencia la

elevación del nivel del mar, la alteración de la circulación oceánica y ciertas alteraciones básicas en los ecosistemas marinos, con repercusiones socioeconómicas considerables.

6.0.2 El nivel de los mares está ya aumentando a una media de más de 6 cm cada 50 años, con importantes variaciones regionales imputables a movimientos geológicos locales. En Groenlandia, y tal vez también en la Antártida, el manto de hielo podría estar todavía respondiendo a alteraciones originadas desde la última glaciación. Las pesquerías y otros recursos costeros acusan actualmente los efectos crecientes de la polución, de la explotación y del desarrollo, creando importantes problemas en las poblaciones que de ellos dependen. A todo ello vendrán a añadirse las consecuencias de una intensificación del efecto invernadero, que han sido examinadas por el IPCC.

6.0.3 Un aumento hipotético de entre 20 y 30 cm en el nivel del mar (inferido para 2050) plantea problemas en los países insulares de escasa altitud y en las zonas costeras, ya que destruiría tierras productivas y las reservas de agua dulce. La protección de estos territorios entrañaría un gasto considerable.

6.0.4 Una elevación de 1 m en el nivel del mar (valor máximo inferido para 2100) borraría del mapa varios estados soberanos, desplazando poblaciones enteras, destruyendo infraestructuras urbanas próximas al nivel del mar, inundando tierras productivas, contaminando las reservas de agua dulce y alterando el perfil de las costas. Estos efectos sólo podrían evitarse a costa de unos gastos exorbitantes. La gravedad de la situación variará según la costa, y estará en función de la rapidez con que se produzca el aumento.

6.0.5 La ecología costera resultará también afectada por la rapidez de aumento del nivel del mar. Una elevación demasiado rápida podría reducir o eliminar muchos ecosistemas litorales, anegando formaciones de coral, reduciendo la diversidad biológica y alterando los ciclos vitales de numerosas especies de importancia económica y cultural.

6.0.6 Por otra parte, la erosión de las tierras húmedas y una mayor disponibilidad de materia orgánica como consecuencia del aumento del nivel del mar podría incrementar la productividad en los estuarios y cerca de las costas durante varias décadas.

6.0.7 La elevación de las temperaturas alterará el balance térmico de los océanos mundiales, y producirá desplazamientos en circulación oceánica. La alteración de las pautas de circulación oceánica, y en particular la formación de masas de agua profundas en latitudes elevadas, influirá en la capacidad del océano para absorber calor atmosférico y CO₂. Experimentarán también una transformación las corrientes ascendentes de aguas ricas en sustancias nutrientes, de las que dependen muchas pesquerías, fenómeno que originará un descenso de la producción básica en las zonas ascendentes de mar abierto

y un aumento de dicha producción en las litorales. Otra de las repercusiones será la alteración de los procesos químicos implicados en los ciclos biogeoquímicos (por ejemplo, el ciclo mundial del carbono, que influye en la rapidez de acumulación del CO₂ atmosférico).

6.0.8 Los perjuicios ecológicos y biológicos variarán según la zona geográfica de los distintos océanos. La pérdida de hábitat afectará a la diversidad de especies biológicas, dará lugar a una nueva distribución de los organismos marinos y desplazará las zonas pesqueras de los océanos.

6.0.9 Un aumento simultáneo de la temperatura del agua y del nivel de los mares podría alterar la distribución de especies importantes para el comercio y de organismos de la flora y fauna bénticas. A escala mundial, las alteraciones en las pesquerías podrían tal vez equilibrarse a largo plazo, aunque con importantes desplazamientos regionales, que acarrearían graves efectos socioeconómicos.

6.0.10 Los fletes marítimos y el transporte por mar se beneficiarán de una disminución de los hielos oceánicos y de ligeros aumentos de calado en los puertos, si bien para ciertos mamíferos y pájaros marinos de hábitat helado desaparecerán las rutas migratorias y de caza, así como sus hábitats básicos.

6.0.11 El aumento de las radiaciones ultravioleta B podría influir ampliamente en los procesos biológicos y químicos, en las especies vivientes de la capa superior de los océanos, en los corales y en los terrenos anegados. Aunque estos impactos son de consideración, el conocimiento que de ellos se tiene es imperfecto.

Repercusiones del aumento del nivel del mar en las zonas costeras

6.0.12 La magnitud y rapidez con que aumente el nivel del mar determinarán la aptitud de los ecosistemas sociales y naturales para adaptarse a dicha variación. Los efectos directos de este fenómeno son inmediatos: anegamiento de las zonas costeras bajas, erosión y recesión de los litorales arenosos y marismas, oscilación más acentuada de las mareas, e intrusión del frente salino en los estuarios; aumento de la sedimentación en la zona de recorrido de las mareas; y mayor posibilidad de contaminación por agua salada de los acuíferos costeros de agua dulce. Las alteraciones climáticas predichas podrían afectar también a la frecuencia e intensidad de las tormentas y huracanes costeros, que son los principales determinantes de los rasgos geomórficos de la costa y del oleaje de altura.

6.0.13 Los impactos socioeconómicos de estos efectos físicos directos son inciertos y más difíciles de evaluar, además de presentar un carácter regional o local. Los efectos de orden físico pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- posible amenaza para las poblaciones que habitan en regiones próximas al nivel del mar y en países insulares;
- alteración y degradación de las propiedades biofísicas de playas, estuarios y marismas;
- anegamiento, erosión y recesión de barreras arenosas (playas) y perfiles costeros.

Amenaza para las poblaciones próximas al nivel del mar y de países insulares

6.0.14 El impacto socioeconómico más importante del aumento del nivel del mar será el anegamiento de llanuras costeras intensamente explotadas y densamente pobladas. Una elevación de 1 m produciría en varios países una recesión de las costas de varios kilómetros. En otros países, la proporción de territorio que se encuentra entre 1 m y 5 m por encima del nivel del mar es considerable, tratándose además de áreas densamente pobladas. Así, por ejemplo, un aumento de 1 m podría anegar del 12% al 15% de las tierras roturables de Egipto y el 14% de la parte cultivable neta de Bangladesh, dando así origen al desplazamiento de millones de habitantes.

6.0.15 El aumento del nivel del mar expondrá también una mayor proporción de zonas bajas costeras a inundaciones causadas por tormentas violentas. Aunque sería muy costoso, podría protegerse de estos efectos a las áreas densamente pobladas, pero no a los pequeños núcleos de población dispersos a lo largo de la costa. En situaciones así, podría ser necesario reinstalar a grandes masas de población. Otra de las consecuencias de la elevación del nivel del mar sería un mayor adentramiento de agua salada en estuarios de agua dulce, además de un mayor recorrido de las mareas. Se reduciría con ello la proporción de agua dulce en las desembocaduras de los ríos, especialmente en épocas de sequía, perjudicando al abastecimiento de agua dulce para fines urbanos e industriales y contaminando las aguas freáticas costeras, que también abastecen de agua a numerosos núcleos de población. Este fenómeno afectará a muchas grandes ciudades próximas a estuarios, especialmente aquellas en que la elevación de temperaturas ocasione también una disminución proyectada de la escorrentía neta de agua dulce.

6.0.16 A medida que el nivel del mar aumente, por último, se verá también afectada buena parte de la infraestructura urbana próxima al nivel del mar, lo que exigirá importantes trabajos de ingeniería y considerables inversiones, en particular para modificar la red de alcantarillado de numerosas ciudades. Las estructuras de protección costeras, autopistas, plantas eléctricas y puentes podrían requerir un nuevo diseño o un reforzamiento a fin de poder resistir la intensificación de inundaciones, erosión, tormentas violentas, oleaje e intrusión de agua salada.

Alteración de las propiedades biofísicas de los estuarios y marismas

6.0.17 Un más rápido aumento del nivel del mar podría modificar considerablemente la distribución de las marismas costeras. Las marismas de agua salada, levemente salada o dulce, así como los manglares y otros tipos de terreno pantanoso desaparecerían por anegamiento y erosión; otros se transformarían, adaptándose al nuevo régimen hidrológico e hidráulico, o migrarían hacia el interior accediendo a terrenos bajos no defendidos por estructuras de protección. Durante el período de transición, la idoneidad de estos terrenos como habitat para la flora y fauna declinaría, y la diversidad de especies sería menor. Aunque numerosas marismas han mantenido o aumentado su extensión al tiempo que la sedimentación y la formación de turba elevaban el nivel del mar, nunca se ha observado una acreción vertical de las marismas tan rápida como la elevación del nivel del mar proyectada para el próximo siglo.

6.0.18 Las marismas son esenciales para la ecología y la economía de las zonas costeras. Aunque su productividad biológica es igual o superior a la de cualquier otro sistema natural o agrícola, podría ocurrir que sólo una pequeña parte fuese accesible a los animales del entorno y a las pesquerías. Más de la mitad de las especies de peces comercialmente importantes de Estados Unidos utilizan las marismas saladas como lugares de cría. Las marismas son también sumideros de polución y protegen en gran medida de las inundaciones, tormentas y mareas altas. Atendiendo a estas funciones, las marismas podrían suponer para la sociedad un valor de hasta 5.500 dólares por acre, es decir, de más de 10.000 dólares por hectárea.

6.0.19 La existencia de marismas y estuarios es importante para muchas especies. Si el aumento del nivel del mar fuese demasiado rápido, la sucesión natural de la ecología costera sería imposible, con lo que se alterarían considerablemente los ciclos biológicos. A corto plazo, el anegamiento y descomposición de las marismas irá acompañado de una mayor abundancia de peces, mejorando así en algunos casos el habitat de las pesquerías y proporcionando más sustancias nutrientes. La mayor frecuencia de anegamiento aumentará también la riqueza nutritiva por lixiviación de los suelos y de la turba. En el suroeste de Estados Unidos, donde el aumento del nivel del mar es mayor por efecto del hundimiento del terreno, parece estar registrándose un aumento transitorio de la productividad, tal como se ha descrito. Esta bonanza transitoria de las especies acuáticas, sin embargo, podría ir acompañada de efectos perjudiciales para las aves y otras especies como consecuencia de una menor superficie del habitat. En conjunto, a largo plazo (hacia 2050) el efecto del cambio climático sobre las especies acuáticas y silvestres será probablemente negativo.

6.0.20 En relación con las alteraciones que el aumento del nivel del mar podría inducir en los ciclos biogeoquímicos de las sustancias químicas, conviene señalar lo siguiente: i) el anegamiento de extensiones costeras y la erosión de los

suelos producirán un aumento de las concentraciones de nitrógeno y fósforo a escala regional (en latitudes subpolares y medias, y en particular en el mar de Bering); ii) asimismo, el anegamiento de las costas podría liberar gran número de plaguicidas actualmente retenidos en los sedimentos.

6.0.21 El conjunto de los cambios climáticos producirá un desplazamiento de los ecosistemas costeros hacia el interior - siempre y cuando las poblaciones humanas se lo permitan - y hacia los polos. Si el aumento del nivel del mar es, como indican las predicciones, rápido, probablemente disminuirá la productividad, aunque en las zonas de marisma aumentará posiblemente durante algunos decenios antes de decaer de nuevo. En el momento en que los océanos empiecen a estabilizarse en su nuevo nivel (suponiendo que esta situación se produzca en un futuro previsible), la productividad iniciará una disminución.

Anegamiento y recesión de barreras insulares, atolones de coral y otros perfiles costeros

6.0.22 El aumento del nivel del mar ocasionará el anegamiento y recesión de todo tipo de frentes costeros, especialmente en las zonas próximas a la superficie del mar. Son muchas las playas en que la pendiente es inferior o igual a 1:100 en ellas, una elevación oceánica de 1 m inundaría 100 m de superficie. Los procesos erosivos normales, y entre ellos las trombas de tormenta y el batido de las olas, acentuarían aún más la recesión de la línea costera. El efecto más grave podría ser la destrucción de los atolones de coral, ya que estas áreas insulares constituyen tanto habitats humanos confinados como habitats ecológicos de importancia y de gran diversidad de especies. A diferencia de las áreas continentales, en las que siempre es posible encontrar nuevos asentamientos para poblaciones afectadas por la recesión costera, en las islas de coral las posibilidades son muy escasas. Si el ritmo de aumento del nivel del mar fuese superior a la rapidez máxima de crecimiento vertical de los corales (8 mm/año), el anegamiento y la erosión serían los procesos predominantes, lo que significaría la muerte de los atolones de coral. Sin embargo, si el nivel del mar se elevase lentamente el crecimiento del coral podría continuar a su ritmo normal. Aunque en las costas continentales cabría adoptar soluciones de ingeniería para retrasar la erosión y defender la costa frente a las tormentas, no existe un medio efectivo que permita proteger los atolones de coral.

6.0.23 Las barreras de playas no sólo revisten importancia para la sociedad - como medios de subsistencia y de recreación - sino que sirven también de protección para las lagunas y territorios interiores frente a las tormentas de las costas. Las áreas costeras siempre han estado expuestas a peligros naturales. En ellas, las comunidades humanas se han adaptado o han procurado controlar los efectos más rigurosos de la variabilidad climática. Con toda seguridad, la pérdida de territorios costeros habitables, en los que normalmente la densidad de población es alta, dará origen a la creación masiva de nuevos núcleos de población. Dado que en su mayor parte las pesquerías están situadas en las

mismas áreas vulnerables, las repercusiones lo serán por partida doble: es decir, habrá una reducción de los habitats ecológicos (marismas) que albergan poblaciones de peces, y además las áreas costeras habitables se verán más amenazadas. En numerosas partes del planeta, una elevación de 1 m o incluso de 0,5 m de los océanos afectará a miles de kilómetros de costas y a millones de personas. En la mayor parte de estas extensiones, la prevención de los principales efectos físicos resultará antieconómica. Por consiguiente, la perspectiva de que se produzcan repercusiones negativas debe considerarse extremadamente importante y prácticamente irreversible.

Efectos sobre los océanos

6.0.24 El calentamiento del clima mundial podría modificar los procesos físicos, químicos y biológicos del océano y afectar a la productividad de éste y de los recursos pesqueros. Una duplicación efectiva de los niveles de CO₂ podría causar un aumento de la temperatura en la superficie del mar entre 0,2° y 2°C alterando, además, los componentes del equilibrio térmico. El impacto será distinto según la zona geográfica.

6.0.25 Además, un aumento del CO₂ atmosférico podría elevar hasta 0.3 pH la acidez del agua del mar e incrementar la elevación de las lisoclinas (como consecuencia de una mayor disolución de CaCO₃). Estos procesos podrían ir acompañados de una menor estabilidad de la asociación entre elementos metálicos vestigiales y humus acuático, agravando así los efectos tóxicos de estas sustancias en los organismos marinos y alterando las pautas de deposición.

6.0.26 Los ecosistemas costeros serán los más amenazados por el aumento de la temperatura del agua y, especialmente, por la elevación del nivel oceánico. En las regiones que los albergan, la perturbación de las condiciones hidrológicas e hidroquímicas irá acompañada de un desplazamiento de las zonas de sustento de numerosas especies marinas comerciales y organismos de la flora béntica, así como de una alteración de la estructura trófica de las comunidades costeras y, en consecuencia, de una menor productividad de éstas. En una primera etapa, a medida que aumente el aflujo de elementos nutrientes en el proceso de anegamiento de las tierras, podría observarse un cierto aumento de la productividad en las áreas costeras.

6.0.27 La alteración del balance térmico y del sistema de circulación de los océanos incidirá directamente en la productividad de los ecosistemas marinos. Teniendo en cuenta que el 45% de la producción anual total se obtiene de las zonas de corriente ascendente oceánicas y costeras y de las regiones subpolares, la modificación de dichas regiones determinará la productividad futura de los océanos.

6.0.28 Ciertas aplicaciones numéricas de los modelos de circulación general al sistema atmósfera-océano y otros datos paleoceanográficos indican que la elevación mundial de temperaturas irá acompañada de un debilitamiento de las

corrientes ascendentes oceánicas como consecuencia de un menor gradiente de temperaturas en las regiones meridionales. Este proceso traerá aparejada una menor productividad de dichos ecosistemas. Sin embargo, una cierta intensificación de las corrientes ascendentes costeras, resultante de una diferencia de temperaturas más acusada entre la tierra y el agua, compensaría parcialmente ese efecto. Además, el aumento de las temperaturas en latitudes altas conllevará un aumento de la productividad en esas regiones. De resultados de todo ello, se producirá probablemente una redistribución de las zonas productivas, alterándose así la estructura trófica de los ecosistemas marinos y las condiciones que determinan la formación de bancos de especies de pesca comerciales.

6.0.29 El aumento de la zona que abarca las aguas ecuatoriales y tropicales templadas dará origen a un desplazamiento de comunidades pelágicas y bénticas de esas áreas hacia latitudes boreales y templadas. Esta circunstancia podría afectar considerablemente a la estructura de las pesquerías. En un clima más cálido, los procesos de biodegradación se intensificarán en hasta un 30-50% en la zona de latitudes elevadas. Este factor, junto con el esperado aumento de las radiaciones ultravioleta B como consecuencia del agotamiento de la capa de ozono, podría acelerar la degradación bacteriana y fotoquímica de los contaminantes y acortar su "período de residencia" en el medio marino. Las consecuencias ecológicas y biológicas del cambio climático diferirán según la zona geográfica. A escala regional, es necesario un estudio sobre el ciclo biogeoquímico del carbono, especialmente con respecto a los ecosistemas más productivos y vulnerables de los océanos.

6.0.30 El estudio de los ecosistemas subpolares y polares del mar de Bering, del Océano Glacial Ártico y del océano del hemisferio sur, altamente productivos, es importante, ya que serán las latitudes elevadas las que protagonicen los cambios más importantes. Estas áreas son de importancia para el ciclo mundial total del carbono oceánico, así como para los procesos de formación del clima, para los recursos pesqueros y para la producción de mamíferos y aves marinas.

6.0.31 La realización de investigaciones internacionales - por ejemplo, las previstas para la región del mar de Bering- coadyugarán a determinar el papel desempeñado por los ecosistemas subpolares en la formación del clima; a ese respecto, sería también útil estudiar las posibles repercusiones ecológicas del calentamiento mundial sobre los océanos, y en particular sobre las pesquerías.

6.0.32 Para las pesquerías y poblaciones de mamíferos marinos más castigadas por la pesca, la alteración del clima intensificará estas presiones y hará más probable su agotamiento. Para otras especies, sin embargo, el nuevo clima podría ser más propicio.

6.0.33 Una de las ventajas del aumento de las

temperaturas será la disminución de los hielos marinos y, por consiguiente, un mejor acceso para el transporte marítimo, aunque esta situación podría tener contrapartidas de orden ecológico. Los animales terrestres se valen de los hielos marinos como medio para la migración y para la caza, mientras que para muchas especies de animales marinos (por ejemplo, focas, osos polares o pingüinos) el hielo oceánico forma parte integrante de su hábitat. Así, un menor volumen o duración de los hielos podría dificultar la existencia de estos animales. Un aumento moderado del nivel del mar - siempre y cuando no llegue a amenazar las instalaciones portuarias - podría resultar beneficioso por el hecho de aumentar el calado permisible en los puertos y canales poco profundos.

Actuaciones recomendadas

- Identificar y evaluar los riesgos que un aumento de entre 0,3 y 0,5 m en el nivel del mar entrañaría para las áreas costeras e islas y para sus recursos vivientes.
- Evaluar los niveles de lixiviación de sustancias químicas tóxicas que produciría el aumento del nivel del mar.
- Mejorar los métodos de análisis de los principales componentes del ciclo del carbono en el océano (carbonatos y carbono orgánico).
- Evaluar los posibles efectos que en los ecosistemas oceánicos y de estuarios produciría un aumento de la radiación ultravioleta-B como consecuencia del agotamiento del ozono estratosférico.
- Determinar el impacto ecológico de la disminución de las masas de hielo marino en las regiones ártica y antártica.
- Desarrollar metodologías que permitan evaluar los efectos de las alteraciones oceánicas y costeras sobre los recursos biológicos marinos, así como sus consecuencias socioeconómicas.
- Desarrollar y poner en práctica sistemas multinacionales de detección y observación de las repercusiones medioambientales y socioeconómicas que se prevén como consecuencia de la alteración de los océanos y de las costas.

7. Repercusiones del cambio climático sobre la cubierta de nieve estacional, el hielo y el permafrost, y sus consecuencias socioeconómicas

Conclusiones principales

7.0.1 Las conclusiones principales son:

- Disminuirán considerablemente tanto la extensión como el volumen de la criosfera terrestre (cubierta de nieve estacional, capas cuasi - superficiales de permafrost, y ciertas masas de hielo). A escala regional, esta reducción podría influir considerablemente en los ecosistemas y en las actividades sociales y económicas vinculadas a ese entorno.
- El deshielo y la disminución de la superficie criosférica pueden potenciar el aumento de las temperaturas, (retroacción positiva) por efecto de la alteración de los balances radiativos y térmicos mundiales y locales y de la emisión de gases de efecto invernadero. Este efecto multiplicador podría acentuar la rapidez del calentamiento planetario y, en algunas regiones, podría originar cambios bruscos en lugar de graduales. La posibilidad de que se produzcan cambios relativamente rápidos confiere aún más importancia a este tipo de repercusiones.
- Según las proyecciones, la cubierta de nieve estacional disminuirá en extensión y en duración en la mayor parte de las regiones y particularmente en latitudes medias, aunque tal vez algunas regiones de latitud elevada, en el Ártico y en el Antártico, registrarán un aumento.
- La disminución de la cubierta estacional podría tener consecuencias socioeconómicas positivas o negativas, según su incidencia en los recursos hídricos regionales, y en los transportes y actividades recreativas de invierno.
- Globalmente, se prevé una disminución del hielo de los glaciares y del manto de hielo. Sin embargo, las respuestas a nivel regional se verán complicadas por los efectos de un aumento de las precipitaciones de nieve en ciertas áreas, que podría originar acumulaciones de hielo. La recesión glacial tendrá consecuencias importantes en cuanto a los recursos hídricos locales y regionales e influirá, por tanto, en la disponibilidad de agua y en las posibilidades de generación hidroeléctrica. Aunque en un principio el deshielo más rápido de los glaciares aumentará el flujo de agua de deshielo, a medida que las masas de hielo glacial disminuyan, el caudal irá menguando hasta desaparecer. La recesión glacial y la disminución del manto de hielo contribuirán también, a su vez, a la elevación del nivel del mar.
- Al engrosar el espesor de la capa estacional (activa) de hielo-deshielo y producirse una recesión del permafrost a latitudes y altitudes mayores, uno de los efectos posibles es la degradación del permafrost. En los próximos 40 ó 50 años se espera un aumento de espesor de la capa activa de 1 m. Aunque en las zonas

climáticas ciertos límites experimentarán un desplazamiento considerable, la recesión del permafrost se producirá con mucha mayor lentitud, ya que avanzará tan sólo 25-50 km en los próximos 40-50 años. Estos cambios podrían crear inestabilidades del terreno, erosiones y corrimientos de tierras en las áreas actualmente situadas sobre masas de permafrost.

- Las consecuencias socioeconómicas de estas alteraciones del permafrost pueden ser notables. La alteración del terreno y la mayor o menor disponibilidad de agua podrían modificar considerablemente los ecosistemas bajo los que yacen masas de permafrost. Asimismo, las alteraciones del permafrost podrían amenazar la integridad de las estructuras construidas o previstas y de las instalaciones e infraestructura correspondientes. Como mínimo, será necesario efectuar reajustes o modificaciones de diseño; sin embargo, en ciertos casos las deformaciones del terreno y/o los costes (de orden ambiental, social o económico) podrían ser prohibitivos y el abandono sería inevitable. También las posibilidades de desarrollo podrían verse afectadas, ya que en algunas áreas el riesgo aparejado a la degradación del permafrost podría ser considerado disuasorio.
- La sensibilidad de la criosfera al clima y a los cambios climáticos hace de ella un medio efectivo de monitoración y detección del cambio climático.
- En el momento actual, la falta de datos y las lagunas en el conocimiento de los procesos intervinientes impiden efectuar una evaluación más cuantitativa.

Cuestiones principales

7.0.2 El componente terreno de la criosfera agrupa a la cubierta de nieve estacional, los glaciares de montaña, los mantos de hielo y los terrenos helados (en particular, el permafrost y los terrenos helados estacionales). Estos elementos abarcan aproximadamente 41 millones de km², de los que la cubierta estacional de nieve recubre hasta el 62% del continente eurasiático y prácticamente la totalidad de Norteamérica al norte del paralelo 35°.

7.0.3 Las alteraciones del clima inferidas reducirán enormemente, tanto en superficie como en volumen, estos componentes de la criosfera. Con ello no solamente se verán afectados la disponibilidad de agua dulce, el nivel de los océanos y las características de los terrenos, sino también las sociedades y los sistemas económicos que dependen en cierta medida de la criosfera terrena o que están limitados por ella.

7.0.4 Los mecanismos de retroacción (feedback) arrojan considerable luz sobre los efectos del cambio climático en la criosfera terrena. La menor cobertura de los componentes

de la criosfera y la degradación del permafrost como consecuencia de la elevación de las temperaturas podrían acelerar este efecto por el hecho de alterar las características de la superficie y liberar gases de efecto invernadero.

7.0.5 En cuanto a las consecuencias socioeconómicas de la alteración de la criosfera terrena, su impacto dependerá en gran medida de la rapidez con que se produzcan los cambios. Allí donde el cambio sea rápido o repentino, el medio ambiente y los sistemas sociales y económicos afectados tendrán poco tiempo para adaptarse. En estas circunstancias, las repercusiones y las consecuencias socioeconómicas podrían ser considerables.

Cubierta estacional de nieve

7.0.6 Según los resultados de los modelos de circulación general, en la mayor parte de los hemisferios norte y sur la superficie de la cubierta de nieve disminuirá como consecuencia del aumento de las temperaturas y, en la mayoría de las regiones, disminuirá también la masa total de nieve. La cubierta de nieve aumentaría, en cambio, en las latitudes al sur del paralelo 60° S y en las alturas superiores del interior de Groenlandia y de la Antártida (aunque esta última es y seguirá siendo en buena parte un desierto helado).

7.0.7 La disminución de la superficie ocupada por la cubierta de nieve y la menor duración estacional de ésta producirá una retroacción de signo positivo, acentuando el calentamiento mundial por efecto del mayor porcentaje de radiación solar absorbida (es decir, no reflejada).

7.0.8 Las consecuencias socioeconómicas de la disminución de la cubierta de nieve serán tanto positivas como negativas. Por una parte, en los sistemas para los que la nieve constituye una protección (es decir, un aislamiento) frente a los climas invernales fríos, el riesgo de daños y pérdidas será mayor. Se encuentran en este caso ciertos cultivos agrícolas, como el trigo invernal, ciertos árboles y arbustos, las especies hibernantes y, en otro orden de conceptos, la construcción y mantenimiento de infraestructuras locales.

7.0.9 La disminución, tanto en términos de duración como de extensión, de la cubierta estacional de nieve incidirá notablemente en los recursos hídricos, al reducir la cantidad de agua disponible para usos de consumo (por ejemplo, para beber o regar) y para otros usos (por ejemplo, generación de energía hidroeléctrica o gestión de desechos). Algunas regiones especialmente sensibles son los Alpes y los Cárpatos, las montañas Altai del Asia central, las regiones de Syr Dar'ya y Amu Dar'ya de la URSS, las montañas Rocosas y las grandes llanuras norteamericanas, en todas las cuales la nieve fundida constituye una gran parte de los recursos hídricos de primavera y verano.

7.0.10 Las alteraciones de la cubierta de nieves afectarán también al turismo y a las industrias y personas que viven

del sector recreativo, especialmente en el caso del esquí. En Ontario (Canadá) el cambio climático inferido podría ocasionar a la industria del esquí una pérdida de 50.000.000 de dólares anuales.

7.0.11 Por otra parte, la disminución de la cubierta de nieve estacional reducirá los gastos de retirada de nieve y facilitará accesos, aliviando así ciertos problemas de transporte. La repercusión será negativa, sin embargo, en aquellas áreas en que el transporte invernal se efectúa sobre caminos de nieve. La desaparición de estos caminos obligará a recurrir a otros métodos de transporte más costosos.

Mantos de hielo y glaciares

7.0.12 Las relaciones existentes entre el clima y los mantos de hielo y glaciares son complejas y, a falta de una observación e investigación suficientes, imperfectamente comprendidas por el momento. En términos generales, el aumento de las temperaturas producirá una mayor ablación y, por lo tanto, una disminución de las masas de hielo. El aumento de las precipitaciones de nieve, por el contrario, incrementa por lo general la masa de hielo. Puesto que en algunas regiones cubiertas de hielo los cambios climáticos inferidos traerán aparejado tanto un aumento de la temperatura como de las precipitaciones de nieve, para comprender los efectos del cambio climático en los glaciares y en los mantos de hielo habrá que tener en cuenta ambos factores.

7.0.13 El grueso de la masa de hielo de la Tierra se encuentra acumulado en el manto de hielo de la Antártida, dividido entre una parte oriental, que descansa sobre la corteza continental, y una gran parte occidental bajo la cual hay tierra y océano. La masa de hielo restante corresponde en gran parte al manto de hielo de Groenlandia, existiendo además otras cantidades menores en forma de glaciares repartidos a todo lo ancho del planeta.

7.0.14 Aunque se dispone de pocos datos de observación, se estima que los mantos de hielo de la Antártida y de Groenlandia están en la actualidad en equilibrio, siendo los aumentos anuales muy próximos a las pérdidas. Parece haber indicaciones de que el manto de hielo de Groenlandia ha ido engrosando desde los últimos años 70, fenómeno que ha sido atribuido a nuevas acumulaciones de nieve sobre dicho manto.

7.0.15 El cambio climático inducido por gases de efecto invernadero atemperará poco a poco estas formaciones hasta alcanzar un equilibrio coherente con el nuevo régimen climático. Sin embargo, la variación de volumen del manto de hielo será probablemente lenta, no siendo de esperar pérdidas considerables antes de 2100. En Groenlandia, según los cálculos podría perderse un 3% del volumen de hielo en los próximos 250 años si el clima evolucionase con arreglo a las proyecciones. En el caso del manto de hielo de la Antártida, la situación es más compleja. En la parte

oriental, se espera que la masa de hielo permanezca prácticamente invariable o engrose lentamente por efecto de un aumento de las precipitaciones y de las temperaturas. La parte occidental, en cambio, es - al igual que otras formaciones de hielo marino - intrínsecamente inestable.

7.0.16 El calentamiento del clima podría dar lugar a una recesión de los confines de tierra firme y a la rápida dispersión de hielo en el océano circundante inducida por corrientes de hielo de fluidez relativamente alta. Estas alteraciones podrían acabar con una parte del manto de hielo occidental de la Antártida, fenómeno que, en función del volumen de hielo afectado, podría producir tremendas repercusiones en el nivel del mar y en el medio ambiente circundante.

7.0.17 La respuesta de los glaciares al cambio climático variará según el tipo de glaciar y su situación geográfica. En términos generales, no obstante, los glaciares han recedido durante los últimos 100 años y previsiblemente el cambio climático no hará sino favorecer esta tendencia. En Austria, un atemperamiento de 3°C proyectado de aquí a 2050 reducirá aproximadamente en la mitad la extensión de los glaciares alpinos. En los archipiélagos árticos de la Unión Soviética, la fusión de los glaciares podría entrañar su desaparición en un plazo de 150 a 250 años. En la zona templada de Eurasia, en cambio, los estudios indican que de aquí a 2020 los glaciares de montaña permanecerán básicamente inalterados, ya que el aumento de las precipitaciones compensará la mayor rapidez de deshielo.

7.0.18 La fusión del manto de nieve y de los glaciares originará una elevación del nivel de los océanos. Las observaciones efectuadas durante este último siglo indican que dicho nivel ha aumentado entre 1 y 3 mm por año, fundamentalmente como consecuencia del deshielo de los glaciares alpinos. Las proyecciones actuales sugieren una elevación más rápida a causa del efecto invernadero, hasta llegar a finales del próximo siglo a 65 cm como valor más probable.

7.0.19 El deshielo glacial podría tener un efecto desmultiplicativo sobre la elevación de las temperaturas a nivel regional y mundial, ya que la fusión del hielo y de la nieve absorberán calor de la atmósfera, contrarrestando así el aumento de la temperatura.

7.0.20 El deshielo de los glaciares influirá también en los ciclos hidrológicos regionales. En Nueva Zelanda, se ha estimado que un aumento de las temperaturas de 3°C acrecentaría a corto plazo el aflujo de aguas de origen glacial a ciertos ríos occidentales, incrementando en un 10% la generación de energía eléctrica. Otro de los efectos de la recesión de los glaciares será un posible mayor aflujo de morrena. En las pendientes muy inclinadas, la desaparición del hielo dejará al descubierto grandes cantidades de morrena que quedará, por tanto, expuesta a la erosión. Ello dará origen a aludes que cubrirán estructuras, vías de tráfico y vegetación. Asimismo, la caída de morrena producirá

obstrucciones fluviales y un mayor volumen de sedimento por efecto de las alteraciones cuantitativas (por ejemplo, inundaciones locales o aminoramientos de caudal) y cualitativas de las aguas.

Permafrost

7.0.21 El permafrost es la parte de la criosfera terrena integrada por suelos y rocas que durante todo el año se mantienen a temperaturas iguales o inferiores al punto de congelación. Contiene habitualmente hielo en formas diversas, desde el incrustado en los poros del suelo hasta grandes masas de hielo más o menos puro, de varios metros de espesor. La presencia de hielo en el terreno hace que éste se comporte como tierra firme, pero también lo hace vulnerable al cambio climático.

7.0.22 En la actualidad, entre un 20% y 25% de la superficie terrestre de la Tierra contiene permafrost, principalmente en las regiones polares, aunque también en las zonas alpinas de latitudes bajas. Ocupa aproximadamente 10,7 millones de km² de la Unión Soviética, 5 millones de km² en Canadá, 2 millones de km² en China y 1,5 millones de km² en Alaska. Aunque la presencia de permafrost y sus características están básicamente determinadas por el clima del pasado y del presente, existen también otros factores importantes: por ejemplo, las propiedades del suelo, el tipo de terreno sobreyacente, el tipo de vegetación o la cubierta de nieves.

7.0.23 La presencia de permafrost está vinculada a unos valores de temperatura media anual del aire inferiores a -1°C. A temperaturas próximas a este valor, la capa de permafrost presenta discontinuidades (zona de permafrost discontinua). A medida que aumenta la latitud y, consiguientemente, disminuyen las temperaturas, su amplitud y espesor son mayores, llegando a alcanzar 1000 m o más de profundidad en ciertas partes de Canadá, en torno a 1500 m en la Unión Soviética y entre 100 y 250 m en China.

7.0.24 También en los lechos marinos pueden existir masas de permafrost. Aunque existen grandes cantidades de terreno amalgamado con hielo en la plataforma continental que subyace al Océano Glacial Ártico, este tipo de permafrost es relictual (es decir, se formó en condiciones geológicas anteriores, pero no podría formarse en las actuales).

7.0.25 Por el hecho de existir a temperaturas próximas a su punto de fusión, el permafrost es básicamente inestable. La parte de su volumen más próxima a la superficie es la más susceptible a las alteraciones del clima. La elevación de las temperaturas ensancharía los límites de la capa activa, dando con ello lugar a una menor estabilidad del suelo. Esta degradación del permafrost originaría un reasentamiento por deshielo de la superficie (termokarst) y un embalsamiento de las aguas superficiales, así como fallas inclinadas (corrimientos de tierras) y un mayor hundimiento de suelos. Esta inestabilidad del terreno amenazaría la integridad y estabilidad de carreteras, conducciones, cam-

pos de aterrizaje, presas, embalses y otros tipos de instalaciones en las áreas sobreyacentes a masas de permafrost. La degradación del permafrost en áreas alpinas (por ejemplo, en los Alpes) puede conferir también inestabilidad a la capa superficial. A su vez, esta inestabilidad entrañaría un riesgo de caída de rocas de deshielo y de avalanchas de lodo.

7.0.26 Las fallas inclinadas, el termokarst y la pérdida de humedad en las proximidades de la superficie, que como consecuencia del mayor espesor de la capa activa alejarían de la superficie unos recursos de agua ya limitados, afectarían perjudicialmente a la vegetación, reduciendo considerablemente la población vegetal. A largo plazo, la degradación del permafrost favorecería el crecimiento de especies de raíz más profunda y hoja más ancha, y una mayor densidad de los bosques de coníferas. Las alteraciones del terreno y de la hidrología superficial y en la disponibilidad de alimentos afectarían también a la fauna. Todo ello podría acarrear la extinción de determinadas especies y la desaparición de ciertos habitats, especialmente por desecación de terrenos anegados o por inundación de otros como consecuencia del deshielo.

7.0.27 Para evaluar localmente los efectos de un cambio climático sobre el permafrost es preciso considerar otros factores además de la temperatura, por ejemplo la variación de las precipitaciones en verano y de la cubierta de nieve. En general, sin embargo, la elevación proyectada de las temperaturas durante los próximos decenios conferirá una profundidad considerablemente mayor a la capa activa e iniciará una recesión del permafrost hacia el norte. Se prevé que un aumento de 2°C a escala mundial desplazará como mínimo entre 500 y 700 km hacia el norte y el noroeste la linde meridional de la actual zona climática sobreyacente a masas de permafrost en la mayor parte de Siberia. La parte más meridional del actual permafrost avanzará más lentamente, desplazándose tan solo entre 25 y 50 km en los próximos 40 a 50 años (lo que equivale a una reducción del 10% de un área bajo la que existe una capa de permafrost continuo). El espesor de la capa activa aumentará en 1 m durante los próximos 40-50 años. En Canadá, las alteraciones previstas del permafrost son de magnitud análoga.

7.0.28 El deshielo del permafrost originaría el desprendimiento de gas metano y, en menor medida, de CO₂ provenientes de sustancias orgánicas anteriormente congeladas y de hidratos gaseosos. Aunque no se sabe con certeza en qué medida influirán estas consecuencias en el efecto invernadero, se estima que podrían elevar en 1°C las temperaturas para mediados del siglo próximo.

7.0.29 Los impactos socioeconómicos de la degradación del permafrost serán heterogéneos. En las regiones septentrionales, los costes de mantenimiento de edificios, carreteras y conducciones aumentarán como consecuencia del abandono de algunas instalaciones y de su reconstrucción en nuevos emplazamientos. Será necesario

modificar las actuales prácticas de construcción y, asimismo, los métodos de evacuación de desechos insalubres. Para la agricultura, silvicultura, caza y captura de animales, en cambio, el deshielo del permafrost resultará beneficioso.

Actuaciones recomendadas

7.0.30 Las alteraciones climáticas proyectadas como consecuencia del efecto invernadero darán origen a la ablación de masas de hielo en todo el planeta. Sin embargo, no se sabe con certeza en qué manera se manifestará esta respuesta a nivel regional o local, ni cómo responderán las masas de hielo ni los hielos y nieves estacionales. En latitudes elevadas y regiones de mayor altitud, los efectos más importantes del cambio climático se manifestarán en forma de alteraciones de la criosfera terrena. Es más, esta parte de la tierra es especialmente idónea para detectar rápidamente los efectos del cambio climático. Para ello, será necesario comprender más a fondo la naturaleza y la dinámica de estas masas de hielo, así como los factores que determinan su comportamiento. A tal fin, será necesario:

- crear o mejorar programas sistemáticos de observación integrados y adecuados a las investigaciones sobre la utilización de sistemas terrenos y tecnologías de teledetección más eficaces que permitan obtener información de base y reconocer tendencias;
- monitorizar simultáneamente las instalaciones, estructuras y recursos naturales concernientes que corren peligro como consecuencia de los cambios previstos en la criosfera terrena;
- determinación de nuevas directrices y procedimientos de diseño y métodos de construcción en los que se tengan en cuenta los efectos del cambio climático sobre el permafrost;
- investigar, especialmente mediante cooperación internacional, las relaciones existentes entre los componentes de la criosfera terrena y el clima, junto con otros factores determinantes, en particular los mecanismos multiplicativos o desmultiplicativos;
- perfeccionamiento de los actuales modelos de interacción clima-criosfera terrena;
- efectuar, a escala nacional y regional, evaluaciones de impacto que proporcionen datos e información sobre las repercusiones del cambio climático en áreas vinculadas a componentes de la criosfera terrena, así como sobre las consecuencias socioeconómicas resultantes;
- evaluar la necesidad de crear áreas protegidas (reservas naturales) para las especies y habitats afectados;
- elaborar y difundir material didáctico e información acerca de los cambios climáticos, de sus repercusiones

en la criosfera terrena y de sus consecuencias socioeconómicas, y conseguir una difusión más amplia de los resultados de las investigaciones.

8. Resumen de las principales actuaciones futuras

8.0.1 Los resultados de los estudios efectuados por el Grupo de trabajo II ponen de manifiesto la imperfección de nuestros conocimientos, particularmente a nivel regional y en las áreas más vulnerables al cambio climático. Son necesarias todavía más investigaciones, a nivel nacional e internacional, sobre los temas siguientes:

- efectos regionales del cambio climático sobre la productividad agropecuaria y sus costes de producción;
- identificación de las prácticas de ordenación agrícola y de la tecnología apropiadas para el nuevo clima;
- factores que influyen en la distribución de las especies, y sensibilidad de los mismos ante el cambio climático;
- puesta en marcha y mantenimiento operativo de sistemas integrados de monitorización de los ecosistemas terrenos y marinos;
- evaluación a fondo de recursos hídricos y calidad del agua, especialmente en países en desarrollo de geografía árida y semiárida, y sensibilidad de esos elementos al cambio climático;
- predicciones regionales de las alteraciones que experimentarán la humedad del suelo, la precipitación, los regímenes de escorrentía superficial y subsuperficial y sus distribuciones interanuales de los mismos como consecuencia del cambio climático;
- evaluación de la vulnerabilidad de los países ante la adquisición o pérdida de recursos energéticos, en particular de biomasa y de energía hidroeléctrica en países en desarrollo;
- adaptabilidad de las poblaciones humanas vulnerables al calor y a las enfermedades víricas y transmitidas por vectores;
- observación a escala mundial de la variación del nivel del mar, y en particular en los países insulares;
- identificación de las poblaciones y de las producciones agrícolas e industriales amenazadas en las áreas costeras e islas;
- una mejor comprensión de la naturaleza y dinámica de las masas de hielo y de su sensibilidad ante el cambio climático;

- integración, en el proceso global de planificación, de datos sobre las repercusiones del cambio climático, particularmente en los países en desarrollo;
- elaboración de una metodología que permita evaluar la sensibilidad de los medioambientes y de los sistemas socioeconómicos ante el cambio climático.
- algunos de estos temas están ya incorporados en determinados programas vigentes o propuestos, siendo necesario un apoyo continuado a estos últimos. En particular, existen tres proyectos germinales del Programa Internacional Geosfera-Biosfera:
 - interacciones tierra-océano en la zona costera;
 - aspectos del ciclo hidrológico en relación con la biosfera;
 - impacto del cambio mundial sobre la agricultura y la sociedad.

Estos proyectos proporcionarán datos valiosos en los años próximos.

9. Conclusión

9.0.1 El cambio climático generado por la sociedad humana puede acarrear importantes consecuencias para los sistemas sociales, económicos y naturales del planeta. Todos los países deberán emprender iniciativas que les permitan comprender los efectos que dicho cambio tendrá sobre su población y sus recursos, así como las consecuencias del aumento del nivel del mar, las nuevas pautas de circulación atmosférica y cambios climatológicos resultantes, la disminución de los recursos de agua dulce, el aumento de las radiaciones ultravioleta-B y la propagación de plagas y enfermedades. Todos estos fenómenos podrían afectar a las posibilidades de alimentación y producción agrícola y repercutir negativamente en la salud y el bienestar de las personas.

9.0.2 Un cambio del clima demasiado rápido podría imposibilitar la adaptación de determinadas especies, construyendo con ello la diversidad biológica. Esta pérdida de diversidad podría tener lugar igualmente en las regiones de la criosfera, en las que la fusión del hielo marino podría acelerarse, y en las regiones ecuatoriales, donde la temperatura de superficie podría aumentar. Los análisis tradicionales de costes/beneficios no son válidos para la evaluación de este tipo de riesgos. Aunque subsiste una considerable incertidumbre científica con respecto al momento, ubicación e índole precisos de los distintos impactos, atendiendo al escenario elaborado por el Grupo de trabajo I es inevitable que, de no mediar importantes iniciativas de prevención y adaptación por nuestra parte, el medio ambiente de la Tierra experimente cambios importantes y posiblemente perturbadores.

9.0.3 La comunidad mundial es consciente de que es necesario emprender determinadas acciones a fin de reducir y paliar los efectos del cambio climático. La evaluación de sus posibles repercusiones en la biosfera y en las actividades humanas deberá ir seguida de medidas concretas y de un estudio comparativo de los costes netos que conllevarán las distintas medidas de adaptación y contención. Algunas de estas repercusiones, como la elevación del nivel del mar, se harán sentir probablemente con lentitud aunque sin pausa, mientras que otras, como el desplazamiento de zonas climáticas - que afectará al acaecimiento de inundaciones, sequías y tormentas violentas - podrían producirse de manera impredecible. La vulnerabilidad de las distintas regiones y países a dichos cambios y a sus repercusiones varía dentro de un amplio margen. En términos generales, las actividades humanas son en los países en desarrollo más vulnerables a las perturbaciones ocasionadas por el cambio climático que en los países desarrollados. Es preciso evitar que la elevación de las temperaturas mundiales y sus consecuencias agranden el foso ya existente entre los países desarrollados y en desarrollo.

9.0.4 La capacidad de los países en desarrollo para adaptarse a los posibles cambios climáticos y reducir al mínimo sus propias emisiones de gases de efecto invernadero está limitada no sólo por su escasez de recursos, sino también por su deuda externa y por la dificultad de desarrollar sus economías de manera firme y equitativa. Estos países necesitarán ayuda para desarrollar y llevar a la práctica opciones de respuesta apropiadas (en particular, para estudiar el desarrollo y transferencia de tecnología, el aumento de la asistencia monetaria y la enseñanza e información públicas). Los países desarrollados, que disponen de más recursos para hacer frente al cambio, deben reconocer la necesidad de ayudar a los países en desarrollo a evaluar y hacer frente a las repercusiones que el cambio climático podría acarrear.

Resumen del Grupo de Trabajo III destinado a los responsables de políticas (Formulación de estrategias de respuesta)

Introducción del Presidente

La primera reunión plenaria del Grupo de Trabajo III del IPCC, el llamado Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta (RSWG), tuvo lugar en Washington del 30 de enero al 2 de febrero de 1989. La reunión se dedicó en buena parte a cuestiones de organización (véase Figura 1) y no fue hasta después de la reunión celebrada posteriormente por la Mesa del referido Grupo de trabajo en Ginebra, del 8 al 12 de mayo de 1989, cuando comenzó realmente el trabajo de los cuatro subgrupos de trabajo de este Grupo, a saber: el Grupo especial sobre escenarios de emisiones (Tarea A), y los coordinadores de temas sobre “medidas de ejecución” (Tarea B).

La segunda reunión plenaria del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta tuvo lugar en Ginebra del 2 al 6 de octubre de 1989 para discutir las medidas de ejecución siguientes:

- 1) educación e información del público;
- 2) desarrollo y transferencia de tecnología;
- 3) medidas financieras;
- 4) medidas económicas;
- 5) medidas jurídicas, incluidos los elementos de un convenio marco sobre el clima. Se llegó a un consenso sobre las cinco ponencias monográficas que tratan de estas medidas, quedando entendido que se considerarían como “documentos vivos” sujetos a posteriores modificaciones a medida que lo requiriesen la información y los acontecimientos.

La tercera reunión plenaria del Grupo de trabajo sobre formulación de estrategias de respuesta, que tuvo lugar en Ginebra del 5 al 9 de junio de 1990, alcanzó los tres objetivos siguientes:

- 1) Llegó a un consenso sobre el “resumen de políticas” que se adjunta, primer informe provisional del Grupo.
- 2) Terminó la edición definitiva y aceptó los informes de los cuatro subgrupos del Grupo de trabajo, de los coordinadores de la Tarea A y de los coordinadores de las cinco ponencias monográficas relativas a la Tarea B. Estos documentos comprenden los textos sobre los que se basa el informe de consenso de esta reunión, el resumen destinado a los responsables de las políticas; no son por sí mismos fruto de un consenso del Grupo de trabajo en pleno, aunque muchos gobiernos participaron en su formulación.

Por último,

- 3) El Grupo de trabajo acordó presentar comentarios sobre el Programa de actividades futuras que sugiere al Presidente de este Grupo, antes del 1° de julio de 1990, para transmitirlos a la presidencia del IPCC. Hubo acuerdo general en que la labor de este Grupo de trabajo debía continuarse.

La tarea esencial del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta fue, en sentido amplio, técnica, y no política. El IPCC encargó al Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta que estableciera en la forma más completa y correcta posible un conjunto de opciones de políticas de respuesta y que fundamentase en hechos estas opciones.

En cumplimiento de ese encargo, el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta no se fijó como finalidad seleccionar o recomendar acciones políticas, ni mucho menos llevar a cabo una negociación sobre las numerosas y difíciles cuestiones políticas inherentes a la cuestión del cambio climático, si bien la información podría propender sin duda a sugerir una u otra opción. La selección de opciones para poner en práctica se deja como es propio a los encargados de las decisiones políticas de los gobiernos y/o a la negociación de un convenio.

La labor del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta prosigue. Desde la reunión plenaria celebrada por el Grupo de trabajo en junio, el subgrupo sobre energía e industria celebró en Londres otra reunión muy fructífera, cuyos resultados no se reflejan en el presente informe.

Cabe señalar que las estimaciones cuantitativas proporcionadas en el informe en relación con los CFC, incluidas las del Escenario A (“de seguir todo como hasta ahora”), por lo general no reflejan las decisiones adoptadas en junio de 1990 por las Partes en el Protocolo de Montreal. Esas decisiones aceleran el ritmo de disminución gradual de la producción y consumo de CFCs, halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo.

Cabría recalcar además que las estimaciones cuantitativas de actividades forestales (por ejemplo, deforestación, quema de biomasa, incluida la leña, y otros cambios en las prácticas de utilización de la tierra), así como de actividades agrícolas y de otra índole que figuran en el informe, siguen siendo objeto de estudio por parte de los expertos.

Dos temas concretos de asuntos no concluidos, que los ministros sometieron al Grupo de trabajo en la reunión celebrada en noviembre de 1989 en Noordwijk, son: estudiar si es factible lograr 1) objetivos para limitar o disminuir las emisiones de CO₂, en particular, por ejemplo,

una disminución del 20% de los niveles de emisión de CO₂ antes del año 2005; 2) un crecimiento forestal neto mundial de 12 millones de hectáreas al año al comienzo del próximo siglo. El Grupo de trabajo espera terminar este análisis antes de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, que se celebrará en noviembre de este año.

Los presidentes de los subgrupos y los coordinadores de ponencias asumieron la responsabilidad de terminar sus respectivos informes y, al igual que sus gobiernos, contribuyeron generosamente con tiempo y recursos a alcanzar tal fin.

El resumen del informe al Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta destinado a los responsables de políticas es la culminación del primer año de actividades ejecutadas por este órgano. El Grupo de trabajo ha hecho considerables esfuerzos para asegurarse de que este resumen es reflejo exacto de la labor de los diversos subgrupos y tareas. Habida cuenta del calendario tan estricto que el Grupo de trabajo ha debido respetar, según se le había pedido, este primer informe no puede ser otra cosa que un comienzo.

Frederick M. Bernthal
Presidente
Grupo de Trabajo sobre
Formulación de Estrategias
de Respuesta

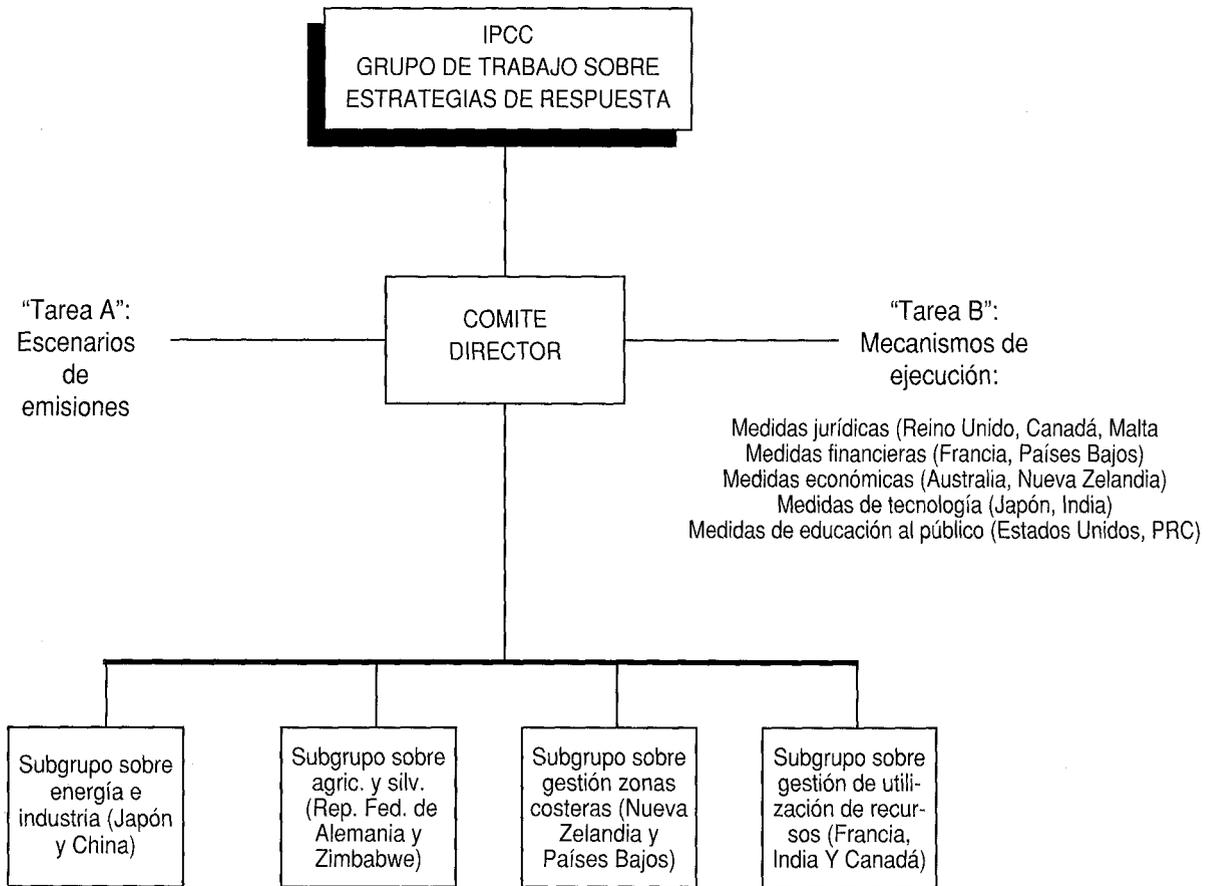


Figura 1.

Resumen Ejecutivo

1. Se confió al Grupo de Trabajo III (Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta) la tarea de formular estrategias de respuesta apropiadas al cambio climático mundial. Esto se realizó en el marco de la labor realizada por el Grupo de Trabajo I (Ciencia) y el Grupo de Trabajo II (Impactos), que llegaron a las siguientes conclusiones:

“Tenemos la certeza de que las emisiones resultantes de las actividades humanas están aumentando considerablemente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera: dióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos (CFC) y óxido nitroso. Estos aumentos acentuarán el efecto invernadero cuya consecuencia será en general un calentamiento adicional de la superficie terrestre.

Cuanto más largas sigan siendo las emisiones al ritmo de nuestros días, mayores tendrían que ser las reducciones para que las concentraciones se estabilizaran a un nivel determinado.

En lo que respecta a los gases persistentes sería necesario disminuir inmediatamente las emisiones causadas por las actividades humanas en más de un 60% con el fin de estabilizar sus concentraciones a los niveles actuales.

Sobre la base de los resultados de los modelos utilizados actualmente predecimos que según el escenario del IPCC, las emisiones de gases de efecto invernadero evolucionarán como hasta ahora, con una tasa de aumento de la temperatura media mundial durante el próximo siglo de aproximadamente 0,3°C por decenio (con un grado de incertidumbre de 0,2°C a 0,5°C por decenio), aumento que será más elevado que el observado en los 10.000 años anteriores; según este mismo escenario, predecimos también una tasa promedio de aumento del nivel medio mundial de aproximadamente 6 cm por decenio durante el próximo siglo (con un margen de incertidumbre de 3 a 10 cm por decenio).

Nuestras predicciones contienen numerosas incertidumbres, particularmente en lo que respecta a la cronología, magnitud y pautas regionales del cambio climático.

Los ecosistemas afectan al clima y se verán afectados por un clima en evolución y por el aumento de las concentraciones de anhídrido carbónico. Los cambios rápidos que se produzcan en el clima modificarán la composición de los ecosistemas; algunas especies se beneficiarán de ello, en tanto que otras no podrán emigrar o adaptarse con bastante rapidez y pueden extinguirse. La mayor cantidad de anhídrido carbónico puede aumentar la productividad y eficiencia de la utilización del agua por la vegetación.

En muchos casos los efectos se sentirán con la máxima gravedad en las regiones ya bajo presión, principalmente en los países en desarrollo.

Los asentamientos humanos más vulnerables son los que están especialmente expuestos a los riesgos naturales, por ejemplo, las inundaciones costeras o fluviales, las sequías graves, los corrimientos de tierras, las tempestades de extrema intensidad y los ciclones tropicales.”

2. Toda reacción ante estas situaciones tendrá que tener en cuenta la gran diversidad de las diferentes situaciones de los países y su responsabilidad y efectos negativos con respecto a diferentes países y, por consiguiente, las respuestas habrán de ser en extremo diferenciadas. Así por ejemplo, los países en desarrollo se encuentran en situaciones que difieren de un extremo a otro y afrontan una profusa diversidad de problemas. Representan el 75% de la población mundial y sus recursos primarios difieren en gran medida. Pese a ello, son los más vulnerables a las consecuencias adversas del cambio climático, por tener acceso limitado a la información, infraestructura y recursos humanos y financieros necesarios.

Principales conclusiones

3. Las principales conclusiones son:

- i) El cambio climático es un problema de proporciones mundiales; las respuestas eficaces requerirían un esfuerzo a escala mundial que puede tener considerables consecuencias para la humanidad y las distintas sociedades.
- ii) Los países industrializados y los países en desarrollo comparten en común la responsabilidad de tratar los problemas que surgen por obra del cambio climático.
- iii) Los países industrializados tienen responsabilidades específicas a dos niveles:
 - a) una parte fundamental de las emisiones que afectan a la atmósfera actualmente se origina en los países industrializados, donde las posibilidades de cambio son mayores. Los países industrializados deberían adoptar medidas nacionales para limitar el cambio climático, adaptando sus propias economías para estar en concordancia con futuros acuerdos que limiten las emisiones;
 - b) cooperar con los países en desarrollo en la acción internacional sin interponerse en el desarrollo de estos últimos, contribuyendo con recursos financieros adicionales, transfiriendo la tecnología adecuada, trabajando en estrecha cooperación en la observación científica, mediante el análisis y la investigación, y, finalmente, mediante la cooperación técnica dirigida a prever y a gestionar los problemas de medio ambiente.

- iv) Las emisiones que se originan en los países en desarrollo van en aumento y quizás sea preciso que crezcan para satisfacer sus necesidades de desarrollo y por ello, con el tiempo pueden representar probablemente un porcentaje cada vez más importante de las emisiones de gases a escala mundial. Dentro de unos límites factibles, los países en desarrollo tienen la responsabilidad, de tomar medidas para adaptar convenientemente sus economías.
- v) El desarrollo sostenible requiere una auténtica preocupación por la protección del medio ambiente como fundamento necesario para un crecimiento económico continuado, que tendrá que tener cada vez más en cuenta el tema del cambio climático. Es absolutamente necesario que se establezca un equilibrio correcto entre los objetivos económicos y medioambientales.
- vi) Las estrategias de limitación y de adaptación han de considerarse como un todo integrado y deben complementarse mutuamente para que los costos netos se reduzcan a un mínimo. Las estrategias que limitan las emisiones de gases de efecto invernadero facilitan también la adaptación al cambio climático.
- vii) Las graves consecuencias posibles del cambio climático para el medio ambiente mundial dan motivos suficientes para que se comience a adoptar estrategias de respuesta que pueden tener justificación inmediata, incluso a sabiendas de los importantes márgenes de incertidumbre que subsisten.
- viii) Para fomentar el conocimiento de los problemas y orientar a la población sobre prácticas positivas es esencial que la población esté bien informada. La diversidad social, económica y cultural de las naciones requerirá métodos adaptados a cada caso.

Un enfoque flexible y progresivo

4. Es probable que las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por la mayor parte de las fuentes aumenten considerablemente en el futuro si no se adoptan medidas de respuesta. Aunque ya se han puesto en práctica algunos controles en virtud de lo dispuesto en el Protocolo de Montreal en lo que respecta a los clorofluorocarbonos y a los halones, las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O y de otros gases, tales como varios sustitutos de los CFCs, aumentarán. Según estos escenarios, se estima que las emisiones de CO₂ aumentarán, pasando de 7.000 millones de toneladas de carbono aproximadamente (BtC) en 1985 a una cifra situada entre 11 y 15 BtC para el año 2025. Asimismo, las emisiones de metano causadas por el hombre aumentarán, según se estima, en unos 300 teragramos (Tg), pasando a más de 500 teragramos para el año 2025. Sobre la base de estas proyecciones, el Grupo de Trabajo I estimó que se podría producir un calentamiento mundial de 0,3°C por decenio.

5. Los estudios del Grupo de Trabajo I basados en escenarios climáticos sugieren además que las políticas de control de las emisiones pueden en efecto aminorar la marcha del calentamiento mundial, disminuyéndolo de un 0,3°C por decenio a 0,1°C por decenio. Los costos y beneficios sociales, económicos y medioambientales de estas políticas de control no han sido totalmente evaluados. Hay que hacer resaltar que la aplicación de medidas destinadas a disminuir las emisiones de gases a nivel mundial es muy difícil, ya que la utilización de la energía, la silvicultura y las pautas de utilización de la tierra son factores esenciales en la economía del mundo. Para sacar el máximo provecho de nuestra comprensión, cada vez mayor, de los aspectos científicos y socioeconómicos del problema, es necesario adoptar un criterio flexible y progresivo. Con arreglo a sus especiales circunstancias, conviene que las distintas naciones estudien la adopción de medidas ahora para tratar de limitar, estabilizar o disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades humanas, y prevenir la destrucción de los sumideros mejorando su eficacia. Convendría que los gobiernos estudiaran la posibilidad de fijar objetivos para el CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

6. Como el gran aumento proyectado de la población mundial será un factor fundamental causante del aumento inferido de gases de efecto invernadero en el mundo, es esencial que las estrategias relativas al cambio climático a escala planetaria contengan otras estrategias y medidas para hacer frente a las tasas de crecimiento de la población mundial.

A corto plazo

7. El Grupo de trabajo ha precisado medidas para adoptar en los planos nacional, regional e internacional, según proceda, las cuales, a la vez que contribuyen a abordar el problema del cambio climático, pueden aportar otras ventajas.

8. Limitación

- Una mejor eficiencia de la energía disminuye las emisiones de anhídrido carbónico, el gas de efecto invernadero más importante, mejorando a la vez el rendimiento económico global y disminuyendo otras emisiones de sustancias contaminantes y aumentando asimismo la seguridad energética.
- La utilización de fuentes y tecnologías energéticas más limpias disminuye las emisiones de anhídrido carbónico, y a la vez disminuye otras emisiones de contaminantes que provocan lluvias ácidas y son causa de otros efectos nocivos.
- Una mejor ordenación forestal y, cuando es factible, el aumento de áreas forestales como posibles depósitos de carbono.

- Eliminación paulatina de los clorofluorocarbonos en virtud de lo dispuesto en el Protocolo de Montreal, suprimiendo de este modo algunos de los gases de efecto invernadero más potentes y de mayor persistencia y protegiendo a la vez la capa de ozono estratosférica.
- La agricultura, la silvicultura y otras actividades humanas son también responsables de emisiones de gases de efecto invernadero en cantidad considerable. A corto plazo, puede lograrse disminuciones mejorando la gestión de los desechos del ganado, modificando la utilización y la composición de los fertilizantes y procediendo a otros cambios en la utilización de las tierras agrícolas, sin afectar a la seguridad de los alimentos, así como mediante una mejor gestión del tratamiento de los basureros y de las aguas de desecho.

9. Adaptación

- Elaboración de políticas y programas de preparación para casos de urgencia y prevención contra los desastres.
- Evaluación de áreas que corren riesgo a causa de la elevación del nivel del mar, y elaboración de planes completos y detallados de gestión para disminuir la futura vulnerabilidad de las poblaciones y de las construcciones y ecosistemas costeros como parte de los planes de ordenación de las zonas costeras.
- Mejora de la eficiencia en la utilización de los recursos naturales, investigación sobre medidas de control de la desertificación y aumento de la capacidad de adaptación de los cultivos a los regímenes salinos.

A más largo plazo

10. Los gobiernos deberían prepararse para acciones más intensivas que se detallan en el informe. Para hacerlo, deberían iniciar a partir de ahora las actividades siguientes:

- Programas de investigación acelerados y coordinados para reducir las incertidumbres científicas y socioeconómicas con miras a mejorar la base sobre la que reposan las estrategias y medidas de respuesta.
- Creación de nuevas tecnologías en el campo de la energía, la industria y la agricultura.
- Revisión de la planificación de la energía, la industria, los transportes, las áreas urbanas, zonas costeras, y utilización y gestión de los recursos.
- Aliento a los cambios positivos de comportamiento y de estructuras (por ejemplo, transportes e infraestructura de la vivienda).

- Ampliar los sistemas de observación y monitorización de los océanos mundiales.

11. Ha de observarse que, hasta la fecha, no se han hecho evaluaciones detalladas de los costos y beneficios económicos, de la viabilidad tecnológica o de las posibilidades de mercado de los supuestos de políticas subyacentes.

Cooperación internacional

12. Las medidas indicadas más arriba requieren un alto grado de cooperación internacional con el debido respeto a la soberanía nacional de los Estados. Debería iniciarse lo antes posible la negociación internacional de un convenio marco una vez terminado el primer informe de evaluación del IPCC. Dicho convenio, unido a cualquier otro protocolo adicional que pudiese acordarse, constituiría un sólido fundamento para una cooperación efectiva que permitiese abordar el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a cualquier efecto adverso del cambio climático. El convenio debería contener, como mínimo, principios y obligaciones generales. Debería estar estructurado de tal modo que suscitase la adhesión del número mayor posible y de la variedad de países más convenientemente equilibrada, permitiendo tomar medidas a tiempo.

13. Los temas fundamentales para la negociación serán los criterios, el calendario, la forma jurídica y la incidencia de cualquier obligación para controlar las emisiones netas de gases de efecto invernadero, el modo de sopesar equitativamente las consecuencias para todos, cualquier mecanismo institucional que pueda ser necesario, la necesidad de investigación y monitorización, y en particular, la petición de los países en desarrollo de recursos financieros adicionales y de transferencia de tecnología con carácter preferente.

Otras consideraciones

14. Los temas, opciones y estrategias presentados en este documento tienen por finalidad servir de ayuda a los encargados de políticas y a los futuros negociadores en sus respectivas tareas. Cada gobierno debería proceder a un examen más detallado del resumen y de los informes sobre los que se basa la labor del Grupo de Trabajo III, ya que incumben a diferentes sectores en todos los países. Conviene observar que la información científica y técnica contenida en el resumen destinado a los responsables de políticas, así como los informes sobre los que se basa el Grupo de Trabajo III, no representan necesariamente las opiniones oficiales de todos los gobiernos, en particular las de aquellos que no pudieron participar plenamente en todos los grupos de trabajo.

1. Fuentes de gases de efecto invernadero antropogénicos

1.0.1 Una gran variedad de actividades humanas son causantes de la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera, especialmente el CO₂, el CH₄, los CFC y el N₂O. Estas emisiones antropogénicas pueden clasificarse como originadas por la producción y utilización de energía, actividades industriales no productoras de energía (principalmente la producción y utilización de CFCs), los sistemas de agricultura y los cambios en las pautas de utilización de la tierra (entre ellas la deforestación y la combustión de biomasa). Las contribuciones relativas de estas actividades al forzamiento radiativo durante el decenio de 1980 se discuten en el texto y se muestran en la Figura 2 (véase el informe del Grupo de Trabajo I para una explicación más detallada del forzamiento radiativo de los diversos gases de efecto invernadero; véase asimismo la introducción del Presidente en relación con las estimaciones cuantitativas de las contribuciones (de estas actividades) al forzamiento radiativo).

1.0.2 El Grupo de Trabajo I del IPCC calculó que los aumentos observados en las concentraciones de CO₂, CH₄, CFCs y N₂O en la atmósfera durante el decenio de 1980, consecuencia de las actividades humanas, contribuyeron al aumento del forzamiento radiativo en un 56%, 15%, 24% y 5% respectivamente.

1.1 Energía

1.1.1 La fuente antropogénica más importante de forzamiento radiativo es la producción y utilización de energía. El consumo de energía a partir de combustibles fósiles, (carbón, petróleo y gas natural, con exclusión de la combustión de leña) para fines industriales, comerciales, residenciales, de transporte y otros fines provoca grandes emisiones de CO₂ acompañadas de emisiones mucho más pequeñas de CH₄ procedentes de la extracción minera del carbón y del escape de gas natural; el sector energético representa, según estimaciones, un 46% del aumento del forzamiento radiativo resultante de las actividades humanas (con un margen de incertidumbre del 38 al 54%).

1.1.2 Los flujos naturales de CO₂ a la atmósfera son grandes (200 Bt/yr¹), pero los aportes de origen humano son suficientemente importantes para perturbar significativamente el equilibrio atmosférico.

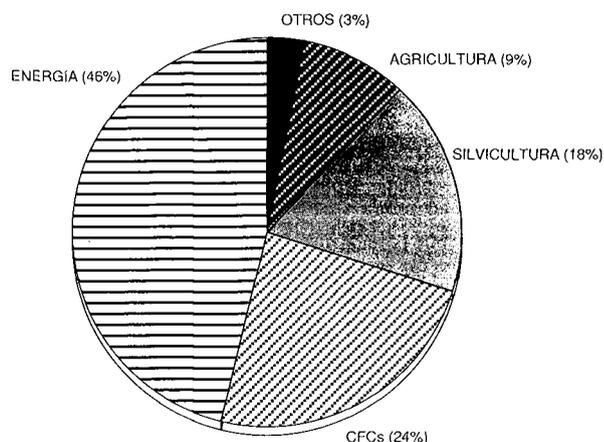
1.2 Industria

1.2.1 La producción y utilización de CFCs y otros halocarbonos en diversos procesos industriales supone alrededor del 24% del aumento del forzamiento radiativo.

Silvicultura

1.2.2 La deforestación, la combustión de biomasa

Figura 2: Contribución estimada de las diversas actividades humanas a la variación del forzamiento radiativo durante el decenio de 1980 a 1990*



*Porcentajes derivados de las concentraciones estimadas de gases de efecto invernadero en la atmósfera y de los potenciales de calentamiento de la atmósfera de estos gases de efecto invernadero que figuran en el Informe Resumido para los Responsables de Políticas del Grupo de Trabajo I.

incluida la leña para la combustión, y otros cambios en las prácticas de utilización de la tierra, la emisión de CO₂, CH₄ y N₂O en la atmósfera, totalizan juntos alrededor del 18% del aumento del forzamiento radiativo (con un margen de incertidumbre de entre 9 y 26%).

Agricultura

1.2.3 El metano que se desprende a consecuencia del cultivo del arroz y de los sistemas de cría de ganado, y el óxido nítrico que escapa al emplear fertilizantes nitrogenados, suponen en total alrededor del 9% del aumento del forzamiento radiativo (con un margen de incertidumbre de entre 4 y 13%).

Otras fuentes

1.2.4 El anhídrido carbónico que produce la fabricación de cemento y el metano que escapa de los basureros aportan en conjunto aproximadamente el 3% del aumento del forzamiento radiativo (con un margen de incertidumbre de entre 1 y 4%).

1.2.5 Las estimaciones de las actuales emisiones de gases de efecto invernadero no son precisas a causa de las incertidumbres relativas tanto a las emisiones totales como a las procedentes de distintas fuentes. Las emisiones mundiales procedentes de ciertas fuentes son especialmente difíciles de determinar; por ejemplo, la emisión de CO₂ originada por la deforestación, la emisión de CH₄ causada por el cultivo de arroz, los sistemas de cría de ganado, la

¹ Miles de millones de toneladas al año.

combustión de biomasa, la extracción minera de carbón y el escape de gas natural, así como las emisiones de N_2O procedentes de todas las fuentes. La gama de variación de esas estimaciones puede ser muy amplia, generalmente un factor de 1,5% para el metano que origina la cría de ganado, un factor de 4 para el CO_2 causado por la deforestación y hasta un factor de 7% para el arroz.

2. Emisiones futuras de gases de efecto invernadero

2.0.1 Es probable que las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por la mayor parte de las fuentes aumenten significativamente en el futuro si no se toman medidas de política. Con el crecimiento económico y demográfico, en particular en los países en desarrollo, se espera que aumentarán la utilización de energía y la actividad industrial y agrícola, la deforestación y otras actividades, lo que acarreará un aumento neto de las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque en virtud del Protocolo de Montreal se han aplicado algunos controles para ciertos CFCs y halones, las emisiones de CO_2 , metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero aumentarán probablemente si la actividad y crecimiento económicos siguen discurriendo según las pautas actuales.

2.0.2 Ahora bien, como nuestra capacidad de estimación de las futuras tasas de aumento demográfico y económico adolece de inherentes limitaciones, hay también cierta incertidumbre con respecto a las proyecciones de las emisiones de efecto invernadero, al comportamiento individual, a la innovación tecnológica y a otros factores que son capitales para determinar las tasas de emisión a lo largo del siglo que viene. Esto impregna de incertidumbre las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de varios decenios o más. Haciéndose eco de estas dificultades inherentes, el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta, al elaborar escenarios de emisiones, establece las mejores estimaciones que se pueden hacer hasta ahora con respecto a las emisiones en el próximo siglo, pero hay que seguir trabajando sobre ello.

2.0.3 Para elaborar escenarios de futuras emisiones, el Grupo de trabajo empleó dos métodos que se discuten en las Secciones 2.1 y 2.2. Uno de ellos consistió en utilizar modelos mundiales para elaborar cuatro escenarios que posteriormente fueron empleados por el Grupo de Trabajo I para elaborar estimaciones del calentamiento futuro. En el segundo método se utilizaron estudios de los sectores energético y agrícola presentados por más de 21 países y organizaciones internacionales con objeto de estimar las emisiones. Estos últimos estudios se agregaron para establecer un escenario de referencia. Ambos métodos muestran que las emisiones de CO_2 y CH_4 aumentarán en el futuro. Ambas formas de proceder indican que las emisiones de CO_2 aumentarán, pasando de 7 BtC aproximadamente a una cifra situada entre 11 y 15 BtC para el año 2025.

2.1 Escenarios de emisiones

2.1.1 Una de las primeras tareas del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta fue preparar algunos escenarios iniciales de posibles emisiones de gases de efecto invernadero en el futuro para uso de los tres grupos de trabajo del IPCC. Se constituyó un grupo de expertos que estudió cuatro pautas hipotéticas futuras de emisiones de gases de efecto invernadero y sus efectos en la atmósfera. El efecto acumulativo de estas emisiones se calculó utilizando el concepto de concentraciones de CO_2 equivalente (por ejemplo, las contribuciones de todos los gases de efecto invernadero al forzamiento radiativo se convierten en su equivalente en términos de concentración de CO_2). Las tasas globales de crecimiento económico se extrajeron de las proyecciones del Banco Mundial, y las estimaciones de la población se tomaron de los estudios hechos por las Naciones Unidas y se supusieron iguales para todos los escenarios.

2.1.2 El primero de esos escenarios, (de seguir todo como hasta ahora), o escenario de emisiones elevadas para el año 2030, parte del supuesto de que se adoptan pocas o ninguna medida para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. El empleo de energía y la tala de bosques tropicales continúan, y los combustibles fósiles, en particular el carbón, siguen siendo la principal fuente de energía del mundo. El Protocolo de Montreal entra en vigor, pero sin aplicarse estrictamente y respetándose en un grado inferior al 100%. Según este escenario, el equivalente de una duplicación de los niveles preindustriales de CO_2 se produce, a juicio del Grupo de Trabajo I, en torno al año 2025.

2.1.3 Las contribuciones antropogénicas a las emisiones de gases de efecto invernadero predichas para 2025 se presentan en el Cuadro 1. El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta trató de sintetizar y comparar los resultados del escenario de referencia AFOS/EIS y del escenario de la Tarea A: de seguir todo como hasta ahora (o emisiones elevadas para 2030). En la figura se observan las concentraciones en CO_2 equivalente para el escenario de la Tarea A: y para el escenario de referencia AFOS/EIS con sus emisiones más elevadas de CO_2 y la supresión gradual de los clorofluorocarbonos acordada por las Partes en el Protocolo de Montreal. Los resultados indican que las concentraciones en CO_2 equivalente y, por consiguiente, el efecto sobre el clima mundial son semejantes para ambos escenarios.

2.1.4 El segundo de los escenarios, el Escenario de Bajas Emisiones para 2060, parte del supuesto de que diversas preocupaciones de tipo ambiental y económico se traducirán en medidas que reducirán el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se ponen en práctica medidas para utilizar eficientemente la energía, lo cual sólo podría ser posible con intervención estatal, se adoptan controles de las emisiones a escala mundial, y aumenta la parte de la energía mundial de origen primario que aporta el gas natural. Se logra cumplir en su totalidad el Protocolo de Montreal, y se frena e invierte la deforestación tropical. Según este escenario, el efecto acumulativo de esas medidas es una duplicación en CO_2 equivalente en torno al año 2060.

CUADRO 1: Emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero según los escenarios del Grupo de Trabajo III				
	Escenario de referencia AFOS/EIS Modificado para incluir la eliminación gradual de CFC²		Escenario de la Tarea A: si todo sigue como hasta ahora	
	1985	2025	1985	2025
Emisiones de CO₂ (BtC)				
Energía	5,1	12,4	5,1	9,9
Deforestación	1,7 ³	2,6	0,7 ⁴	1,4
Cemento	0,1	0,2	0,1	0,2
Total	6,9	15,2	5,9	11,5
Emisión de CH₄ (TgCH₄)⁵				
Minería del carbón	44	126	35	85
Gas natural	22	59	45	74
Arroz	110	149	110	149
Fermentación entérica	75	125	74	125
Desechos de origen animal	37	59	-	-
Basureros	30	60	40	71
Quema de biomasa	53	73	53	73
Total	371	651	357	577
N₂O (TgN)⁵	4,6	8,7	4,4	8,3
CO (TgC)⁵	473	820	443	682
NO_x(TgN)⁵	38	69	29	47
CFCS (Gg)				
CFC-11	278	11	278	245
CFC-12	362	10	362	303
HCFC-22	97	1572	97	1340
CFC-113	151	151	122	
CFC-114	15	0	15	9
CFC-115	5	0	5	5
CCl ₄	87	110	87	300
CH ₃ CCl ₃	814	664	814	1841
Halón 1301	2,1	1,8	2,1	7,4

² Las estimaciones de las emisiones de CFCs en 1985 y 2025 reflejan las decisiones adoptadas en la reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal, celebrada en Londres en junio de 1990. En esa reunión, las Partes acordaron acelerar la eliminación gradual de la producción y consumo de CFC, halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo.

³ Estimaciones a plazo medio para la deforestación y la biomasa en concordancia con el valor preferido según el Grupo de Trabajo I.

⁴ Suponiendo una baja biomasa por hectárea y una deforestación de bajo ritmo de aumento.

⁵ Las diferencias observadas en las cifras de emisiones de 1985 obedecen a diferencias de definiciones y a la particular calificación de las emisiones procedentes de estas fuentes.

Escenario de Referencia EIS/AFOS – “Tarea A: Si todo sigue como hasta ahora”

Concentraciones en CO₂ equivalente

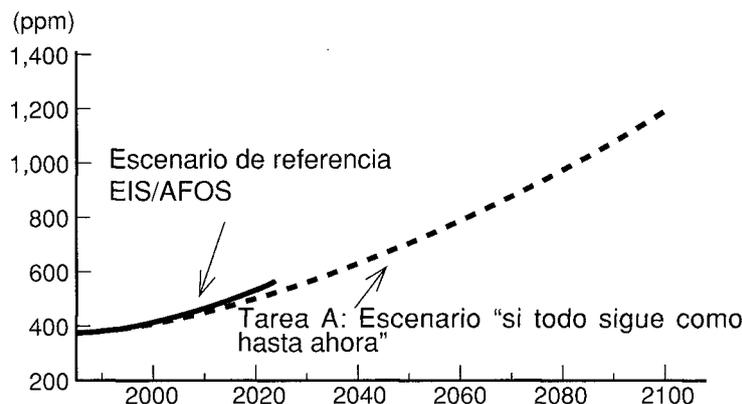


Figura 3.

2.1.5 Los dos escenarios restantes reflejan situaciones futuras en las que se toman medidas, además de las ya contenidas en el escenario de emisiones bajas para 2060, con objeto de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas medidas figuran la rápida utilización de fuentes de energía renovables, el reforzamiento del Protocolo de Montreal y la adopción de políticas agrarias encaminadas a disminuir las emisiones producidas por los sistemas ganaderos, arrozales y fertilizantes.

2.1.6 Los escenarios arriba presentados ofrecen todos ellos una base conceptual para considerar posibles pautas futuras de las emisiones y las amplias reacciones que podrían afectar a esas pautas. Ahora bien, son hipótesis y no casos derivados de estudios específicos. Además, hasta la fecha no se ha hecho ninguna evaluación completa de los costos y beneficios económicos totales, de su viabilidad tecnológica o del potencial de mercado de los supuestos políticos que les sirven de fundamento.

2.2 Escenario de referencia

2.2.1 En el Cuadro 2 se presentan los resultados del escenario de referencia EIS (para unas emisiones de CO₂ del sector energético únicamente) divididos por regiones. Este cuadro es incompleto y en él no figuran las emisiones de CO₂ causadas por fuentes no energéticas, ni tampoco por otros gases de efecto invernadero y sumideros. Aunque esto no da directamente idea de la contribución de una región al forzamiento climático, este cuadro sí representa una situación futura en la que, de no tomarse medidas de política concretas, las emisiones a escala mundial de uno de los gases más importantes, el CO₂, aumentan, pasando de 5,15 BtC en 1985 a 7,30 BtC en 2000, y a 12,43 BtC en 2025. La demanda primaria de energía se duplica con creces entre 1985 y 2025, con una tasa media anual de crecimiento del 2,1%.

2.2.2 La tasa anual de crecimiento de las emisiones de CO₂ varía entre el 0,7% en Europa occidental, el 1,3% en América del norte y en los países del Pacífico pertenecientes

a la OCDE, y el 3,6% en los países en desarrollo. La parte de las emisiones que corresponde a cada región varía con el tiempo.

2.2.3 Según este escenario, las emisiones por habitante en los países industrializados aumentan, pasando del 3,1 toneladas de carbono (TC) por habitante en 1985 a 4,7 TC por habitante en 2025. En lo que respecta a los países en desarrollo, las emisiones por habitante pasan de 0,4 TC por habitante en 1985 a 0,8 TC por habitante en 2025.

2.2.4 El escenario de referencia presenta un ejemplo de la medida en que podría ser necesario disminuir las emisiones totales a escala mundial para estabilizar o disminuir las emisiones del CO₂. La estabilización de las emisiones mundiales a los niveles de 1985 requeriría reducciones del 29% para el año 2000 y del 59% para el año 2025. Una disminución de las emisiones a escala mundial hasta un 20% por debajo de los niveles de 1985 requeriría reducciones del 44% en 2000 y del 67% en 2025.

2.2.5 Las cifras que indican la intensidad de carbono muestran por regiones la cantidad de carbono emitida por unidad de energía consumida. La contribución del consumo de energía en una región al calentamiento mundial es en gran parte función de su intensidad de carbono, de la utilización total de combustible, y de la eficiencia con la cual consume combustibles de origen fósil. La intensidad de carbono correspondiente a los países industrializados evoluciona, pasando de 16,3 toneladas de carbono por gigajulio (TC-GJ) en 1985 a 15,5 en 2025. En el mundo en desarrollo, el cambio es de 14,2 TC-GJ a 15,6.

3. Estrategias de respuesta para abordar el cambio climático mundial

3.0.1 Como el cambio climático puede tener importantes repercusiones para el medio ambiente del globo y las

CUADRO 2 EMISIONES BRUTAS DE CO₂ PROCEDENTES DEL SECTOR ENERGETICO*
(Extraído del escenario de referencia)

Emisiones de CO₂ en el escenario de referencia (miles de millones de toneladas carbono/año)

	1985	%	2000	%	2025	%
Totales mundiales	5,15	(100)	7,30	(100)	12,43	(100)
<i>Países industrializados</i>	3,83	(74)	4,95	(68)	6,95	(56)
América del norte	1,34	(26)	1,71	(23)	2,37	(19)
Europa occidental	0,85	(16)	0,98	(13)	1,19	(10)
Países del Pacífico pertenecientes a la OCDE	0,31	(6)	0,48	(7)	0,62	(5)
Países de economía centralmente planificada de Europa	1,33	(26)	1,78	(24)	2,77	(22)
<i>Países en desarrollo</i>	1,33	(26)	2,35	(32)	5,48	(44)
Africa	0,17	(3)	0,28	(4)	0,80	(6)
Países de economía centralmente planificada de Asia	0,54	(10)	0,88	(12)	1,80	(14)
América Latina	0,22	(4)	0,31	(4)	0,65	(5)
Oriente Medio	0,13	(3)	0,31	(4)	0,67	(5)
Sur y Este de Asia	0,27	(5)	0,56	(8)	1,55	(12)
	1985		2000		2025	
	PC**	CI***	PC	CI	PC	CI
Totales mundiales	1,06	15,7	1,22	15,8	1,56	16,0
<i>Países industrializados</i>	3,12	16,3	3,65	16,1	4,65	16,0
América del norte	5,08	15,7	5,75	15,8	7,12	16,6
Europa occidental	2,14	15,6	2,29	15,1	2,69	14,6
Países del Pacífico pertenecientes a la OCDE	2,14	16,1	3,01	16,1	3,68	14,8
Países del Pacífico no pertenecientes a la OCDE	3,19	17,5	3,78	16,9	5,02	16,4
<i>Países en desarrollo</i>	0,36	14,2	0,51	15,2	0,84	16,0
Africa	0,29	12,3	0,32	13,2	0,54	15,2
Países de economía centralmente planificada de Asia	0,47	17,3	0,68	18,8	1,15	19,6
América Latina	0,55	11,5	0,61	11,4	0,91	11,8
Oriente Medio	1,20	16,7	1,79	16,1	2,41	15,5
Sur y Este de Asia	0,19	12,3	0,32	14,3	0,64	15,6

* En este cuadro se presentan las emisiones regionales de CO₂ y en él no figuran las emisiones de CFC, CH₄, O₃, N₂O, o los sumideros. El cambio climático depende en modo esencial de todos los GHG procedentes de todos los sectores económicos. Este cuadro debe interpretarse con precaución.

** PC – Emisiones de carbono por habitante, en toneladas de carbono por persona.

*** CI – Intensidad de carbono, en kilogramos de carbono por gigajulio.

actividades humanas, importa empezar ya a estudiar las medidas a adoptar en respuesta a este fenómeno. El grupo de trabajo I dedujo que, si se respeta el escenario “de seguir todo como hasta ahora”, la temperatura media mundial podría aumentar en 0,3°C por decenio; también dedujo que, con arreglo al escenario de políticas aceleradas de control (escenario D), basado en reducciones sumamente estrictas de las emisiones, el aumento de temperatura podría reducirse

quizás a 0,1°C por decenio. El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta determinó una amplia variedad de opciones para someter al examen de la comunidad internacional. Entre éstas figuran medidas encaminadas a limitar las emisiones netas de gases de efecto invernadero y a aumentar la capacidad de adaptación de la sociedad y de los ecosistemas gestionados a un clima en evolución.

3.0.2 Las estrategias que dediquen exclusivamente su atención a un solo grupo de fuentes de emisión, a un tipo de opción de la disminución de las emisiones o a un determinado gas de efecto invernadero no alcanzarán ese fin. Por lo tanto, las políticas de respuestas deberían estar equilibradas por otras opciones encaminadas a disminuir las emisiones en los sectores de la energía, la industria, la silvicultura y la agricultura, y por opciones de adaptación y otros objetivos de políticas aplicables en los planos nacional e internacional. Al tomar decisiones sobre políticas habría que hallar los medios de tener en cuenta a otros países y también las cuestiones intergeneracionales.

3.0.3 El examen de las estrategias de respuesta al cambio climático plantea, no obstante, enormes dificultades para los responsables de políticas. Por un lado, la información disponible que permita proceder a análisis de políticas fundamentados es inadecuada porque:

- a) sigue habiendo imprecisiones científicas en lo que toca a la magnitud, el tiempo, el ritmo, y las consecuencias regionales de un posible cambio climático;
- b) hay incertidumbre en cuanto a saber cuán eficaces serían las opciones o grupos de opciones específicos de respuesta para evitar efectivamente el posible cambio climático;
- c) hay incertidumbre en lo que respecta a los costos, los efectos en el crecimiento económico y otras repercusiones económicas y sociales de las opciones o grupos de opciones específicas de respuesta.

3.0.4 Aun así, las posibles graves consecuencias del cambio climático para el medio ambiente de nuestro planeta son razones suficientes para comenzar a adoptar estrategias de respuesta que pueden tener justificación inmediata incluso ante tales incertidumbres.

3.0.5 Reconociendo estos factores se procedió a una evaluación preliminar de numerosas opciones. Parece ser que algunas de éstas pueden ser económica y socialmente viables para ser aplicadas a corto plazo, en tanto que otras, por no ser aún técnica o económicamente viables, podrían serlo a más largo plazo. Por lo general, el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta estimó que las estrategias de respuesta más eficaces, especialmente las aplicables a corto plazo, son aquellas que:

- son beneficiosas por razones distintas de las del cambio climático y se justifican por derecho propio, por ejemplo las tecnologías que permiten aumentar la eficiencia energética y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, permiten mejorar la gestión de los bosques y de otros recursos naturales, y disminuyen las emisiones de clorofluorocarbonos y otras sustancias que agotan la capa de ozono, que son asimismo gases radiativamente importantes;

- son económicamente eficientes y rentables, en particular las que hacen uso de mecanismos basados en el mercado;
- son capaces de servir para fines sociales económicos y medioambientales múltiples;
- son flexibles y escalonadas, de modo que pueden modificarse con facilidad para responder a una mayor comprensión de los aspectos científicos, tecnológicos y económicos del cambio climático;
- son compatibles con el crecimiento económico y con el concepto de desarrollo sostenible;
- son administrativamente prácticas y eficaces en cuanto a su aplicación, monitorización y puesta en vigor; y
- son reflejo de las obligaciones de los países industrializados y en desarrollo para hacer frente a este problema, reconociendo al mismo tiempo las especiales necesidades de los países en desarrollo, en particular en lo tocante a la financiación y a la tecnología.

3.0.6 El grado de viabilidad de las opciones será también distinto según la región o el país de que se trate. En cada país, las repercusiones de determinadas opciones dependerán de sus circunstancias sociales, medioambientales, y económicas. Sólo mediante un minucioso análisis de todas las opciones disponibles será posible determinar cuáles son las que mejor se adaptan a las circunstancias de un determinado país o región. Para empezar, se debería dar la máxima prioridad al examen de las políticas actuales con miras a que los conflictos con los objetivos de las estrategias sobre el cambio climático sean mínimos. Habrá necesidad de nuevas políticas.

4. Opciones para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero

4.0.1 El Grupo de trabajo pasó revista a las medidas que podrían atenuar el cambio climático limitando las emisiones netas de gases de efecto invernadero que producen las ramas de actividad de la energía, la industria, el transporte, la vivienda y la construcción, la silvicultura, la agricultura y otros sectores. Entre estas medidas figuran las que limitan las emisiones de fuentes productivas de gases de efecto invernadero (por ejemplo, la producción y utilización de energía), las que aumentan la utilización de sumideros naturales (tales como los bosques que no han llegado a su madurez y otra biomasa) para retener gases de efecto invernadero, así como las medidas encaminadas a proteger reservas tales como los bosques actuales. Aunque el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta no tenía mandato para examinar la función de los océanos, el Grupo de Trabajo I observó que éstos desempeñan también un

CUADRO 3

Ejemplos de Opciones a Corto Plazo

I. MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCION, CONVERSION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA

Producción de Energía Eléctrica	Industria	Transportes	Construcción
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la eficiencia en la producción de energía eléctrica: <ul style="list-style-type: none"> - aumento de potencia de las instalaciones y medios existentes mediante sistemas de alta eficiencia; - introducción de sistemas de ciclo combinado de gasificación integrados; - introducción de combustión atmosférica en lecho fluidificado; - introducción de combustión presurizado en lecho y fluidificado con sistemas de electricidad de ciclo combinado; - mejora de la eficiencia de las calderas. • Sistema mejorado de coproducción de energía eléctrica y de vapor. • Mejora del manejo y mantenimiento. • Introducción de técnicas fotovoltaicas, especialmente para la producción de electricidad local. • Introducción de células de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción de nuevas mejoras de eficiencia en los procesos de producción; • reciclado de materiales (particularmente materiales que demandan gran cantidad de energía); • sustitución con materiales que requieren menor empleo de energía; • transmisiones y motores electromecánicos mejorados; • optimización del proceso térmico, incluida la acumulación en cascada y la cogeneración de energía; • mejora del manejo y del mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la eficiencia del combustible de los vehículos de carretera: <ul style="list-style-type: none"> - gestión electrónica del motor y sistemas de control de la transmisión; - diseño avanzado del vehículo; menor tamaño y peso, con empleo de materiales compuestos ligeros y cerámicas estructurales; - mejoras aerodinámicas, y de los componentes de la cámara de combustión, mejores lubricantes y diseño de neumáticos, etc; - mantenimiento regular del vehículo; - camiones de mayor capacidad; - mejor eficiencia en los servicios de transporte; - unidades de regeneración. • Perfeccionamiento de la tecnología en los transportes públicos: <ul style="list-style-type: none"> - cambio de las modalidades de circulación intraurbana (por ejemplo del automóvil al autobús o al metro); - sistema avanzado de control de trenes para aumentar la densidad del tráfico en las líneas ferroviarias urbanas; - trenes interurbanos de gran velocidad; - mejor integración intermodal. • Comportamiento del conductor, gestión del tráfico y mantenimiento de los vehículos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de los equipos y sistemas de calefacción y enfriamiento: <ul style="list-style-type: none"> - mejora de la eficiencia energética del acondicionamiento de aire; fomento de la introducción del calentamiento y enfriamiento de extensiones, incluida la utilización de bombas de calor; - mejor eficiencia de los quemadores; - utilización de bombas de calor en los edificios; - utilización de sistemas avanzados de control electrónico de la gestión de la energía. • Mejora de la eficiencia del acondicionamiento del espacio en la casa/edificio: <ul style="list-style-type: none"> - eficiencia calorífica mejorada mediante materiales de aislamiento de gran eficiencia; mejor diseño de la construcción (orientación, ventanas, construcción, envoltura, etc.); - mejora de los intercambiadores térmicos aire-aire. • Mejor eficiencia de alumbrado. • Mejor eficiencia de los aparatos. • Mejora del manejo y del mantenimiento. • Mejor eficiencia de los hornos de las cocinas (en los países en desarrollo).

CUADRO 3 (CONTINUACIÓN)

II. FUENTES DE ENERGÍA DE ORIGEN NO FOSIL Y DE BAJOS NIVELES DE EMISIÓN

Producción de Energía Eléctrica	Otros Sectores
<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de proyectos hidroeléctricos en pequeña y gran escala; - ampliación de las plantas eléctricas nucleares convencionales; - construcción de plantas eléctricas de combustión por gas; - diseño normalizado de plantas de energía nuclear para mejorar su economía y seguridad; - elaboración de proyectos sobre energía geotérmica; - introducción de turbinas eólicas; - ampliación de la combustión sostenible de biomasa; - sustitución de depuradores y otra tecnología de control de consumo de energía por un control más eficiente de la emisión de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución del petróleo y del carbón para la calefacción por gas natural y biomasa; • calefacción solar; • tecnologías para producir y utilizar combustibles alternativos; <ul style="list-style-type: none"> - mejores sistemas de almacenamiento y combustión de gas natural; - introducción de vehículos propulsados por combustible flexible y combustible de alcohol.

III. SUPRESIÓN, RECIRCULACIÓN O FIJACIÓN

Energía/Industria	Basureros
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación y utilización de derrames o escapes de CH₄ procedente de almacenamiento de combustibles fósiles, o de la extracción minera del carbón; • mejor mantenimiento del petróleo y del gas natural y de los sistemas de producción y distribución de petróleo para reducir los derrames de CH₄; • mejor control de las emisiones de CO, SO_x, NO_x y VOCs para proteger los sumideros de los gases de efecto invernadero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclado e incineración de materiales de desecho para disminuir las emisiones de CH₄; • utilización o quema de las emisiones de CH₄; • mejor mantenimiento de los basureros para disminuir las emisiones de CH₄.

CUADRO 4

Ejemplos de Opciones a Medio/Largo Plazo
I. MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCION, CONVERSION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA

Producción de Energía Eléctrica	Industria	Transportes	Construcción
<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología avanzada para almacenar energía intermitente; • pilas perfeccionadas; • almacenamiento de energía de aire comprimido; • almacenamiento de energía superconductor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor utilización de materiales que consumen menos energía; • tecnologías avanzadas de transformación; • utilización de fenómenos biológicos en los procesos; • conversión localizada de energía para transformación; • utilización de células de combustible para la cogeneración. – 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor eficiencia de los combustibles de los vehículos de carretera; mejoras en el diseño de aeronaves y buques: <ul style="list-style-type: none"> – conceptos avanzados en materia de propulsión; – motores de aeronaves de derivación (bypass) ultra-elevada; propulsión de buques mediante contrarotación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejores sistemas de almacenamiento de energía: <ul style="list-style-type: none"> – utilización de tecnología de la información para prever y satisfacer las necesidades de energía; – utilización del hidrógeno para almacenar energía con fines de utilización en los edificios. • Sistemas de construcción mejorados: <ul style="list-style-type: none"> – nuevos materiales de construcción para un mejor aislamiento a costo reducido; – ventanas que ajustan la opacidad para elevar al máximo la entrada de sol. • Nuevos sistemas de almacenamiento de alimentos que eliminan la refrigeración.

CUADRO 4 (CONTINUACIÓN)

II. FUENTES DE ENERGIA NO FOSILES Y DE BAJOS NIVELES DE EMISION

Producción de Energía Eléctrica	Otros Sectores
<ul style="list-style-type: none"> • Plantas nucleares: <ul style="list-style-type: none"> - características de seguridad pasiva para mejorar la fiabilidad y aceptabilidad. • Tecnologías de energía solar: <ul style="list-style-type: none"> - energía solar térmica; - energía solar fotovoltaica (especialmente para la producción de electricidad local). • Tecnologías avanzadas de células de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Otras tecnologías para producir y utilizar combustibles alternativos: <ul style="list-style-type: none"> - sistemas mejorados de almacenamiento y combustión de hidrógeno; - control de gases evaporados de combustibles criogénicos; - mejoras en el rendimiento de los hidruros metálicos; - procesos de alto rendimiento para convertir la biomasa lingocelulósica en combustibles alcoholólicos; - introducción de vehículos eléctricos e híbridos; - disminución del tiempo de recarga de pilas perfeccionadas.

III. SUPRESION, RECIRCULACION O FIJACION

- Condiciones mejoradas de combustión para disminuir las emisiones de N₂O.
- Tratamiento de los gases de escape para disminuir las emisiones del N₂O.
- Separación del CO₂ y eliminación geológica y marina.

papel igualmente importante como sumideros y depósitos de dióxido de carbono. A continuación se discuten las opciones a corto y largo plazo para cada uno de los grandes sectores de emisiones.

4.0.2 También hay que admitir que el gran aumento de la población terrestre que, según las proyecciones, llegará a alcanzar no menos de 10.000 millones de personas durante el siglo que viene será un factor capital causante del aumento proyectado de gases de efecto invernadero en el mundo. La razón es que el aumento de la población irá acompañado de un mayor consumo de energía y alimentos, se roturarán más tierras y se aumentarán otras actividades, y todo ello hará crecer las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es esencial que las políticas concebidas para tratar eficazmente el problema de un posible cambio climático a escala planetaria vayan acompañadas de estrategias y medidas para disminuir la tasa de crecimiento de la población mundial.

4.1 Limitación de las emisiones netas del sector de la energía

4.1.1 El sector de la energía desempeña un papel de importancia capital para el bienestar económico y el desarrollo de todas las naciones. Al mismo tiempo, como la producción y utilización de energía representa aproximadamente la mitad del forzamiento radiativo causado por las actividades humanas, es necesario que las políticas energéticas procuren que el crecimiento económico continuado se haga de forma tal que, globalmente, se conserve el medio ambiente para las generaciones futuras. No obstante, no hay ninguna opción tecnológica preparada y lista para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero que producen las fuentes de energía. Hace falta una estrategia global que se encargue de mejorar la eficiencia, tanto de la demanda como de la oferta, y ello con carácter prioritario, haciendo hincapié en la investigación, desarrollo y despliegue de tecnología.

4.1.2 El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta reconoce las especiales dificultades que afrontarán los países, en especial los países en desarrollo, de fuerte dependencia económica de la producción y/o exportación de combustibles fósiles, como consecuencia de las medidas tomadas por otros países para limitar o disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a la energía. Estas dificultades deberían ser tenidas en cuenta al elaborar estrategias internacionales.

4.1.3 Se han precisado diversas opciones posibles para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los sistemas de energía. Las categorías más importantes de opciones son las siguientes:

- mejoras en la eficiencia y conservación del abastecimiento de energía, su conversión y utilización final;

- sustitución de combustibles por fuentes energéticas cuyas emisiones de gases de efecto invernadero son inferiores o nulas;
- disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero por eliminación, recirculación o fijación;
- cambios en la gestión y en el comportamiento (por ejemplo, aumento de la actividad laboral en el hogar gracias a la tecnología de la información) y cambios estructurales (por ejemplo, cambio de modalidades de transporte).

4.1.4 De un análisis de las tecnologías en estas categorías se desprende que algunas de ellas están ya disponibles actualmente o dentro de poco tiempo, en tanto que otras necesitan mayor perfeccionamiento para disminuir su costo o mejorar sus características medioambientales.

4.1.5 Los Cuadros 3 y 4 dan diversos ejemplos de opciones tecnológicas dentro de cada una de las amplias categorías arriba definidas, y su posible aplicación a corto, mediana y largo plazo. Esta distinción entre intervalos de tiempo se utiliza para reflejar las necesidades tecnológicas restantes en cada categoría y contribuir a formular estrategias tecnológicas. Las tecnologías a corto plazo son aquellas que aparentemente están o estarán técnica y económicamente listas para ser introducidas y/o demostradas hasta el año 2005 y más allá. Las tecnologías a plazo medio son las que, aunque técnicamente disponibles en la actualidad, no son aún económicamente viables y, por lo tanto, quizás no puedan aplicarse hasta el año 2005 a 2030. Las tecnologías a más largo plazo no están aún disponibles pero pueden aparecer después del año 2030 por obra de la investigación y el desarrollo. Estos marcos temporales podrían verse influidos por factores tales como el ritmo de los cambios tecnológicos y las condiciones económicas.

4.1.6 El potencial técnico, económico y de mercado de las opciones tecnológicas diferirá según sea el sector al que van a aplicarse. El potencial técnico de una tecnología de energía es su capacidad de disminución de las emisiones posibles, independientemente de los costos que ello acarrea, y es en buena medida función de la viabilidad técnica y de la disponibilidad de recursos. Por potencial económico entendemos que la aplicación de las opciones sea o no económicamente eficiente y rentable - potencial que puede ser considerablemente menor que el técnico, donde hay costos de recursos positivos. Por potencial de mercado se entiende que haya o no probabilidades de que el consumidor o el usuario adopte la opción - este potencial podría ser incluso inferior al potencial económico, debido a las imperfecciones del mercado, las actitudes ante el riesgo, y la presencia de costos no monetarios.

4.1.7 En general se dispone de amplia información sobre el potencial técnico de las numerosas opciones tecnológicas enumeradas. Por ejemplo:

- en el sector de transportes, las mejoras en la eficiencia de los vehículos poseen grandes posibilidades técnicas (por ejemplo un 50% de mejora del vehículo medio en carretera en algunos países);
- en el sector de generación de electricidad, podrían alcanzarse mejoras del 15 al 20% de la eficiencia mediante modificaciones de elementos de las plantas que utilizan el carbón como combustible y hasta un 65% con las plantas de nueva generación comparadas con las plantas de tipo medio actualmente en servicio que funcionan con carbón; con la sustitución del combustible se podría lograr un 30% a 40% de disminución de las emisiones de CO₂ (pasando del carbón al gas natural);
- en el sector de la construcción, los nuevos edificios podrían ser en términos generales dos veces más eficientes energéticamente hablando y, los nuevos edificios comerciales podrían alcanzar una eficiencia de hasta el 75% mayor que la de los edificios actuales; al practicar modificaciones en los edificios actuales se podría lograr un promedio del 25% de mejora de eficiencia, y en lo que toca a los edificios comerciales actuales, la mejora oscilaría en torno al 50%;
- en el sector de la industria, el potencial técnico de mejoras en la eficiencia va del 15% aproximadamente en algunos subsectores hasta más del 40% en otros (es decir, la mejor tecnología disponible comparada con los equipos corrientes).

4.1.8 Para lograr el potencial técnico en estos sectores se tropieza con impedimentos que pueden clasificarse en general del modo siguiente;

- costos de capital de tecnologías más eficientes en relación con los costos de la energía;
- precios relativos de los combustibles (para la sustitución de combustibles);
- falta de infraestructura;
- desventajas de rendimiento que persisten en las tecnologías alternativas;
- ritmos de sustitución;
- establecer contacto con el gran número de responsables de la adopción de decisiones sobre este tema.

4.1.9 La importancia de cada una de estas limitaciones está en función del sector de que se trate. Aun no siendo un impedimento, los cambios de comportamiento (por ejemplo, mejor comportamiento de los conductores, mejor mantenimiento de los vehículos y apagar luces no utilizadas) pueden hacer importantes contribuciones a la disminución de las emisiones dentro de los sectores. Para lograr esos cambios

se precisa la participación tanto del suministrador de energía como del consumidor. Asimismo, las mejoras de las prácticas operativas de parte de la industria y del gobierno (por ejemplo, mejor gestión del tráfico o funcionamiento de las calderas) ofrecen importantes posibilidades pero requieren un aumento de la atención. Las políticas de transporte y de alojamiento (por ejemplo el fomento de los transportes públicos, el aislamiento de los hogares) podrían disminuir también las emisiones de gases de efecto invernadero. En la Sección 7 de este informe resumido para los responsables de políticas se presenta una evaluación más completa y detallada de las medidas destinadas a superar estos impedimentos.

4.1.10 Hay factores ajenos al sector energético que encierran importantes posibilidades de limitación. Entre éstas figura la dificultad de:

- ejecutar cambios fundamentales en la estructura de las economías (por ejemplo, crear una nueva infraestructura de transportes y alojamiento);
- ejecutar cambios fundamentales en las actitudes y factores sociales (preferencias por vehículos más pequeños y de mayor eficiencia).

4.1.11 El reto que se plantea a los responsables de políticas consiste en aumentar la captación por el mercado de opciones tecnológicas y de cambios de comportamiento y actividad, así como abordar el examen de los problemas más amplios ajenos al sector energético con el fin de captar mayor cantidad de las posibilidades existentes.

Opciones y estrategias

4.1.12 Los Cuadros 3 y 4 resumen los criterios tecnológicos, reglamentarios e institucionales que podrían constituir elementos de estrategias para controlar los gases de efecto invernadero.

4.1.13 Más adelante se presenta una lista de opciones recomendadas por el EIS, como medidas encaminadas a abordar el tema de las emisiones de los gases de efecto invernadero. Se alienta a los países a que evalúen las consecuencias sociales, económicas y medioambientales de estas opciones:

- tomando ahora⁶ medidas para tratar de limitar, estabilizar o reducir la emisión de gases de efecto invernadero originados por la producción de energía e impedir la destrucción y mejorar la eficacia de los sumideros. Una opción que los gobiernos podrían estudiar es la fijación de objetivos para el CO₂ y otros gases de efecto invernadero;
- adoptar un criterio progresivo flexible basado en los mejores conocimientos científicos, económicos y tecnológicos disponibles, con respecto a las medidas necesarias para reaccionar ante el cambio climático;

- trazar políticas específicas y ejecutar programas multivariados, completos y detallados que abarquen todos los temas relativos a los gases de efecto invernadero relacionados con la energía;
- iniciar la aplicación de estrategias que tengan múltiples beneficios sociales, económicos y medioambientales, que sean económicamente rentables y compatibles con un desarrollo sostenible y hagan uso de las fuerzas del mercado del mejor modo posible;
- intensificar la cooperación internacional multilateral y bilateral en la elaboración de nuevas estrategias en materia de energía para hacer frente al cambio climático. Al respecto se alienta a los países industrializados a que fomenten el desarrollo y la transferencia de tecnologías energéticas eficientes y limpias a otros países;
- aumentar el conocimiento del público acerca de la necesidad de que los costos medioambientales exteriores se reflejen en los precios de la energía, en los mercados y en las decisiones de políticas en el grado en que puedan ser determinados;
- fomentar el conocimiento del público acerca de las tecnologías, productos y alternativas de eficiencia energética mediante la educación e información del público (por ejemplo, el etiquetado);
- intensificar la investigación y el desarrollo, así como la colaboración internacional en tecnologías de la energía y el análisis económico y de política energética que son pertinentes para el cambio climático;
- alentar la participación de la industria, del público en general, y de las organizaciones no gubernamentales en el desarrollo y ejecución de estrategias encaminadas a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Opciones de estrategia a corto plazo

4.1.14 Entre las estrategias a corto plazo para todas las naciones se cuentan las siguientes:

- mejorar la difusión de tecnologías energéticamente eficientes y alternativas cuya eficacia esté técnica y comercialmente demostrada;
- mejorar la eficiencia energética de los bienes producidos en masa, en particular los vehículos de motor y los aparatos y equipos eléctricos, así como los

⁶ En la reunión celebrada por el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta se expresó gran preocupación por la idea de inmediatez que supone el empleo de la palabra “ahora” en la opción número uno, cuando la ejecución podría considerarse únicamente a un ritmo que estuviese en concordancia con el grado de conocimiento de los países y las circunstancias propias de cada uno.

edificios (por ejemplo, mediante la mejora de las normas);

- elaborar, difundir y transferir tecnologías que limiten las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a energía;
- revisar los sistemas de precios y tarifas de la energía, y las decisiones de políticas en materia de planificación energética para que reflejen mejor los costos para el medio ambiente.

Opciones estratégicas a largo plazo

4.1.15 A más largo plazo, el desarrollo sostenible seguirá siendo un tema central de las políticas y estrategias. Los criterios específicos en el seno de un marco político para un desarrollo sostenible evolucionarán a medida que mejora nuestra comprensión del cambio climático y sus repercusiones.

4.1.16 Las estrategias a largo plazo para las distintas naciones son:

- acelerar los trabajos encaminados a mejorar el potencial a largo plazo de la eficiencia en la producción y utilización de la energía; alentar el recurso relativamente mayor a fuentes y tecnologías energéticas que emiten menos gases de efecto invernadero o que no los emiten en absoluto; y aumentar los medios naturales y humanos de retener los citados gases;
- estudiar, desarrollar y desplegar con más detalle instrumentos políticos en los que figure la información al público, las normas, los impuestos e incentivos, los permisos negociables y las evaluaciones del impacto medioambiental que determinarán la elección de energías sostenibles por los productores y consumidores sin poner en peligro la seguridad de la energía y el crecimiento económico;
- elaborar metodologías para evaluar el equilibrio entre las estrategias de limitación y de adaptación y la introducción de cambios en la infraestructura (por ejemplo, ductos, rejillas eléctricas, embalses) necesarios para limitar el cambio climático o adaptarse al mismo.

4.2 Limitación de las emisiones netas provocadas por la industria

4.2.1 La fuente más importante de gases de efecto invernadero que acompañan a la actividad industrial no relacionada con la utilización de energía es la producción y utilización de clorofluorocarbonos y otros halocarbonos. Los CFC representan una fuente muy importante de emisiones de gases de efecto invernadero y han aportado aproximadamente el 24% del total del aumento del forza-

miento radiativo para el período del decenio de 1980. Aunque el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta no estudió estrategias de control para estos gases, ya que la cuestión ha sido tratada en el marco del Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono, destacó que la revisión del Protocolo de Montreal actualmente en curso debería tener en cuenta las posibilidades de calentamiento del globo que encierran los posibles sustitutos de los CFC.

4.2.2 El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuestas elaboró en efecto futuros escenarios de emisión de gases para los CFC y los HCFC-22 (el HCFC-22 se utilizó como sustituto para una posible mezcla de HCFC con sustitutos de los HFC). El Grupo de Trabajo I evaluó los posibles efectos de esos sustitutos en el forzamiento radiativo. Para una determinada tasa de emisión, los HCFC y los HFC son gases de efecto invernadero menos eficaces que los CFC por ser más corto su período de vida. Las tasas de crecimiento supuestas en los escenarios del IPCC darán por resultado concentraciones atmosféricas de HFC y de HCFC que llegarán a ser comparables a las de los CFC durante los próximos decenios, suponiendo que los clorofluorocarbonos se hubieran seguido utilizando a los ritmos actuales. Tomando como supuestos los escenarios del IPCC en lo que respecta a los HFC y a los HCFC, el Grupo de Trabajo I calculó que estos gases aportarían hasta el 10% del total adicional del forzamiento radiativo para el período 2000-2050.

4.3 Limitación de las emisiones netas producidas por la agricultura

4.3.1 Puede atribuirse al sector agrícola alrededor del 9% de la emisión de gases de efecto invernadero antropogénico, en particular a causa de los sistemas de cría de ganado, del cultivo del arroz y de la utilización de fertilizantes nitrogenados. La limitación de las emisiones procedentes de este sector es una empresa ardua, ya que no se comprenden aún bien los procesos de producción de gases de efecto invernadero a resultas de las actividades agrícolas, en particular el metano y el óxido nitroso. Además, las opciones de respuesta en el sector agrícola han de diseñarse de modo que se garantice el mantenimiento del abastecimiento de alimentos. Parece, no obstante, que hay cierto número de opciones de respuesta a corto plazo, algunas de ellas económicamente beneficiosas en sí mismas, las cuales podrían contribuir a limitar las emisiones netas procedentes de fuentes agrícolas. Cuando fuese conveniente, la supresión de subvenciones, incentivos y barreras reglamentarias que alientan las emisiones de efecto invernadero por el sector agrícola serían beneficiosos a la vez medioambiental y económicamente. Además, algunas tecnologías y prácticas prometedoras podrían disminuir considerablemente a largo plazo las emisiones de estos gases.

Opciones a corto plazo:

4.3.2 *Sistemas de cría de ganado:* Las emisiones de metano podrían disminuir mediante una mejor gestión de los desechos producidos por el ganado, ampliación de las prácticas de alimentación suplementaria y una mayor utilización de los agentes de aumento de producción y crecimiento con garantías para la salud humana.

4.3.3 *Utilización de fertilizantes:* Las emisiones de óxido nitroso podrían disminuirse empleando fórmulas mejoradas de fertilizantes ya existentes, utilizando prudentemente los abonos y estiércoles animales y mejorando las técnicas y prácticas de aplicación.

4.3.4 *Tierras marginales:* Las zonas aptas marginalmente para regímenes de cultivo anual pueden convertirse en cultivos de cubierta perennes para producir forraje, utilizarse como pastizales o como bosques si los suelos son convenientes. Estas acciones aumentarían la absorción de carbono tanto en el vegetación como en el suelo, y producirían otros beneficios.

4.3.5 *Prácticas agrícolas sostenibles:* Siempre que fuese posible se deberían introducir regímenes de laboreo mínimo o nulo en los países que actualmente siguen esa práctica como parte del ciclo anual de cultivo, manteniendo y aumentando de ese modo la materia orgánica del suelo.

Opciones a más largo plazo:

4.3.6 *Cultivo del arroz:* Mediante un criterio global que abarcase la gestión de los regímenes hídricos, la mejora de las especies de cultivo, la utilización eficiente de los fertilizantes y otras prácticas de gestión se podría conseguir de un 10 a un 30% de disminución de las emisiones de metano causadas por el cultivo del arroz anegado, si bien hay que hacer una minuciosa investigación antes de desarrollar y demostrar estas prácticas. Se estima que harían falta por lo menos 20 años para introducir tales prácticas. Hay que investigar cultivos alternativos adaptables para proporcionar una base más diversa de cultivos para las regiones arroceras.

4.3.7 *Ganado:* Gracias a diversas tecnologías, parece que las emisiones de metano pueden disminuir en los sistemas de cría de ganado hasta un 25 a 75% por unidad de producto en la producción de productos lácteos y de carne, aunque subsisten muchas incertidumbres sobre el particular.

4.3.8 *Fertilizantes:* Las emisiones de óxido nitroso provocadas por fertilizantes podrían disminuirse (aunque no se sabe exactamente en qué medida) mediante cambios en la utilización de fertilizantes con tasas controladas de conversión de nitrógeno, mejorando la eficiencia de la utilización de fertilizantes y adoptando donde fuese posible sistemas de agricultura alternativos.

4.3.9 *Desertificación:* Aumento de la investigación sobre las medidas de lucha contra este proceso.

4.4 Limitación de las emisiones netas causadas por la silvicultura y otras actividades

4.4.1 La silvicultura y aspectos afines de utilización de las tierras no pueden considerarse aisladamente, y las soluciones han de basarse en un enfoque integrado que vincule la silvicultura a otras políticas, como las que tienen que ver con la pobreza y los recursos de la tierra, las cuales deberían recibir el apoyo de sólidas instituciones con el fin de mejorar la gestión forestal general. La crisis forestal tiene sus orígenes en el sector agrícola y en las necesidades de empleo y de ingresos que tienen las poblaciones. Sólo se podrá poner freno a la deforestación cuando, para el pueblo que vive en el bosque y en torno a éste, resulte económicamente más valioso conservar el bosque natural que dedicar la misma tierra a otros usos.

4.4.2 Las prácticas de silvicultura y otras actividades humanas asociadas a la utilización de la tierra, tales como la combustión de biomasa y el enterramiento de desechos, representan aproximadamente el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas. Se han descubierto algunas opciones de respuesta a corto y largo plazo para limitar las emisiones netas que proceden de estos sectores.

Opciones a corto plazo

4.4.3 Mejora de la gestión forestal y disminución de la deforestación y degradación del bosque, que deberían ser apoyadas por:

- una disminución de la polución del aire que contribuye al deterioro de los bosques;
- la eliminación de los incentivos y subvenciones económicos inadecuados que contribuyen a la pérdida del bosque, cuando proceda;
- la integración de las necesidades impuestas por la conservación de los bosques y del desarrollo sostenible en todos los sectores pertinentes de planificación y política de desarrollo nacionales, teniendo en cuenta los intereses de las comunidades locales;
- la coordinación de la teledetección, la concentración y análisis de datos para proporcionar los datos que se necesitan;
- una reunión de los países interesados procedentes del mundo en desarrollo e industrializado, y de los organismos internacionales competentes para precisar los posibles elementos claves de un protocolo para la conservación de los bosques del mundo en el marco de un proceso de elaboración de un convenio sobre el clima que también aborde los temas del abastecimiento y utilización de energía, y medios prácticos para ponerlo en ejecución. Dicha reunión elaboraría

también un marco y una metodología para analizar la viabilidad de las conclusiones de Noordwijk, en particular metas alternativas, así como la diversidad completa de costos y beneficios;

- intensificar el Plan de Acción para la Silvicultura Tropical (TFAP) y, a la luz del examen independiente que se está efectuando, la Organización Internacional de la Madera Tropical (ITTO) y otras organizaciones internacionales cuyo objetivo es ayudar a los países en desarrollo a que consigan conservar, desarrollar y gestionar sus bosques en forma sostenible;
- una evaluación de los incentivos y frenos para una gestión sostenible de los bosques, por ejemplo, la viabilidad del etiquetado;
- la introducción de una cosecha y gestión sostenibles de los bosques;
- desarrollo de métodos mejorados de regeneración;
- desarrollo y ejecución de planes nacionales (en gran escala) de repoblación y conservación forestal cuando sea factible.

4.4.4 Cuando proceda, ampliar las áreas forestales, especialmente mediante la repoblación forestal, agrosilvicultura y repoblación de los excedentes disponibles de tierras agrícolas, urbanas y marginales.

4.4.5 Cuando proceda, reforzar y mejorar la utilización de productos y maderas forestales mediante medidas tales como la sustitución de una parte de los combustibles fósiles por madera u otra biomasa cuya gestión sea sostenible; sustitución parcial de materiales de elevado aporte energético por madera; nuevo reciclado de productos forestales; y mejor eficiencia de la utilización de la madera como combustible.

4.4.6 Desarrollo de sistemas de recuperación de metano para los basureros y las instalaciones de tratamiento de aguas de desecho, y su utilización en particular en los países industrializados.

Opciones a más largo plazo

4.4.7 Mantener la salud y la permanencia de los bosques actuales como grandes reservas naturales de carbono, especialmente mediante el desarrollo y la ejecución de lo siguiente:

- estrategias de gestión del ajuste y la presión ambiental sobre la silvicultura;
- estrategias para la protección especial de los bosques (elaboradas en el marco de escenarios sobre el cambio climático);

- prácticas medioambientalmente idóneas para el tratamiento de las turberas;
- normalización de métodos de inventario y biomonitorización forestal para facilitar la gestión de los bosques del mundo.

4.4.8 Ampliar la biomasa forestal, especialmente de los bosques de las zonas templadas intensivamente explotados, mediante medidas de silvicultura y plantación de árboles genéticamente mejorados.

4.4.9 Con respecto a la gestión de desechos, la utilización de la captación y quemado de gases para disminuir las emisiones de metano producidas por los basureros y el desarrollo de centrales productoras de biogás para reducir las emisiones de metano a partir del tratamiento de aguas de desecho. Es necesario efectuar demostraciones, impartir formación y transferir la tecnología para que estas posibilidades se hagan realidad, es decir, una disminución de entre el 30 y el 90% para los basureros y hasta un 100% en el tratamiento de aguas de desecho.

5. Otras actividades para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero

5.0.1 Se han debatido considerablemente en el ámbito internacional los objetivos que se pretende alcanzar en lo que respecta específicamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular el CO₂, el más abundante de todos ellos. La declaración final publicada en noviembre de 1989 por la conferencia de Noordwijk sobre la contaminación atmosférica y el cambio climático alentaba al IPCC a que hiciese figurar en su primer informe de evaluación un análisis de los objetivos cuantitativos para limitar o disminuir las emisiones de CO₂, e instaba a todos los países industrializados para que explorasen la viabilidad de alcanzar esos objetivos, entre ellos, por ejemplo, la disminución del 20% de las emisiones de CO₂ para el año 2005. La conferencia hizo también un llamamiento en favor de un aumento neto de los bosques del mundo de 12 millones de hectáreas al año. El IPCC aceptó este mandato en el curso de su tercera reunión plenaria.

5.0.2 Aunque la viabilidad de las metas cuantitativas en lo tocante a las emisiones de gases de efecto invernadero forma parte del mandato originario del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta por intermedio de su Subgrupo sobre Energía e Industria (EIS), se acordó que estas tareas, nuevas y específicas, requerirían más tiempo, datos y análisis para poder ser tratadas adecuadamente. Por consiguiente, se decidió que los resultados de las deliberaciones del EIS con respecto a estas conclusiones no podían figurar en forma exhaustiva en su informe, sino que se discutirían de modo incompleto y preliminar. Se va a presentar a la cuarta reunión plenaria del IPCC un informe de situación fruto de los resultados de un cursillo

internacional de trabajos prácticos que se celebrará en el Reino Unido en junio de 1990. En lo que respecta a las conclusiones de la reunión de Noordwijk sobre el crecimiento de los bosques del mundo, el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta, por intermedio de su Subgrupo sobre Agricultura, Silvicultura y otras Actividades Humanas (AFOS) destacó que se debería establecer un marco y una metodología para analizar su viabilidad.

5.0.3 Aunque se han demostrado las posibilidades técnicas de algunas opciones, hay muy poca información sobre la auténtica viabilidad económica y social que supone poner en práctica tales opciones. Tampoco se comprenden suficientemente las ventajas que se obtendrían al evitar los cambios de las variables climáticas. Es absolutamente necesario que se emprendan nuevas actividades sobre el costo y las consecuencias ventajosas de las estrategias de respuesta. Se ha llegado a la conclusión de que estas cuestiones figuran entre las esferas más importantes de la investigación futura del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta, las organizaciones internacionales concernientes y de los países considerados individualmente.

5.0.4 El material puesto a la disposición del EIS demuestra el importante papel que las emisiones de los países industrializados desempeñan en el conjunto total de emisiones del mundo a corto plazo. El material indica también que las posibilidades técnicas para lograr una disminución de los gases son grandes y difieren en gran medida según las regiones y los países. Por lo tanto, a corto plazo no se producirá progreso importante alguno en la limitación de las emisiones en el mundo si los países industrializados no toman medidas. Algunos de ellos han decidido ya estabilizar o disminuir sus emisiones.

6. Medidas de adaptación al cambio climático mundial

6.0.1 Además de las opciones tendentes a una limitación, discutidas más arriba, el Grupo examinó medidas para adaptarse a un cambio climático posible. El examen de opciones de adaptación es de importancia capital por diversas razones. En primer lugar, como se cree que probablemente transcurrirá un lapso de tiempo entre las emisiones y el consiguiente cambio climático, el clima puede estar ya encarrilado hacia cierto grado de cambio. La ejecución de medidas de adaptación puede ser por ello necesaria, cualesquiera que sean las acciones de limitación que puedan emprenderse. En segundo lugar, la propia variabilidad climática natural necesita adaptación.

6.0.2 Por otra parte, en caso de que se produjese un cambio climático adverso importante, sería necesario estudiar las estrategias de limitación y de adaptación como parte de un conjunto integrado en el cual las políticas adoptadas en las dos esferas se complementan mutuamente con objeto de reducir a un mínimo el costo. Las opciones de limitación y de adaptación deberían elaborarse y

analizarse reconociendo la relación existente entre el calendario y los costos de limitación y de adaptación. Por ejemplo, cuanto más se reduzcan las emisiones netas y más pueda reducirse el ritmo del cambio climático, más fácil será adaptarse a ello. Un criterio auténticamente completo y detallado debería reconocer que el controlar los diferentes gases podría ejercer distintos efectos en la capacidad de adaptación de los recursos naturales.

6.0.3 El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta exploró dos amplias categorías de opciones para la adaptación, a saber:

- *gestión de las zonas costeras*, u opciones que eleven al máximo la capacidad de las regiones costeras para adaptarse al aumento proyectado del nivel del mar y disminuir la vulnerabilidad a las tormentas y;
- *utilización y gestión de los recursos*, u opciones que aborden los efectos potenciales del cambio climático en el mundo para la seguridad de los alimentos, la disponibilidad de agua, los ecosistemas naturales y gestionados, la tierra y la biodiversidad.

6.1 Gestión de zonas costeras

6.1.1 Según el escenario de altas emisiones para el año 2030, se predice que el cambio climático mundial hará elevar el nivel medio de los mares del mundo en 65 cm (con un margen de incertidumbre de 30 a 100 cm) para el año 2100. Si el nivel del mar se eleva en 1 m, podrían inundarse cientos de miles de kilómetros cuadrados de costas húmedas y otras tierras bajas, y las playas oceánicas podrían erosionarse en no menos de cientos de metros en el próximo siglo. Las inundaciones amenazarían vidas humanas, la agricultura, el ganado y las estructuras, y el agua salada avanzaría hacia el interior invadiendo los acuíferos, los estuarios y los suelos, amenazando así el abastecimiento de agua y la agricultura en algunas áreas. La pérdida de los ecosistemas costeros amenazaría los recursos pesqueros.

6.1.2 Algunas naciones serían especialmente vulnerables a estos cambios. De ocho a diez millones de personas viven a menos de un metro del límite de las mareas altas en cada uno de los deltas fluviales no protegidos de Bangladesh, Egipto y Vietnam. Medio millón de personas viven en naciones consistentes en atolones de coral que están casi enteramente a menos de 3 m sobre el nivel del mar; por ejemplo las Maldivas, las islas Marshall, Tuvalu, Kiribati y Tokelau. Otros estados que poseen zonas litorales, archipiélagos así como las naciones insulares de los océanos Pacífico e Índico y del mar de las Antillas, podrían perder gran parte de sus playas y tierras cultivables, con las consiguientes graves perturbaciones económicas y sociales.

6.1.3 Las medidas que se pueden tomar en caso de que suba el nivel del mar se dividen en líneas generales en tres categorías:

- *Retirada*: Si se adopta esta opción no se tomaría medida alguna para proteger a la tierra del mar; por el contrario, se trataría principalmente de ocuparse de que las personas y los ecosistemas se trasladasen tierra adentro de la mejor forma posible. Esta decisión podría estar motivada ya sea por lo excesivo del costo de la protección o por el deseo de mantener los ecosistemas.
- *Adaptación*: Siguiendo esta estrategia, aunque no se haría ningún intento de proteger las tierras amenazadas, se tomarían medidas para hacer posible que se siguiese habitando la zona. Entre las medidas concretas para posibilitar estas opciones figurarían las de erigir abrigo contra las crecidas, edificar edificios sobre pilotes, transformar la agricultura en piscicultura o cultivar especies que soporten las inundaciones o la sal.
- *Protección*: La estrategia de protección utiliza características propias del emplazamiento, como paredes, diques, dunas y vegetación, para proteger a la tierra del mar, de modo que se pueda seguir utilizando la tierra como hasta ahora.

6.1.4 Cada una de estas opciones acarrea repercusiones diversas de tipo medioambiental, económico, social, cultural, jurídico, institucional y tecnológico. La retirada provocaría pérdida de propiedades, ocasionaría costosos reasentamientos de las poblaciones y, en algunos casos notables, plantearía problemas de refugiados. La adaptación podría desembocar en una disminución de los valores de las propiedades y en gastos de modificación de la infraestructura. La protección de las actuales estructuras en caso de que el nivel del mar aumentase en un metro requeriría unos 360.000 km de defensas costeras, cuyo costo total se elevaría a 500.000 millones de dólares durante los próximos 100 años. El costo anual de protección representa como promedio el 0,04% del Producto Nacional Bruto (PNB) y varía de 0 a 20% según los países. Se trata de una estimación bruta que no refleja las actuales necesidades de defensas costeras o las repercusiones de la intrusión de agua salada, ni tampoco el anegamiento de tierras no protegidas. Además, la protección podría tener efectos perjudiciales para las pesquerías, la flora y fauna naturales y las actividades recreativas. La pérdida del entorno tradicional podría perturbar la vida familiar y crear inestabilidad social.

Medidas para prepararse a un posible aumento del nivel del mar

6.1.5 Hay algunas opciones de respuesta que no sólo aumentan la capacidad de las naciones costeras para adaptarse al aumento del nivel del mar, sino que también son beneficiosas en sí mismas. La ejecución de esas opciones tendría un máximo de eficacia si se ejecutasen a corto plazo, no porque la catástrofe sea inminente sino porque, tomando medidas ahora, hay posibilidades de evitar repercusiones nocivas, que quizás no sean tan eficaces si se retrasa el proceso. Entre estas opciones figuran las siguientes:

Planificación de costas nacionales:

- Elaboración y ejecución a corto plazo de planes generales nacionales de ordenación de las zonas costeras en los que se tratará de a) el aumento del nivel del mar y otras repercusiones del cambio climático del planeta, y b) se asegurará que sean mínimos los riesgos para las poblaciones, admitiendo a la vez la necesidad de proteger y mantener ecosistemas costeros importantes.
- Identificación de las áreas costeras en peligro. Es preciso que los países: a) precisen las funciones y los recursos que correrían peligro si el nivel del mar subiese un metro y b) evalúen las repercusiones de las medidas necesarias para adaptarse a esa situación.
- Disposiciones para tener garantías de que el desarrollo de las costas no aumenta la vulnerabilidad a la subida del nivel del mar. Hay que inspeccionar especialmente los diques y presas fluviales, las conversiones de manglares y otras tierras húmedas para la agricultura y la habitación humana, la cosecha de coral y el aumento de los asentamientos en tierras bajas. Además, aunque la adopción de medidas estructurales de preparación contra la subida del nivel del mar no está aún justificada, el diseño y ubicación de infraestructuras costeras y de defensas litorales deberían tener en cuenta la subida del nivel del mar y otros efectos del cambio climático en las costas. A veces cuesta menos diseñar hoy una estructura que contenga estos factores que construirla nuevamente más tarde.
- Examen e intensificación de los mecanismos de preparación contra situaciones de urgencia y de respuesta en las zonas costeras. Hay que desplegar esfuerzos para establecer planes de preparación para casos de urgencia con objeto de disminuir la vulnerabilidad a los temporales en las costas mediante una mejor planificación de la evacuación y la creación de mecanismos de defensas costeras que tengan en cuenta los efectos de la subida del nivel del mar.

Cooperación internacional:

- Mantenimiento de una coordinación internacional continua relativa a los efectos de la subida del nivel del mar. Deberían añadirse a las organizaciones internacionales actuales nuevos mecanismos que centren la atención en el cambio de nivel del mar, y alentar a las naciones del mundo a que elaboran las respuestas apropiadas.
- Prestación de asistencia y cooperación técnica a las naciones en desarrollo. Las instituciones que ofrecen apoyo financiero deberían tener en cuenta la necesidad de asistencia y cooperación técnica para elaborar planes de ordenación costera, evaluar los recursos litorales en peligro y aumentar la capacidad de una

nación - mediante la enseñanza, la formación y la transferencia de tecnología - para abordar el problema de la subida del nivel del mar.

- Apoyo de las organizaciones internacionales a los esfuerzos nacionales encaminados a limitar el aumento de la población en las zonas costeras. En última instancia, el rápido aumento de la población es el problema subyacente que tiene las mayores consecuencias tanto en la eficacia de la ordenación de las zonas costeras como en el éxito de las contramedidas de adaptación.

Investigación, datos e información:

- Intensificación de la investigación sobre los efectos del cambio climático mundial en la subida del nivel del mar. Programas internacionales y nacionales de investigación del clima dirigidos a comprender y predecir los cambios en el nivel del mar, los episodios de extrema intensidad, la precipitación, y otros efectos del cambio climático mundial en las áreas costeras.
- Creación y entrada en servicio de una red mundial de observación oceánica, por ejemplo mediante los esfuerzos de la COI, la OMM y el PNUMA, para establecer una red internacional coordinada de observación oceánica que permita evaluar con exactitud y monitorizar continuamente los cambios en los océanos y zonas costeras del mundo, particularmente el cambio del nivel del mar y la erosión de las costas.
- Difusión de datos e información sobre el cambio en el nivel del mar y opciones de adaptación. Se podría determinar un mecanismo internacional con participación de las partes interesadas para recoger e intercambiar datos e información sobre el cambio climático y sus efectos en el nivel del mar y las costas y sobre diversas opciones de adaptación. Compartir esta información con los países en desarrollo es de capital importancia para preparar planes de ordenación costera.

6.1.6 Se podría iniciar ya un programa que permitiese a los países en desarrollo ejecutar planes de ordenación de las zonas costeras de aquí al año 2000. El programa contemplaría la capacitación de expertos nacionales, así como la concentración de datos y la asistencia y cooperación técnicas. Los fondos estimados que harían falta para prestar el necesario apoyo en los próximos 5 años ascenden a 10.000.000 de dólares EE.UU. Se sugiere que organizaciones internacionales tales como el PNUMA y la OMM estudien la posibilidad de coordinar este programa en consulta con las naciones interesadas.

6.2 Utilización y gestión de recursos

6.2.1 Los informes de los Grupos de Trabajo I y II

señalan importantes e inevitables efectos, tanto positivos como negativos en los recursos mismos que son el sostén vital de la raza humana y de otras especies. Entre estos recursos figuran el agua, la agricultura, la ganadería, las pesquerías, las tierras, los bosques y la flora y fauna silvestres. El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta abordó el estudio de estas cuestiones de recursos en el marco de opciones tendientes a garantizar la seguridad de los alimentos; conservar la diversidad biológica; mantener el abastecimiento de agua, y utilizar racionalmente la tierra para los sistemas gestionados como no gestionados.

6.2.2 Los posibles efectos del cambio climático en los recursos naturales y en las actividades humanas son mal comprendidos. Para empezar, no hay estimaciones regionales fiables de los cambios en los factores climáticos capitales, tales como la temperatura, la humedad del suelo, la variabilidad anual y estacional y las frecuencias de las sequías, crecidas y tormentas. En muchos de estos factores climáticos de tan gran importancia, incluso el sentido del cambio es incierto. Por otra parte, se suele carecer de métodos para traducir estos cambios en efectos sobre la cantidad y calidad de los recursos. Si no cabe duda de que algunos de los efectos del cambio climático en los recursos podrían ser negativos y otros positivos, por el momento no es posible proceder a una cuantificación más concreta de dichos impactos. Pese a todo, estas incertidumbres no excluyen la adopción de las medidas apropiadas, especialmente si valen la pena por otras razones que no tienen que ver con el clima. Ahora bien, puede afirmarse que:

a) los recursos cuya gestión está a cargo de seres humanos (por ejemplo, la agricultura o la silvicultura) son más aptos a una adaptación provechosa que los ecosistemas no gestionados; y

b) cuanto más rápido sea el cambio, mayor será el impacto. Al respecto, es muy importante comprender que algunas especies no podrán sobrevivir a cambios climáticos rápidos.

6.2.3 A través de los tiempos, las sociedades y los seres vivos han ido creando la capacidad de adaptación a la variabilidad natural del clima y a los episodios de intensidad extrema. Varias zonas climáticas se extienden por nuestro planeta, y la utilización y gestión de los recursos es un constante desafío que se plantea en cada una de estas zonas. Por lo tanto, la sociedad podría recurrir a este gran acervo de experiencia y conocimientos al elaborar políticas de adaptación a un posible cambio climático. Además, los futuros progresos económicos y tecnológicos esperados proporcionarán los recursos financieros y técnicos necesarios para adaptarse mejor al cambio climático. Pese a ello, quizás sean necesarios importantes gastos, y ajustes de carácter jurídico, institucional y cultural, para poner en práctica medidas de adaptación.

6.2.4 En reconocimiento de las incertidumbres con respecto a los efectos del cambio climático en la utilización

y gestión de recursos, las secciones que vienen a continuación presentan opciones más generales que concretas, que se han subdividido en tres categorías. La conveniencia de estas opciones puede variar para cada país según sea el marco social, medioambiental y económico de cada uno.

Opciones relacionadas con la investigación a corto plazo

6.2.5 Algunas acciones aumentarían nuestra base de conocimientos para formular juicios razonados acerca de las estrategias de respuesta. Entre éstas figuran las siguientes:

- Establecimiento de inventarios, de bases de datos, de sistemas de monitorización y de catálogos sobre el estado actual de los recursos, así como de las prácticas en materia de utilización y gestión de los recursos.
- Mejora de nuestra comprensión científica de los factores climáticos capitales, así como de nuestros instrumentos de predicción de esos factores, sus efectos en los recursos naturales y sus consecuencias socioeconómicas.
- Realización de estudios y evaluaciones para calibrar la resistencia y adaptabilidad de los recursos y su vulnerabilidad al cambio climático.
- Alentar la investigación y el desarrollo, tanto a cargo de empresas públicas como privadas, orientando hacia la utilización más eficiente de los recursos y la innovación biotecnológica (con salvaguardias adecuadas para la salud, la seguridad y el medio ambiente), y en particular permitir a los innovadores que se beneficien de su trabajo.
- Continuar la actual investigación y desarrollo de los métodos para hacer frente a las consecuencias potencialmente peores del cambio climático; por ejemplo, desarrollar especies vegetales más resistentes a la sequía o la salinidad o utilizar fitotécnicas clásicas y modernas para contribuir a que las opciones en materia de actividad agraria y de silvicultura se mantengan abiertas, y realizar investigación en agrometeorología o agroclimatología.
- Aumentar la investigación sobre la conservación de los recursos biológicos in situ y ex situ, en particular las investigaciones del tamaño y ubicación de áreas naturales protegidas y corredores de conservación.

Opciones de política a corto plazo

6.2.6 Hay algunas estrategias de respuesta que probablemente están económicamente justificadas en las condiciones vigentes en nuestros días, y que podrían realizarse por brindar una buena gestión de recursos, incluso en ausencia de un cambio climático. En general, éstas se

refieren a la mejora de la eficiencia en la utilización de los recursos naturales, una utilización más completa de los componentes “cosechados” de los recursos y la disminución de los desechos. Entre las medidas que podrían ponerse en aplicación a corto plazo figuran las siguientes:

- Dedicar mayor interés a la creación y adopción de tecnologías que permitan aumentar la productividad o eficiencia (por unidad de tierra o de agua) de las cosechas, los bosques, el ganado, las pesquerías y los asentamientos humanos, acordes con los principios de un desarrollo sostenible. Tales eficiencias disminuyen la demanda de tierras para las actividades humanas y podrían contribuir también a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Son ejemplos de opciones específicas la producción más eficiente de leche y de carne; la mejora del almacenamiento y distribución de alimentos; y mejores prácticas de gestión de las aguas.
- Aumento de la promoción y fortalecimiento de la conservación de recursos y de la utilización sostenible de éstos, especialmente en áreas sumamente vulnerables. Podrían explorarse diversas iniciativas para conservar los recursos más sensibles y valiosos, incluido el reforzamiento de las medidas de conservación, la gestión del desarrollo de recursos en extremo vulnerables y el fomento de la reforestación y repoblación forestal.
- Aceleración de los esfuerzos de desarrollo económico en los países en desarrollo. Como estos países poseen economías en gran medida basadas en los recursos naturales, los esfuerzos encaminados a mejorar la utilización de la agricultura y de los recursos naturales serían especialmente beneficiosos. Tales esfuerzos fomentarían también la formación de capital, lo cual haría generalmente más viable la adaptación al cambio climático y al desarrollo sostenible.
- Elaboración de métodos mediante los cuales las poblaciones locales y los usuarios de los recursos participen en la conservación y utilización sostenible de los recursos, por ejemplo confiriendo a los usuarios de los recursos claros derechos de propiedad y tenencia a largo plazo, y permitiéndoles una transferencia voluntaria de aguas u otros mecanismos de mercado.
- Descentralizar, en la medida de lo practicable, el proceso de adopción de decisiones sobre utilización y gestión de los recursos.

Opciones a más largo plazo

6.2.7 Hay también algunas otras respuestas posibles que son costosas o parecen más propias para un estudio a más largo plazo, una vez que disminuyan las incertidumbres con respecto a los efectos del cambio climático. Entre las

opciones pertenecientes a esta categoría se cuentan las siguientes:

- Construir grandes estructuras de capital (por ejemplo, presas) para proporcionar más reservas de agua y otros recursos.
- Fortalecer y ampliar las áreas naturales protegidas y examinar la viabilidad de establecer corredores de conservación para acentuar las perspectivas de adaptación para los sistemas no gestionados.
- Si procede, examinar y eliminar las subvenciones e incentivos directos e indirectos por utilización ineficiente de los recursos, y otras barreras institucionales a la utilización eficiente de los mismos.

7. Mecanismos para aplicar estrategias de respuesta

7.0.1 El Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta examinó también varios sectores prioritarios que han de examinarse para aplicar adecuadamente respuestas de limitación o de adaptación. Estos “mecanismos de ejecución” representan los vehículos primarios a través de los cuales pueden ponerse en vigor respuestas al clima en los planos nacional, regional e internacional. Los mecanismos específicos de ejecución considerados fueron los siguientes:

- información y educación del público;
- desarrollo y transferencia de tecnología;
- mecanismos económicos (mercado);
- mecanismos financieros;
- mecanismos jurídicos e institucionales, incluidos posibles elementos de un convenio marco sobre el cambio climático.

7.0.2 A continuación se transcriben los resultados de las deliberaciones del Grupo de trabajo sobre estrategia de respuestas sobre estas cuestiones.

7.1 Información y educación del público

7.1.1 Para hacer frente a un tema tan complejo como el cambio climático y abordar su solución es esencial que la población de este planeta esté bien informada. Como el cambio climático afectaría directa o indirectamente a casi todos los sectores de la sociedad, una amplia comprensión del problema a escala mundial facilitaría la adopción y ejecución de las opciones de respuesta que se estimen necesarias y apropiadas. La difusión de información representa también un poderoso instrumento económico para asegurar que los mercados tienen exactamente en cuenta las posibles consecuencias y/o oportunidades del cambio climático.

7.1.2 Los objetivos que constituyen el núcleo de los programas de educación e información del público son:

- fomentar la conciencia y conocimiento de las cuestiones relativas al cambio del clima;
- proporcionar orientación sobre prácticas positivas para limitar el cambio climático y/o adaptarse al mismo;
- alentar una amplia participación de todos los sectores de la población de todos los países, desarrollados y en desarrollo, para abordar la solución de los temas que plantea el cambio climático y desarrollar las respuestas adecuadas; y
- hacer especialmente hincapié en grupos objetivo clave, tales como niños y jóvenes, así como personas en el hogar, responsables de políticas y líderes políticos, medios de comunicación, instituciones docentes, científicos, sectores de negocios y sectores agrícolas.

7.1.3 Dada la importancia de que la población esté bien informada, el Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta elaboró sugerencias y criterios para mejorar la conciencia internacional de las posibles causas y efectos del cambio climático. En este proceso se reconoció que, aunque es esencial una comprensión de amplia base, ningún mecanismo puede, por sí solo, ser eficaz para cada grupo o en cada cultura o país. La diversidad social económica y cultural de las naciones requerirá probablemente criterios e información docentes adaptados a las necesidades y recursos específicos de comarcas, países o regiones determinadas. La importancia de la enseñanza y de la información para los países en desarrollo es máxima.

7.1.4 Deberían adoptarse algunas medidas nacionales e internacionales para la amplia difusión a la información sobre el cambio climático. Entre estas medidas figuran las siguientes:

- El establecimiento de comités nacionales o de centrales de información que se encargarían de recoger, desarrollar y difundir información objetiva sobre cuestiones relativas al cambio climático. Esto podría contribuir a la creación de puntos focales para informar sobre temas tales como la eficiencia en la energía, las economías de energía, la silvicultura, la agricultura, etc.
- La utilización por las organizaciones internacionales (Unesco, PNUMA, OMM, etc.) y por las no gubernamentales del IPCC y de otros informes pertinentes para elaborar y proporcionar a todos los países una comprensión adecuada para la adopción de medidas en el futuro.
- La utilización de una institución internacional

existente, o la creación de una nueva, caso de ser necesario, que sirviese de central de material informativo y didáctico.

- Una vez finalizados los informes del IPCC o antes de que se terminasen, organizar una serie de seminarios de corta duración con objeto de informar a los responsables de decisiones de alta prioridad, a los dirigentes mundiales, y a otras personal sobre las causas y efectos del cambio climático.

7.2 Desarrollo y transferencia de tecnología

7.2.1 El desarrollo y transferencia de tecnologías es de importancia capital para cualquier actividad que pretenda abordar el cambio climático en el mundo. La creación de nuevas tecnologías puede brindar los medios con los que las sociedades puedan satisfacer sus necesidades de energía, alimentos y otras, frente a los cambios en el clima del mundo, reduciendo a la vez a un mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero. La pronta transferencia de tecnologías, especialmente a los países en desarrollo, es asimismo un importante aspecto de toda actividad encaminada a limitar el cambio climático o a adaptarse al mismo.

Investigación y desarrollo de tecnología

7.2.2 El desarrollo tecnológico, en particular, la mejora y la reevaluación de las tecnologías existentes, es necesario para limitar o disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas, absorber esos gases protegiendo y aumentando los sumideros, adaptar las actividades humanas y la utilización y gestión de los recursos a los efectos del cambio climático; y detectar, monitorizar y predecir el cambio climático y sus efectos. El desarrollo tecnológico podría proseguirse en una amplia variedad de actividades tales como la energía, la industria, la agricultura, el transporte, el abastecimiento de agua, la protección de las costas, la gestión de los recursos naturales y el alojamiento y construcción de edificios.

7.2.3 El empleo de recursos humanos con la debida formación y en número suficiente es un requisito previo para desarrollar y transferir tecnologías y para tomar medidas de tipo tecnológico fundadas en una base científica idónea que han de estar en concordancia con el concepto de desarrollo sostenible.

7.2.4 Entre los criterios para seleccionar tecnologías figuran factores tales como la existencia de beneficios económicos y sociales, además de beneficios para el medio ambiente, la eficiencia económica teniendo en cuenta todos los costos exteriores, la adecuación a las necesidades locales, la facilidad de administración, las necesidades de información y la capacidad de aceptación por el público.

7.2.5 Las políticas apropiadas de fijación de precios, cuando sean aplicables, el intercambio de información sobre

el estado de desarrollo de las tecnologías, y el apoyo de los gobiernos son medidas importantes que pueden promover el desarrollo tecnológico. Son también importantes las actividades de colaboración internacional, especialmente entre los países industrializados y los países en desarrollo en el marco bilateral y multilateral.

Transferencia de tecnología

7.2.6 Hace falta una rápida transferencia de tecnologías a los países en desarrollo para abordar el tema del cambio climático, en términos preferenciales. Esos países estiman que es necesaria una transferencia de tecnología sin fines comerciales, y que para fomentar esta tendencia se deberían establecer disposiciones bilaterales y multilaterales específicas. Algunos otros países en los cuales las tecnologías no son propiedad de los gobiernos estiman que la transferencia de tecnología estaría en función de las negociaciones comerciales. El tema de los derechos de propiedad intelectual plantea también un problema en que la opinión internacional está dividida.

7.2.7 Hay también diversos impedimentos que obstaculizan la transferencia efectiva de tecnologías a los países en desarrollo. Entre ellos, una falta de recursos financieros, así como las instituciones y los recursos humanos debidamente capacitados. Podrían reforzarse las instituciones actuales o establecerse otros nuevos mecanismos cuando procediese para financiar transferencia de tecnología e impartir formación a los recursos humanos, y evaluar, introducir y poner en aplicación práctica las tecnologías existentes u otras nuevas. Entre los impedimentos hay que contar también las barreras jurídicas y las prácticas comerciales restrictivas.

7.2.8 No ha sido posible acortar distancias entre las diferencias de opiniones con respecto a algunas de las cuestiones que acaban de mencionarse. Es sumamente importante llegar cuanto antes a un acuerdo internacional sobre estas cuestiones con el fin de fomentar una corriente eficaz de tecnologías que monitoricen, limiten o sirvan para adaptarse al cambio climático. Un sector en el que es posible llegar a un acuerdo internacional es la promoción de sustitutos de los clorofluorocarbonos, así como la prestación de asistencia y cooperación a los países en desarrollo en lo que respecta a la adquisición y manufactura de esos sustitutos.

7.2.9 Varios países han sugerido que se aborde el tema de la transferencia de tecnología a los países de Europa oriental.

7.3 Mecanismos económicos

7.3.1 Es importante que toda medida que pueda limitar o permitir la adaptación al cambio climático en el globo sea tan económicamente eficiente y rentable como sea posible, y que tenga en cuenta importantes repercusiones sociales. En general, los objetivos relativos al medio ambiente pueden

alcanzarse ya sea mediante reglamentaciones que exigen la utilización de una tecnología específica o mediante el logro de objetivos especificados o bien instrumentos económicos tales como gravámenes sobre las emisiones, subvenciones, permisos comerciables o sanciones.

7.3.2 Los instrumentos económicos, al alentar la selección flexible de las medidas de disminución, ofrecen con frecuencia la posibilidad de lograr mejoras medioambientales a un costo inferior que los mecanismos de reglamentación. A diferencia de numerosas reglamentaciones, tienden a alentar la innovación y la creación de tecnologías y prácticas mejoradas para disminuir las emisiones. Los mecanismos económicos tienen también posibilidades de proporcionar las señales necesarias para una explotación medioambientalmente sensible de los mercados. Ahora bien, es poco probable que los instrumentos económicos sean aplicables en todas las situaciones.

7.3.3 Se considera que hay tres factores que son posibles obstáculos al funcionamiento de los mercados y/o al logro de objetivos medioambientales a través de los mecanismos del mercado. Se trata de los siguientes: problemas de información, que frecuentemente pueden ser causa de que los mercados produzcan resultados medioambientales menos eficaces o desfavorables; medidas e instituciones existentes, que pueden alentar a las personas a que se comporten en forma dañosa para el medio ambiente; y objetivos en competencia (sociales, medioambientales y económicos). Por consiguiente, una estrategia de respuesta puede comenzar abordando la solución de problemas de información en forma directa y revisando las medidas en vigor que pueden constituir obstáculos. Por ejemplo, antes de que se pueda adoptar un sistema de cobro de derechos por las emisiones de gases, los países deberían examinar los subsidios existentes y los incentivos fiscales para la energía y otros sectores pertinentes productores de gases de efecto invernadero.

7.3.4 Los *instrumentos económicos* de mercado tienen la ventaja general de que alientan las limitaciones o disminuciones de las emisiones de quienes pueden hacerlas a menor costo. También constituyen un constante incentivo para que la industria y los consumidores apliquen las medidas de limitación/disminución más eficientes mediante, por ejemplo, tecnologías más eficaces y limpias. Tales incentivos pueden faltar cuando hay reglamentaciones.

7.3.5 Los *reglamentos* son el medio acostumbrado de lucha contra la polución, tanto en las economías de mercado como en aquellas centralmente planificadas. Una de las ventajas de los reglamentos es que, en ciertas circunstancias, suscitan mayor certeza en lo que toca a los resultados deseados, mientras que sus grandes inconvenientes son la posibilidad de desalentar la innovación e introducir rigideces en el logro de objetivos, o que pueden desalentar la eficiencia en la utilización de recursos y ofrecen pocos o ningún incentivo para disminuir las emisiones por debajo de niveles especificados.

7.3.6 Es evidente que la cuestión de la adopción de alguna forma de instrumento económico, ya sea nacional o internacional, plantea múltiples cuestiones, complejas y difíciles. Hace falta proceder a un análisis detenido y a fondo de todas las repercusiones de esos instrumentos. Entre los posibles instrumentos económicos específicos que pueden considerarse figuran los siguientes:

- *Un sistema de permisos de emisión negociables:* Un sistema de permisos para emitir gases se funda en el concepto de que los costos económicos del logro de un objetivo medioambiental dado puede reducirse al mínimo permitiendo la negociación de derechos a emitir gases. Una vez fijado un límite global de las emisiones, podrían concederse a las fuentes de emisión derechos que ascenderían hasta el límite fijado y se permitiría la transacción libre de tales derechos. Esto disminuiría los costos que supondría alcanzar un objetivo determinado en materia de emisiones por las razones siguientes: a) al igual que ocurre en el comercio, las ventajas comparativas entre entidades comerciantes se elevarían a un máximo y b) se crearían incentivos económicos para elaborar mejores tecnologías de limitación de gases de efecto invernadero, aumentar los sumideros y lograr eficiencia en materia de utilización de recursos (conservación de la energía). Los inconvenientes de este planteamiento son la limitada experiencia con este instrumento, el posible alcance y tamaño de los mercados para las transacciones y la necesidad de crear una estructura administrativa que no existe actualmente.
- *Un sistema de pago de gravámenes por emisiones:* Se cobran derechos por determinadas emisiones según sea su nivel de contribución al cambio climático. Dichos derechos pueden ser un medio de alentar a los emisores a que limiten o reduzcan las emisiones, y suponen un incentivo para que diversos sectores apliquen medios eficaces para limitar o reducir las emisiones. Otra ventaja del pago de derechos es que generan ingresos que podrían servir de base para financiar una mayor disminución de la polución, así como la investigación y la administración, o permitirían disminuir otros impuestos. Los inconvenientes de este método son la dificultad de decidir la base y la cuantía del derecho a pagar, y que no hay seguridad de que mediante ese impuesto se conseguirá disminuir las emisiones según el objetivo convenido.
- *Subsidios:* Las subvenciones tienen por finalidad alentar las acciones medioambientalmente idóneas, disminuyendo sus costos. Podrían servir entre otras cosas para alentar la utilización de equipos de consumo eficiente de energía y de fuentes energéticas de origen no fósil, y desarrollar y aumentar la utilización de tecnologías idóneas desde el punto de vista del medio ambiente. Los inconvenientes de los subsidios son la

posible cuantía de los compromisos financieros que tendrían que contraer los gobiernos, la necesidad de una cuidadosa concepción, la necesidad de inspección y los aspectos de comercio internacional relativos a tales medidas.

- *Sanciones:* Un tipo final de instrumento económico es el empleo de sanciones económicas para la observancia de acuerdos internacionales. Esto requeriría la concertación de un convenio internacional para establecer un sistema de sanciones comerciales o financieras convenidas, que serían impuestas a los países que no se ajustasen a los regímenes acordados. Muchos participantes expresaron considerables reservas acerca de la aplicación de este método a las emisiones de gases de efecto invernadero en razón de la complejidad de la situación. Entre los inconvenientes se cuentan la creencia de que las sanciones podrían parecer arbitrarias, podrían crear confusión y resentimiento y podrían servir de pretexto para imponer nuevas barreras comerciales no arancelarias.

7.3.7 También se ha sugerido que la protección del medio ambiente podría progresar y que los costos económicos que supondría alcanzar los objetivos de limitación de los gases de efecto invernadero, si los hubiere, se podrían reducir a un mínimo abordando, en la medida de lo practicable, en forma general y completa la cuestión de todas las fuentes y sumideros de efecto invernadero. Este método podría emplear un “índice” relativo a emisiones netas de diversos gases de efecto invernadero, obtenido perfeccionando aún más el índice formulado por el Grupo de Trabajo I.

7.3.8 Cada uno de los métodos expuestos más arriba plantea, empero, desafíos que pueden ser de talla cuando se trata de llevarlos a la práctica o de hacer que se acepten. No se comprenden perfectamente las consecuencias económicas y sociales de estos diversos criterios. Es evidente que hay que trabajar aún más en todos los países sobre el tema, e intensificar los trabajos que desarrolla el IPCC actualmente para evaluar plenamente la posibilidad práctica de esas medidas, y los costos y beneficios que conllevan los diferentes mecanismos, especialmente su utilización a escala internacional. Ahora bien, se ha destacado que un sistema internacional de permisos susceptibles de transacción o, alternativamente, un sistema internacional de derechos impuestos a las emisiones podría ofrecer posibilidades de servir de instrumento rentable y eficaz para lograr una meta definida de disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

7.3.9 Por último se destacó que, para compartir de forma equitativa la carga económica, la aplicación de cualquiera de los instrumentos económicos internacionales arriba discutida debería tener en cuenta las circunstancias de que la mayor parte de las emisiones que afectan a la atmósfera actualmente están originadas en los países industrializados,

donde las posibilidades de cambio son mayores, y que en las actuales condiciones las emisiones de los países en desarrollo van en aumento, y puede que sea preciso que aumenten aún más para atender sus necesidades en materia de desarrollo y de ese modo, con el tiempo, hay probabilidades de que representen un porcentaje cada vez más importante de las emisiones en el globo. Se aprecia que cada instrumento evaluado tiene una función que cumplir para alcanzar los objetivos con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, pero la conveniencia de un determinado instrumento depende de especiales circunstancias, y, de momento, ninguna medida puede considerarse universalmente superior a cualquier otro mecanismo.

7.4 Mecanismos financieros

7.4.1 Los países industrializados y en desarrollo consideran importante de que haya la seguridad de mecanismos financieros para emprender las medidas adecuadas que permitan limitar el cambio climático y/o adaptarse al mismo.

Principios Orientadores

7.4.2 El criterio financiero debería guiarse por los principios siguientes:

- a) Los países industrializados y los países en desarrollo tienen una responsabilidad común para tratar los problemas que plantea el cambio climático, y las respuestas eficaces requieren un esfuerzo global.
- b) Los países industrializados deberían tomar la iniciativa y tienen responsabilidades específicas a dos niveles, a saber:
 - i) la parte principal de las emisiones que afectan a la atmósfera actualmente se origina en los países industrializados, donde las posibilidades de cambio son mayores. Los países industrializados deberían adoptar medidas en el plano nacional para limitar el cambio climático, adaptando sus propias economías en concordancia con futuros acuerdos que limiten las emisiones;
 - ii) cooperar con los países en desarrollo en la acción internacional, sin obstaculizar su desarrollo, contribuyendo con recursos financieros adicionales mediante una transferencia adecuada de tecnología, entrando en estrecha cooperación en lo que respecta a la observación científica, mediante análisis e investigación y finalmente mediante cooperación técnica dirigida a prever y a gestionar los problemas medioambientales.
- c) Las emisiones que proceden de los países en desarrollo son cada vez mayores y puede ser necesario que aumenten para atender sus necesidades de desarrollo

y, de ese modo, con el tiempo podrán representar probablemente un porcentaje cada vez más importante de las emisiones en el mundo. Dentro de límites factibles, los países en desarrollo deberían tomar medidas para adaptar convenientemente sus economías.

7.4.3 Los recursos financieros canalizados hacia los países en desarrollo serían más eficaces si se concentrasen en las actividades que contribuyen tanto a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero como a fomentar el desarrollo económico. Las esferas de cooperación y asistencia podrían ser las siguientes:

- utilización eficiente de los recursos energéticos y mayor utilización de combustibles fósiles con menor tasa de emisión de gases de efecto invernadero o fuentes no fósiles;
- prácticas racionales de gestión forestal y técnicas agrícolas que disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero;
- facilitar la transferencia y el desarrollo de la tecnología;
- medidas que aumenten la capacidad de los países en desarrollo para elaborar programas que aborden el tema del cambio climático, en particular actividades de investigación y desarrollo, y conocimiento y educación del público;
- participación de los países en desarrollo en foros internacionales sobre el cambio climático, tales como el IPCC.

7.4.4 También se reconoció que sería necesaria la cooperación y asistencia para la adopción de medidas de adaptación, destacándose de que en lo que respecta a algunas regiones y países, pueden ser más importantes las actividades de adaptación que de limitación.

7.4.5 Se examinaron algunas fuentes posibles de generación de recursos financieros. Entre éstas figuran la tributación en general, la tributación específica sobre emisiones de gases de efecto invernadero, y las transacciones de emisiones. En lo que respecta a la importante complejidad y a las repercusiones de esos impuestos, se hace referencia al documento sobre medidas económicas (Sección 7.3). Entre las sugerencias creativas figuran la utilización de recursos oficiales no desembolsados, posiblemente obtenidos del ahorro en las facturas de energía de los gobiernos y las menores cuantías de los gastos militares, una tasa porcentual fija sobre los billetes de viaje y derechos impuestos a los países que no han podido hacer frente a sus obligaciones. También se ha planteado la cuestión de saber si esa cooperación y asistencia financiera deberían prestarse únicamente a los países que se abstienen de realizar actividades que producen gases de

efecto invernadero. Un entorno económico internacional positivo, con una mayor reducción de las barreras comerciales y la aplicación de prácticas comerciales más equitativas, contribuirían a generar recursos que pueden aplicarse a atender necesidades acuciantes.

7.4.6 Con respecto a los mecanismos institucionales para prestar cooperación y asistencia financieras a los países en desarrollo, se examinó un criterio de doble vía; a saber:

- i) La labor en curso o prevista en las instituciones existentes. Al respecto, el Banco Mundial, algunos bancos regionales, otras organizaciones multilaterales y organismos bilaterales han iniciado actividades para incorporar los problemas del cambio climático mundial a sus programas. Los donantes bilaterales podían integrarse más y reforzar los componentes medioambientales de sus programas de asistencia, y crear acuerdos de cofinanciación con instituciones multilaterales, asegurando que ello no impone condiciones medioambientales inadecuadas.
- ii) En paralelo, se examinó la posibilidad de nuevos mecanismos y medios. Algunos países en desarrollo e industrializados sugirieron que se necesitaban nuevos mecanismos directamente relacionados con un futuro convenio y protocolos, sobre el clima, tales como un nuevo fondo internacional. Se añadió que esos nuevos instrumentos podrían situarse en el seno del Banco Mundial (con nuevas reglas) o en otras instancias. También se puso de relieve que el Fondo para la Protección del Medio Ambiente Global propuesto por el Banco Mundial en colaboración con el PNUMA y el PNUD mereció el beneplácito de los países industrializados y en desarrollo en la reunión celebrada por el Comité de Desarrollo del Banco Mundial en mayo de 1990.

7.4.7 Se tomó nota de que la cuestión de generar recursos financieros era diferente de la relativa a la asignación de tales recursos.

7.4.8 Entre los sectores identificados para una labor futura figuran los estudios, con asistencia de donantes, para países en desarrollo con relación a sus niveles actuales y proyectados netos de emisiones, y las necesidades de asistencia y cooperación para limitar tales emisiones. También es necesario seguir examinando la importante función que podría desempeñar el sector privado mediante transferencia de tecnología, las inversiones extranjeras directas y otros medios para ayudar a los países en desarrollo y cooperar con ellos para hacer frente al cambio climático.

7.5 Mecanismos jurídicos e institucionales

7.5.1 Hay diversas instituciones y mecanismos jurídicos internacionales que tienen que ver con la cuestión del cambio climático, en particular las que se ocupan del medio ambiente, la ciencia y la tecnología, la energía, los recursos

naturales y la asistencia financiera. Uno de estos mecanismos jurídicos internacionales existentes, la Convención de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono, y su protocolo asociado de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono, tratan específicamente de las emisiones de importantes gases de efecto invernadero que también agotan la capa de ozono. Sin embargo, desde un punto de vista general, aunque los instrumentos e instituciones jurídicos existentes que están relacionados con el cambio climático deberían ser utilizados al máximo y fortalecidos aún más, no bastan ellos solos para hacer frente al desafío.

7.5.2 En el 44º período de sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas surgió un consenso sobre la necesidad de preparar con urgencia un convenio marco sobre el cambio climático, que estableciese unos principios y obligaciones generales mínimos. En opinión del Grupo de trabajo sobre estrategias de respuesta, dicho convenio debería estructurarse de tal modo que atrajese la adhesión del mayor número posible y de la variedad más convenientemente equilibrada de países, permitiendo que se adoptasen medidas a tiempo. El convenio puede contener disposiciones que prevean anexos/protocolo separados que traten de obligaciones específicas. Como parte del compromiso de las partes para tomar medidas con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero y los efectos nocivos del cambio climático, el convenio debería abordar también la cuestión de las necesidades especiales de tipo financiero y de otro tipo de los países en desarrollo (en especial las de los más vulnerables al cambio climático en lo que toca a la agricultura o a cualquier otro aspecto), la cuestión del acceso a la tecnología y la transferencia de ésta, la necesidad de investigación y de monitorización y las necesidades institucionales.

7.5.3 Habrá que tomar decisiones con respecto a diversas cuestiones clave, entre ellas las siguientes:

- el imperativo político de establecer los equilibrios correctos a) entre los argumentos que militan en favor de un convenio de amplias consecuencias orientado a la adopción de medidas y la necesidad de adoptar urgentemente un convenio, de forma que se comience a abordar el problema del cambio climático; y b) entre los riesgos de la inacción, los costos de la acción y los niveles actuales de incertidumbre científica;
- el grado en que deberían incluirse en el propio convenio, posiblemente como anexos, obligaciones específicas, en particular con respecto al control de las emisiones de gases de efecto invernadero, o que serían tema de protocolo(s);
- el calendario de negociación del protocolo o protocolos en relación con las negociaciones relativas al convenio;
- la introducción según proceda de bases científicas

idóneas para establecer objetivos relativos a las emisiones (tales como niveles totales de emisiones, emisiones per cápita, emisiones por PNB, emisiones por utilización de energía, condiciones climáticas, resultados anteriores, características geográficas, bases de recursos de combustibles fósiles, intensidad de carbono por unidad de energía, intensidad de energía por PNB, costos y beneficios socioeconómicos y otras consideraciones equitativas);

- la medida en que deberían examinarse objetivos específicos con respecto a los niveles mundiales de emisiones o a las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero;
- si las obligaciones deberían o no estar equitativamente diferenciadas según las respectivas responsabilidades de los países por causar y combatir el cambio climático y su grado de desarrollo;
- las necesidades de recursos adicionales para los países en desarrollo y la manera en que éstos deberían examinarse, particularmente en lo que respecta a su carácter, tamaño y condiciones de la financiación, incluso si las disposiciones detalladas al respecto son el tema de un protocolo separado;
- la base sobre la cual debería tener lugar la promoción del desarrollo y la transferencia de tecnología, así como la prestación de asistencia y cooperación técnica a los países en desarrollo, teniendo en cuenta consideraciones tales como las condiciones de la transferencia (preferencial o no preferencial, comercial o no comercial), el acceso asegurado, los derechos de propiedad intelectual, la idoneidad medioambiental de tal tecnología y las repercusiones financieras;
- la naturaleza de toda nueva institución que fuese a crearse a resultas del convenio, (por ejemplo, una conferencia de las partes, un órgano ejecutivo, así como otros órganos), junto con sus funciones, la composición y los poderes de adopción de decisiones, por ejemplo si deberían ejercer o no una supervisión y un control de las obligaciones contraídas.

7.5.4 La negociación internacional de un convenio marco debería iniciarse lo antes posible una vez terminado el informe provisional del IPCC. La participación plena y efectiva de los países en desarrollo en este proceso es esencial. Muchos países, fundamentalmente países en desarrollo, recalcaron que la negociación había de desarrollarse en el foro, en la forma y con el calendario que decidiese la Asamblea General de las Naciones Unidas. Queda también entendido que ello se aplica también a cualquier protocolo asociado a ello. En opinión de muchos países y de organizaciones internacionales y no gubernamentales, el proceso debería desarrollarse con miras a que diese fin no más tarde de la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, prevista para 1992.

7.5.5 Lo que precede no supone necesariamente una lista exclusiva de temas que se plantearán en las negociaciones. Ahora bien, estar dispuesto a examinar estos problemas fundamentales constituirá un requisito previo para asegurar el éxito de las negociaciones, y el apoyo de un número de naciones suficientemente grande y representativo.

7.5.6 En el Anexo I figuran las medidas de carácter jurídico propuestas por el Grupo de Trabajo.

ANEXO I

MECANISMOS JURIDICOS E INSTITUCIONALES: INFORME DE LOS COORDINADORES DE TEMAS (Canadá, Malta y el Reino Unido)

Resumen Ejecutivo

1. El informe de los coordinadores tiene como primer objetivo la compilación de elementos que podrían incluirse en un futuro Convenio Marco sobre el Cambio Climático, así como la discusión de los problemas que probablemente surgirán al desarrollar dichos elementos.

2. Existe la opinión generalizada de que, aunque se utilizaran plenamente y se reforzaran las instituciones e instrumentos legales con que se cuenta en relación con el clima, éstos son insuficientes por sí solos para afrontar el problema. Por ello, ha surgido en el IPCC un consenso internacional muy amplio, confirmado notablemente en la 44ª Asamblea General de las Naciones Unidas, sobre la necesidad de un Convenio Marco sobre el Cambio Climático. Dicho convenio debería seguir en general el modelo del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y establecer, como mínimo, unos principios y obligaciones generales. Además, debería organizarse de forma que consiguiera la adhesión del mayor número y la gama más equilibrada posibles de países, y permitiera, al mismo tiempo, emprender acciones en el momento oportuno; debería contar con anexos/protocolos independientes referidos a obligaciones específicas. Dentro del compromiso de acción de las partes con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero y las consecuencias adversas del calentamiento mundial, el convenio tendría en cuenta asimismo las necesidades financieras concretas de los países en desarrollo, el problema del acceso a la tecnología y la transferencia de ésta, y las necesidades institucionales.

3. El documento señala una serie de problemas sobre los que debe decidirse durante la negociación del convenio. A grandes rasgos, son los siguientes:

- el imperativo político de alcanzar el necesario equilibrio entre, por una parte, los argumentos a favor de un convenio de amplio alcance y orientado a la acción, y la necesidad de aprobar urgentemente un convenio de este tipo para comenzar a abordar el problema del cambio climático, y, por otra, el coste de la inacción y la carencia de certeza científica;
- la medida en que deben incluirse en el propio convenio o ser objeto de protocolo(s) independiente(s) obligaciones específicas, en particular sobre el control de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero;

- el calendario de negociación de dicho(s) protocolo(s) en relación con las negociaciones del convenio.

4. En particular, el convenio debe tener en cuenta los siguientes problemas específicos:

- a) *Necesidades financieras de los países en desarrollo:* Los participantes en la negociación deberán tener en cuenta la necesidad de recursos adicionales para los países en desarrollo y la forma de satisfacerla, en particular en cuanto a la naturaleza, volumen y condiciones de la financiación, aun cuando los acuerdos detallados sean materia de un protocolo independiente.
- b) *Desarrollo y transferencia de tecnología:* Será necesario elaborar la base sobre la que va a tener lugar la promoción del desarrollo y la transferencia de tecnología, así como la prestación de asistencia técnica a los países en vías desarrollo, teniendo en cuenta consideraciones tales como los términos de la transferencia, la garantía de acceso, los derechos de propiedad intelectual y la adecuación medioambiental de dicha tecnología.
- c) *Instituciones:* Hay opiniones sustancialmente diferentes sobre el papel y las atribuciones de las instituciones que surjan del convenio, en particular en lo que se refiere al ejercicio de la supervisión y el control de las obligaciones asumidas.

5. La inclusión de determinado elemento en el documento no significa que exista consenso con respecto a él ni que un gobierno concreto esté de acuerdo en incluirlo en un convenio.

6. En el documento adjunto, los coordinadores no han pretendido hacer juicios de valor al enumerar y resumir los elementos propuestos para su inclusión en el convenio marco: su texto pretende simplemente facilitar la tarea a los futuros negociadores. Señalan, sin embargo, que la buena disposición para tratar con realismo los problemas fundamentales mencionados será requisito indispensable para garantizar el éxito de las negociaciones y conseguir el apoyo de un número suficientemente alto y representativo de naciones.

Posibles elementos a incluir en un convenio marco sobre el cambio climático

Preámbulo

De acuerdo con las prácticas comunes en los tratados, incluyendo el modelo del Convenio de Viena, el Convenio sobre el Cambio Climático contendría un preámbulo en el que se podría tratar una parte o la totalidad de los asuntos siguientes:

- una descripción del problema y de las razones para actuar (necesidad de una respuesta efectiva y oportuna sin necesidad de esperar a tener una seguridad científica absoluta);
- la referencia a instrumentos o declaraciones legales concernientes de carácter internacional, tales como el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal, o la Resolución 43/53 de la UGNA y el Principio 21 de la Declaración de Estocolmo;
- el reconocimiento de que el cambio climático es un problema común a toda la Humanidad, afecta al género humano en su conjunto y debe tratarse dentro de un marco mundial, sin perjuicio de la soberanía de los estados sobre el espacio aéreo situado sobre su territorio, tal como está reconocida en la legislación internacional;
- el reconocimiento de que es necesario un medio ambiente de una calidad tal que permita una vida de dignidad y bienestar a las generaciones presentes y futuras;
- la referencia al equilibrio entre el derecho de soberanía de los estados para explotar los recursos naturales, y el deber concomitante de proteger y conservar el clima en beneficio de la Humanidad, sin menoscabo de ninguno de los dos;
- la aprobación y elaboración del concepto de desarrollo sostenible;
- el reconocimiento de la necesidad de mejorar el conocimiento científico (por ejemplo, mediante la observación sistemática) y estudiar los impactos sociales y económicos del cambio del clima, respetando la soberanía nacional;
- el reconocimiento de la importancia del desarrollo y la transferencia de tecnología, y de las circunstancias y necesidades, particularmente financieras, de los países en vías de desarrollo; la necesidad de adoptar medidas de regulación, de apoyo y de ajuste que tengan en cuenta los distintos niveles de desarrollo y, por tanto, las diferentes necesidades de cada país;

- el reconocimiento de la responsabilidad de todos los países en los esfuerzos a nivel nacional, regional y mundial para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, e impedir las actividades que pueden tener consecuencias desfavorables sobre el clima, sin olvidar que:
- la mayor parte de las emisiones que en la actualidad afectan a la atmósfera se originan en los países industrializados, donde el alcance del cambio es mayor;
- la aplicación puede llevarse a cabo en distintos marcos temporales para las diferentes categorías de países y modificarse de acuerdo con los medios de que dispone cada país y con su capacidad científica y técnica;
- las emisiones procedentes de los países en vías de desarrollo están aumentando y tal vez sea necesario que aumenten para cubrir sus necesidades de desarrollo; por ello es probable que, con el tiempo, estas emisiones representen un porcentaje cada vez más alto de las emisiones mundiales;
- el reconocimiento de la necesidad de desarrollar estrategias para absorber los gases de efecto invernadero; es decir, de proteger e incrementar los sumideros de gases de efecto invernadero, de limitar y reducir las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, y de adaptar las actividades humanas a los impactos del cambio del clima.

Otros aspectos clave que deberán tratarse durante la elaboración del preámbulo son los siguientes:

- ¿Debería considerarse un derecho fundamental el interés de la Humanidad por un medio ambiente viable?
- ¿Existe derecho a no sufrir, directa o indirectamente los efectos adversos del cambio del clima?
- ¿Debería hacerse referencia al principio de precaución?
- Dada la interrelación entre todos los gases de efecto invernadero, sus fuentes y sus sumideros, ¿deberían tratarse dichos gases colectivamente?
- ¿Debería permitirse a los países cubrir la suma de sus objetivos sobre el clima mundial mediante acuerdos conjuntos?
- ¿Debería hacerse alguna referencia a acuerdos sobre modificación meteorológica, tales como el tratado de la ENMOD, como instrumentos legales pertinentes?
- ¿Existe un interés común de la Humanidad en el desarrollo y la aplicación de tecnologías encaminadas a proteger y conservar el clima?

- ¿Excluye o incluye el concepto de desarrollo sostenible la imposición de una nueva condicionalidad en la prestación de asistencia financiera a los países en desarrollo, e implica ello algún tipo de relación entre la protección y conservación del medio ambiente, incluido el cambio climático, y el desarrollo económico, de forma que ambos deban quedar garantizados de una manera coherente y continuada?
- ¿Deberían tratarse en el preámbulo los problemas específicos de los países con un sistema agrícola vulnerable al cambio climático y con un acceso limitado al capital y a las tecnologías, reconociendo su vinculación con el desarrollo sostenible?
- ¿Existe un nivel de vida mínimo que sea requisito indispensable para adoptar estrategias de respuesta con respecto al cambio climático?

Definiciones

Como es práctica habitual, deberán elaborarse definiciones en un artículo específico al respecto. Los términos objeto de definición dependerán del propósito del convenio, al igual que el lenguaje empleado por las partes negociadoras.

Obligaciones generales

Un artículo establecería las obligaciones generales acordadas por las distintas partes en el convenio, siguiendo el modelo de tratados como el Convenio de Viena. Dichas obligaciones podrían estar relacionadas, por ejemplo, con:

- la adopción de medidas adecuadas de protección frente a los efectos desfavorables del cambio climático, de limitación, reducción y prevención, en la medida de lo posible, del cambio climático, así como de adaptación a él, de acuerdo con los medios de que disponga cada país y de su capacidad científica y técnica, evitando crear otros problemas medioambientales con la adopción de dichas medidas;
- la protección, estabilización y mejora de la composición de la atmósfera con el fin de conservar el clima en beneficio de las generaciones presentes y futuras;
- tomar medidas que tengan el efecto de limitar el cambio climático pero que estén ya justificadas en otros aspectos;
- el uso del clima con fines exclusivamente pacíficos, en un espíritu de buena vecindad;
- la cooperación mediante el intercambio de investigación, observación sistemática e información, con el fin de comprender mejor y evaluar los efectos de las actividades humanas sobre el clima y los impactos ambientales y socioeconómicos

potencialmente desfavorables derivados del cambio climático, respetando la soberanía nacional;

- el fomento del desarrollo y transferencia de tecnologías al respecto, así como la prestación de asistencia técnica y financiera, teniendo en cuenta las necesidades específicas de los países en desarrollo para hacer posible que puedan cumplir con sus obligaciones;
- la cooperación en la formulación y armonización de medidas de planificación y estrategias dirigidas a limitar, reducir y prevenir, en la medida de lo posible, el cambio del clima, así como a adaptarse a él;
- la cooperación en la adopción de medidas legales o administrativas apropiadas para afrontar el cambio climático;
- la previsión de acuerdos o disposiciones bilaterales, multilaterales o regionales no incompatibles con el convenio o con alguno de sus anexos o protocolos, que incluya la posibilidad de cumplimiento de los requisitos a nivel regional o subregional por grupos de países;
- la cooperación efectiva con organizaciones internacionales competentes para alcanzar los objetivos del convenio;
- el estímulo y cooperación para promover la educación y concienciación públicas acerca de los impactos medioambientales y socioeconómicos de las emisiones de gases de efecto invernadero y del cambio climático;
- el refuerzo o la modificación, cuando sea necesaria, de los instrumentos institucionales y legales existentes, así como de los acuerdos relacionados con el cambio del clima;
- la previsión de mecanismos de financiación;

En el proceso de elaboración de este artículo deberán tratarse asimismo otros aspectos clave, entre los que figuran los siguientes:

- ¿Debería preverse la fijación de algún objetivo específico sobre niveles de emisiones (mundiales o nacionales) o sobre las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, asegurando al mismo tiempo el desarrollo estable de la economía mundial, particularmente en lo referente a la estabilización por los países industrializados como primer paso y a la posterior reducción de las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal? Esta previsión no excluiría la aplicación de objetivos nacionales o regionales más rigurosos con respecto a las emisiones que los previstos en el convenio y/o en sus anexos o protocolos.

- A la luz de la redacción del preámbulo, ¿debería haber alguna cláusula que reconociera que el cumplimiento de las obligaciones puede tener lugar en diferentes marcos temporales para las distintas categorías de países y/o estar matizado en función de los medios de que disponga cada país y de su capacidad científica y técnica?
- ¿Debería existir algún compromiso con respecto a la formulación de medidas apropiadas, tales como anexos, protocolos u otros instrumentos legales? De ser así, ¿debería dicha formulación estar fundamentada en una sólida base científica o en el mejor conocimiento científico disponible?
- En cuanto a la transferencia de tecnología, en particular a los países en vías de desarrollo, ¿cuáles deberían ser las condiciones de dichas transferencias (es decir, comerciales o no comerciales, preferenciales o no preferenciales, relación entre las transferencias y la protección de los derechos de propiedad intelectual)?
- ¿Deberían limitarse los mecanismos de financiación a hacer uso de todos los mecanismos existentes o supondrían también mecanismos y recursos nuevos y adicionales?
- ¿Debería incluirse alguna fórmula sobre evaluaciones de los impactos medioambientales de actividades planificadas que probablemente vayan a causar un cambio climático significativo, así como sobre notificación previa de dichas actividades?
- ¿Cuál debería ser la base de los objetivos de emisión, por ejemplo, los niveles de emisiones totales, las emisiones per cápita, las emisiones por PNB, las emisiones por consumo de energía, las condiciones climáticas, las situaciones anteriores, las características geográficas, la base de recursos de combustibles fósiles, la proporción de carbono por unidad de energía, la intensidad de energía por PNB, los costes y beneficios socioeconómicos u otras consideraciones equitativas?
- ¿Debería tratarse específicamente el problema concreto de la elevación del nivel del mar?
- ¿Existe alguna relación entre las reservas nucleares y el cambio del clima?

Instituciones

Ha sido práctica general en los acuerdos internacionales sobre medio ambiente establecer diversos mecanismos institucionales. Tal vez las partes intervinientes en un

Convenio sobre el Cambio Climático deseen, por tanto, establecer una Conferencia de las Partes, un Órgano Ejecutivo y una Secretaría.

La Conferencia de las Partes puede, entre otras cosas: mantener en continua revisión la aplicación del convenio y tomar decisiones apropiadas para este fin; revisar la nueva información científica, y promover la armonización de medidas de planificación y estrategias dirigidas a la limitación, reducción, adaptación y, en la medida de lo posible, evitación del cambio climático.

Entre las preguntas que surgirán al elaborar disposiciones sobre los mecanismos institucionales apropiados se incluyen las siguientes:

- ¿Debería poseer alguna de las instituciones del convenio (por ejemplo, la Conferencia de las Partes y/o el Órgano Ejecutivo) capacidad para tomar decisiones, *inter alia*, sobre las estrategias de respuesta o las funciones referentes a la supervisión, verificación y observancia que deben afectar a todas las partes y, en caso afirmativo, debería representar dicha institución a todas las partes o estar compuesta por un número limitado de partes, de acuerdo, por ejemplo, con una representación geográfica equitativa?
- ¿Cuál debería ser el papel de la Secretaría?
- ¿Cuáles deberían ser los procedimientos para tomar decisiones, incluidos los requisitos de votación (por ejemplo, consenso, mayoría)?
- Si se estableciera en virtud del convenio un fondo fiduciario u otro mecanismo financiero, ¿cómo debería administrarse?
- ¿Deberían establecerse órganos científicos o de otro tipo, con carácter permanente o *ad hoc*, que asesoren y hagan recomendaciones a la Conferencia de las Partes sobre actividades de investigación y medidas para afrontar el cambio climático?
- ¿Debería responder la composición de los órganos antes mencionados a una representación geográfica o climática equitativa?
- ¿Debería existir alguna cláusula referente a los grupos de trabajo; por ejemplo, sobre asuntos científicos, así como sobre impactos socioeconómicos y estrategias de respuesta?
- ¿Existe la necesidad de adoptar planteamientos innovadores a los mecanismos institucionales a la luz de la naturaleza del problema del cambio climático?
- ¿Cuál debería ser el papel de las organizaciones no gubernamentales?

Investigación, observaciones sistemáticas y análisis

Siguiendo la práctica general, se incluirían disposiciones sobre cooperación en investigación y monitorización sistemática. En cuanto a investigación, a cualquiera de las partes se le podría pedir que emprendiera, iniciara y/o cooperara, directamente o a través de organismos internacionales, en la investigación y el análisis de:

- los procesos físicos y químicos que pueden afectar al clima;
- las sustancias, prácticas, procesos y actividades que podrían modificar el clima;
- las técnicas para monitorizar y medir las tasas de emisión de gases de efecto invernadero y su captura por los sumideros;
- modelos climáticos perfeccionados, en particular para los climas regionales;
- los posibles efectos medioambientales, sociales y económicos derivados de las modificaciones del clima;
- sustancias, tecnologías y prácticas alternativas;
- los efectos medioambientales, sociales y económicos de las estrategias de respuesta;
- las actividades humanas que afectan al clima;
- las áreas costeras, con especial referencia a la elevación del nivel del mar;
- los recursos hídricos;
- la eficiencia energética.

Se podría pedir asimismo a las partes que cooperaran en el establecimiento y mejora – directamente, o a través de los organismos internacionales competentes, y teniendo muy en cuenta la legislación nacional y las actividades relevantes en curso a nivel regional, nacional e internacional – de programas complementarios o conjuntos para la monitorización y el análisis sistemáticos del clima, incluyendo un posible sistema mundial; también se podría pedir su colaboración para garantizar la recogida, validación y transmisión de la investigación, los datos empíricos y los análisis a través de centros de datos apropiados.

Otros problemas que podrían surgir al elaborar esta disposición son los siguientes:

- ¿Debería estudiarse la posibilidad de establecer equipos de expertos o un comité científico independiente, responsable de la coordinación de la recogida de datos procedentes de las áreas antes

mencionadas de investigación y análisis, y de la evaluación, periódica de los datos?

- ¿Debería preverse la inspección in situ?
- ¿Debería preverse el acceso abierto y no discriminatorio a los datos meteorológicos elaborados por todos los países?
- ¿Debería establecerse un fondo específico para investigación?

Intercambio y notificación de la información

De acuerdo con los precedentes, se incluiría una cláusula sobre transmisión a la Conferencia de las Partes, a través de la Secretaría, de información sobre medidas adoptadas por las partes en aplicación del convenio y de los protocolos que hayan firmado. En un anexo del Convenio de Viena se especifican los tipos de información intercambiada, que incluyen información científica, técnica, socioeconómica, comercial y jurídica.

Para la elaboración de esta cláusula, los aspectos que deben considerar las partes negociadoras comprenden los siguientes:

- ¿Es necesario elaborar un amplio programa de investigación internacional para facilitar la cooperación en el intercambio de información científica, tecnológica y de otro tipo sobre el cambio climático?
- ¿Deberían estar obligadas las partes a informar sobre las medidas que hayan adoptado para la aplicación del convenio, con la posible inclusión de informar regularmente, sobre una base comparable, de sus emisiones de gases de efecto invernadero?
- ¿Debería pedirse además a cada una de las partes que elaborara un inventario nacional de emisiones, estrategias y tecnologías disponibles para afrontar el cambio climático? De ser así, el convenio podría asimismo exigir el intercambio de información sobre dichos inventarios, estrategias y tecnologías.

Desarrollo y transferencia de tecnología

Si bien el problema de la tecnología se ha tratado en el apartado de obligaciones generales, podría considerarse deseable incluir disposiciones independientes sobre transferencia de tecnología y cooperación técnica. Dichas cláusulas podrían establecer que las partes promovieran el desarrollo y la transferencia de tecnología y cooperación técnica, teniendo en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, para hacer posible que éstos tomen medidas para protegerse frente a los efectos desfavorables del cambio climático, con el fin de limitar, reducir y, en la medida de lo posible, prevenir el cambio climático, o adaptarse a él.

Otro problema que surgirá es el siguiente: ¿deberían establecerse condiciones especiales para las transferencias de tecnología relacionadas con el clima (tales como una base preferencial y/o no comercial y una garantía de acceso a tecnologías apropiadas desde el punto de vista medioambiental, así como de transferencia de las mismas, en condiciones favorables para los países en vías de desarrollo), teniendo en cuenta la protección de los derechos sobre la propiedad intelectual?

Resolución de litigios

Se ajustaría a la práctica habitual en el ámbito internacional incluir una cláusula sobre resolución de los litigios que pueden surgir en relación con la interpretación o aplicación del convenio y/o cualquiera de sus anexos o protocolos. Podrían emplearse cláusulas similares a las del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, que establecen el recurso voluntario al arbitraje del Tribunal Internacional de Justicia (sentencia vinculante) o, si no se elige ninguna de las opciones, el recurso obligatorio a la conciliación (sentencia recomendatoria).

Otras disposiciones

Se ajustaría a la práctica general en el ámbito internacional incluir cláusulas sobre los siguientes aspectos:

- enmiendas del convenio;
- categoría, adopción y enmiendas de los anexos;
- adopción, enmiendas y entrada en vigor de los protocolos;
- firma;
- ratificación;
- adhesiones;
- derecho a voto;
- relación entre el convenio y el (los) protocolo(s);
- entrada en vigor;
- reservas;
- retirada;
- depósito;
- textos legalizados.

Anexos y protocolos

Tal vez las partes negociadoras deseen que el convenio prevea la posibilidad de introducir anexos y/o protocolos.

Los anexos se suscribirían como partes integrales del convenio, mientras que los protocolos podrían suscribirse con posterioridad (como en el caso del Protocolo de Montreal del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono). Aunque se admite que el convenio debe abarcar todos los aspectos, las partes negociadoras deberán decidir si los gases de efecto invernadero, sus fuentes y sus sumideros deben tratarse de forma individual, por grupos o conjuntamente; y si en anexos o en protocolos del convenio. Entre otros, podrían considerarse como posibles temas para los anexos o protocolos del convenio los siguientes:

- prácticas agrícolas;
- gestión de los bosques;
- mecanismos de financiación;
- investigación y observaciones sistemáticas;
- conservación de la energía y fuentes energéticas alternativas;
- responsabilidad y compensación;
- comercio internacional de emisiones;
- sistema de gravámenes internacional;
- desarrollo y transferencia de tecnologías relacionados con el cambio climático.

Entre los problemas que podrían surgir al elaborar los anexos y protocolos figuran los siguientes:

- el calendario; las partes negociadoras que defienden un convenio más orientado a la acción podrían tratar de incluir obligaciones específicas en anexos mejor que en protocolos posteriores, y/o de negociar uno o más protocolos de forma paralela a las negociaciones del convenio;
- la secuencia; si va a haber una serie de protocolos, ¿en qué orden deben adoptarse?

LISTA DE SIGLAS Y DE SIMBOLOS QUIMICOS

AFOS	Subgrupo de agricultura, silvicultura y otras actividades humanas del Grupo de Trabajo III del IPCC
Bt	Miles de millones de toneladas
BTC	Miles de millones de toneladas de carbono
CFC	Clorofluorocarbonos
CH ₄	Metano
CI	Intensidad del carbono en kilogramos de carbón por gigajulio
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
EIS	Subgrupo de energía e industria del Grupo de Trabajo III del IPCC
Gg	Gigagramo (10 ⁹ gramos)
GHG	Gas de efecto invernadero
PNB	Producto nacional bruto
HCFC	Hidroclorofluorocarbono
HFC	Hidrofluorocarbono
CIUC	Consejo Internacional de Uniones Científicas
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Unesco
IPCC	Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático
ITTO	Organización internacional de maderas tropicales
N ₂ O	Oxido nitroso
ONG	Organizaciones no gubernamentales
NOx	Oxidos de nitrógeno
O ₃	Ozono
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
EC	Emisiones de carbono per cápita en toneladas de carbono
pa	por año
ppm	Parte por millón
RSWG	Grupo de trabajo de estrategias de respuesta del Grupo de Trabajo III del IPCC
SOx	Oxidos de azufre
TC	Tonelada de carbono
TC-GJ	Tonelada de carbono por gigajulio
TFAP	Plan de acción de silvicultura tropical
Tg	Teragramo (10 ¹² gramos)
TgC	Teragramo de carbón
TgCH ₄	Teragramo de metano
TgN	Teragramo de nitrógeno
NU	Naciones Unidas
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Enseñanza, la Ciencia y la Cultura
COV	Compuestos orgánicos volátiles
OMM	Organización Meteorológica Mundial

Comité especial del IPCC para la participación de los países en desarrollo

Resumen Ejecutivo

1. El Comité especial del IPCC para la participación de los países en desarrollo fue creado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos (IPCC) para fomentar, con la mayor rapidez posible, la plena participación de los países en desarrollo en las actividades del IPCC. Se tomaron las medidas necesarias, se reunieron fondos y aumentó la participación de los países en desarrollo.

2. Una participación plena supone el establecimiento de medios nacionales para tratar todas las cuestiones de interés, a saber la evaluación de las bases científicas de los cambios climáticos, las posibles repercusiones de estos cambios en la sociedad y la elaboración de estrategias prácticas de respuesta aplicables a nivel nacional y regional.

3. Existe un estrecho vínculo entre las cuestiones que tratan los grupos de trabajo del IPCC, tales como el acceso a la tecnología y a los recursos financieros y la participación de los países en desarrollo en el IPCC. Debido a un calendario muy cargado y a la escasez de recursos, el Comité especial ha tenido que trabajar al mismo tiempo que el Grupo de Trabajo III. El Comité deberá reunirse periódicamente para que las preocupaciones de los países en desarrollo y sus propias conclusiones se tomen debidamente en cuenta en el trabajo de los grupos de trabajo, especialmente del Grupo de Trabajo III, y para coordinar la ejecución de sus recomendaciones.

4. Hoy en día, los países industrializados son responsables aproximadamente del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, y los países en desarrollo, donde vive el 75% de la población mundial son responsables del resto, aunque las emisiones de gases están aumentando en estos últimos. Es preciso tener en cuenta las preocupaciones legítimas de los países en desarrollo en el sentido de que las consecuencias de esas emisiones pueden ser graves para ellos, aunque su influencia sea mínima en los cambios climáticos del mundo.

5. Cualquier cambio climático importante tendrá consecuencias sobre todos los sectores de actividad. Esto significa que un país o incluso un grupo de países no puede esperar encontrar solo una solución adecuada. Se necesitará la acción concertada de todos los países para alcanzar esta finalidad, teniendo en cuenta no sólo la responsabilidad pasada y presente de los países industrializados en la acumulación de gases de efecto invernadero sino también la situación económica y financiera actual en la que se hallan los países en desarrollo.

6. Si el medio ambiente global reviste hoy una mayor

importancia para los países industrializados, la supresión de la pobreza sigue siendo el objetivo principal de los países en desarrollo. Estos prefieren utilizar sus recursos financieros y técnicos para solucionar sus problemas económicos inmediatos antes que invertir para evitar un problema mundial que quizás sólo se manifieste dentro de dos generaciones, especialmente cuando su responsabilidad en este problema es bastante menor que la de los países industrializados.

7. Los países en desarrollo consideran que la falta actual de garantías en cuanto al suministro de nuevos fondos necesarios, especialmente para la definición, la transferencia, la adaptación y la elaboración de tecnologías alternativas más seguras en condiciones preferenciales, no comerciales y gratuitas contribuye en gran medida a impedir que participen activamente en las actividades del IPCC. Estos países consideran que, si se elaborasen directrices aplicables a los mecanismos de financiación de la transferencia, de la adaptación y de la elaboración de "tecnologías limpias", en lugar de tomar medidas jurídicas y económicas, las condiciones de su participación serían mejores.

8. Estas consideraciones han llevado al Comité especial a centrarse en los cinco factores siguientes, que impiden la plena participación de los países en desarrollo en las actividades del IPCC:

- información insuficiente;
 - comunicación insuficiente;
 - recursos humanos limitados;
 - dificultades institucionales;
 - recursos financieros limitados.
- i) *Información insuficiente:* numerosos países en desarrollo no disponen de información suficiente sobre la cuestión de los posibles cambios climáticos para comprender la preocupación que suscita en otras partes del mundo. La información es a menudo insuficiente, tratándose de la base científica de las posibles repercusiones físicas y socioeconómicas de los cambios climáticos o de las estrategias de respuesta. Esto no sólo se aplica a los medios científicos sino también a los responsables de tomar las decisiones políticas y a la opinión pública.
- ii) *Comunicación insuficiente:* incluso si mejorase la situación a nivel de información, habría que mejorar

aún los medios de comunicación interna y externa para que la información relativa a los cambios climáticos se difunda adecuadamente.

- iii) *Recursos humanos limitados*: la falta de personal calificado en casi todos los sectores, tanto académicos como científicos o de la aplicación de los conocimientos a la producción de alimentos y de energía, a la gestión de los recursos hídricos, a los problemas relativos a los asentamientos humanos, al crecimiento comercial y económico y a toda una serie de sectores conexos es un problema común a numerosos países en desarrollo. La mayoría de estos países, si no todos, sólo disponen de un número limitado de expertos y de funcionarios calificados y bien informados, y esto tan sólo en algunos de estos sectores.
- iv) *Dificultades institucionales*: el carácter multidisciplinario e intersectorial de estas cuestiones exige un grado relativamente elevado de coordinación entre los diversos departamentos o ministerios.
- v) *Recursos financieros limitados*: la supervivencia es la preocupación principal. En cuanto a lo demás, los recursos financieros limitados, y la consiguiente penuria de recursos tecnológicos, dictan las prioridades. En muchos casos es imposible encontrar los medios para hacer frente a los costos incrementales que supone la protección del medio ambiente. Además, las preocupaciones ambientales locales e inmediatas reciben generalmente más atención de los responsables que los problemas mundiales, que son más impersonales.

9. El Comité no consideró en detalle cuestiones tales como apoyo financiero, los incentivos y desincentivos económicos, la elaboración de instrumentos jurídicos y el establecimiento de tecnologías poco nocivas para el medio ambiente y de rendimiento energético, así como el acceso a ellas. Estas cuestiones se trataron en el Grupo de trabajo III y es probable que sean el tema de futuras negociaciones entre los gobiernos. Sin embargo, el Comité consideró que no debía esperarse la conclusión de dichas negociaciones para tomar medidas destinadas a fomentar la plena participación de los países en desarrollo en las cuestiones relativas al cambio climático.

10. Además, ciertas medidas serán el resultado de negociaciones y acuerdos, y se tendrán que elaborar mecanismos que permitan aplicarlas. Pero hay otras que deben tomarse ahora en el marco de acuerdos ya existentes, y la mayoría de éstas deberían planearse para varios años.

11. Los impactos del cambio climático variarán de una región y de un país a otro. Si bien en las estrategias de respuesta para los países en desarrollo se debe tener en cuenta la necesidad de fondos adecuados y tecnologías más seguras, será necesario adoptar enfoques específicos para los

distintos países y regiones. Por ejemplo, las medidas que deben tomarse podrán ser muy diferentes según se trate de un pequeño Estado insular o de un gran país en desarrollo que empieza su industrialización. El éxito de muchas de las medidas que se recomiendan depende no sólo de las iniciativas nacionales sino también de una mayor cooperación regional o subregional.

Medidas que se recomiendan

12. Los países en desarrollo deberían recibir un continuado apoyo financiero para participar en las reuniones del IPCC y en las actividades consiguientes. El Comité desea llamar la atención del Grupo sobre la importancia de proseguir este esfuerzo y de que los países donantes mantengan y aumenten sus contribuciones después de la cuarta reunión plenaria del IPCC.

13. Convendría considerar seriamente la posibilidad de financiar la participación de más de un experto de cada país en desarrollo en las reuniones que traten de varios aspectos del problema del cambio climático. Por su lado, los países en desarrollo deberán facilitar, dentro de lo posible, la adopción de medidas a este respecto.

14. Los gobiernos y las organizaciones de los países industrializados deberían no disminuir sus esfuerzos para organizar seminarios. Los países en desarrollo podrían organizar, bajo el patrocinio de organizaciones internacionales o de otro modo, seminarios y cursillos prácticos regionales para intercambiar información científica y técnica. A tal fin, se deberían establecer los programas y listas de expertos necesarios. En el marco del proceso continuo de intercambio de información, el Comité recomienda al IPCC que distribuya el presente Resumen Ejecutivo para los responsables de políticas a todos los interesados, incluidos los que vayan a participar en la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima. Los países en desarrollo, por su lado, deberán, cada vez que puedan y lo antes posible, nombrar a coordinadores a los que se les enviarán los informes, los documentos, los datos y la información sobre los seminarios. Estos coordinadores recibirán instrucciones para distribuir el material a las personas competentes dentro del país para que tomen las medidas pertinentes.

15. Los países en desarrollo podrían prever la creación de mecanismos para la coordinación nacional de todas sus actividades relativas al cambio climático. Estos mecanismos serían útiles para la difusión de la información, la elaboración y ejecución de programas de investigación y monitorización, así como para formular opciones de políticas. Los países industrializados deberían considerar la posibilidad de ayudar a los países en desarrollo a ese respecto, facilitándoles el acceso a la tecnología que necesitan.

16. El Comité recomienda fomentar la adquisición, los análisis y la interpretación de información sobre datos

climáticos y conexos de manera que, en la formación de sus políticas nacionales, los países en desarrollo puedan tener más efectivamente en cuenta consideraciones relativas al cambio climático. Estas medidas son también necesarias a nivel regional para realizar y perfeccionar estudios de impacto. Deberá eliminarse la actual desigualdad que existe entre los dos hemisferios desde el punto de vista de la adquisición y utilización de esos datos. El Comité recomienda además que los países en desarrollo empiecen inmediatamente a identificar sus necesidades específicas a fin de determinar las consecuencias financieras de dichas medidas. Será necesario reunir los fondos apropiados que permitan establecer un programa sostenido y crear centros regionales para implantar redes de información sobre el cambio climático.

17. En muchos países en desarrollo, el servicio meteorológico hidrológico nacional es la principal, y a menudo única, institución que concentra y registra datos relativos al clima. Si, como algunos predicen, las pautas meteorológicas correspondientes se modifican, se deberán reforzar los medios de estos servicios para que puedan contribuir a un desarrollo nacional sostenible.

18. El Comité recomienda que la cuestión del cambio climático se tome en cuenta en los planes de desarrollo. Los estudios nacionales dedicados al medio ambiente también deberían tener en cuenta el cambio climático a fin de determinar estrategias de desarrollo sostenible. Los países en desarrollo y muchos países industrializados consideran que, para alcanzar estos objetivos, deberán obligatoriamente disponer de fondos adicionales para hacer frente a los mayores costos que son el resultado de sus esfuerzos para combatir el cambio climático.

19. El Comité recomienda además que se tomen debidamente en cuenta sus conclusiones en todos los sectores adecuados de la labor del IPCC. Se deberían elaborar y llevar a cabo, sin demora, programas de acción (y definir, si es necesario, los conceptos sobre los que se basen) para que los países en desarrollo puedan participar plenamente en las actividades sobre el cambio climático, si se les facilitan los medios necesarios. El PNUMA y la OMM deberían tomar la iniciativa a este respecto e iniciar las consultas necesarias. Convendría también entrar en contacto con otras organizaciones multilaterales o bilaterales para elaborar y llevar a cabo estos programas de acción.

20. El Comité también recomienda al IPCC que considere seriamente la posibilidad de facilitar interpretación simultánea en los idiomas habituales de las Naciones Unidas, así como la documentación en estos mismos idiomas, para las reuniones del Comité especial, dada la naturaleza compleja del tema tratado y las dificultades particulares a las que deben hacer frente los países en desarrollo.

21. El Comité especial está dispuesto a ayudar a monitorizar la elaboración y la ejecución de los programas

de acción antes mencionados o de cualquier otro programa pertinente.

1. Introducción

1.1 Creación del Comité Especial

1.1.1 Cuando el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos (IPCC) empezó su trabajo en noviembre de 1988, sólo participaron algunos países en desarrollo. La razón no era su indiferencia a la cuestión del cambio climático; este problema les interesa y les preocupa. La comunidad internacional acababa de incluir en su orden del día esta cuestión compleja en la que intervienen numerosos sectores. Pocos países en desarrollo disponen de bases de datos y medios de investigación necesarios para tratar directamente este problema. Para la mayoría, las prioridades financieras nacionales destinadas a lograr un rápido crecimiento económico impiden que se utilicen los escasos recursos para financiar los viajes de sus representantes.

1.1.2 El IPCC creó (en junio de 1989) el Comité Especial para la participación de los países en desarrollo, con objeto de fomentar lo más rápido posible la participación activa de los países en desarrollo en sus actividades. Esta medida se tomó como consecuencia del informe del subgrupo ad hoc que creó la Mesa del IPCC en febrero de 1989 para estudiar los medios de reforzar dicha participación. Este subgrupo, presidido por el Dr. A. Al-Gain, que es también el Vice-presidente del IPCC, está compuesto de representantes de Arabia Saudita, Brasil, Senegal y Zimbabwe.

1.1.3 El informe del subgrupo sirvió de base a las deliberaciones del Comité Especial. El Comité está compuesto por representantes de los países siguientes: Francia (Presidente), Argelia, Brasil, India, Indonesia, Japón, Kenya, Noruega, Estados Unidos de América y URSS. El Dr. Al-Gain es miembro cooptado del Comité. (El Comité celebró una reunión de duración no limitada en Ginebra; los días 31 de mayo y 1 de junio de 1990 según había decidido el IPCC en su tercera reunión plenaria celebrada en Washington D.C., del 5 al 7 de febrero de 1990). Las atribuciones del Comité figuran en el Anexo I a este informe resumido.

1.1.4 Existe un estrecho vínculo entre las cuestiones que tratan los grupos de trabajo del IPCC, tales como el acceso a la tecnología y a los recursos financieros, y la participación de los países en desarrollo en el IPCC. El trabajo del Comité se llevó a cabo en paralelo con las actividades de los subgrupos del Grupo de Trabajo III encargados de estas cuestiones, y con los grupos de trabajo temáticos sobre medidas de ejecución. Esto fue necesario debido al calendario muy cargado y a la escasez de recursos disponibles. El Comité Especial insiste en que es importante que el Grupo de Trabajo III tome en consideración, en la medida de lo posible, las conclusiones de este informe resumido para los responsables de políticas al redactar su informe. Además, el Comité deberá reunirse periódicamente para integrar de manera coordinada las preocupaciones de

los países en desarrollo en la labor del Grupo de Trabajo III y para coordinar la ejecución de sus recomendaciones.

1.2 Asociación entre países industrializados y países en desarrollo

1.2.1 El calentamiento mundial que nos preocupa actualmente es el resultado de las emisiones de los llamados gases de efecto invernadero a la atmósfera. Si bien gran número de estos gases están naturalmente presentes en la atmósfera, las concentraciones en aumento observadas recientemente son debidas a actividades que han contribuido en gran medida a la supervivencia y al bienestar de la humanidad, tales como la industrialización, la producción de alimentos y el desarrollo económico general.

1.2.2 Los países industrializados son responsables hoy en día aproximadamente del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, y los países en desarrollo, donde vive el 75% de la población mundial, son responsables del resto, aunque sus emisiones están aumentando. Las emisiones procedentes de un solo país provocarán un calentamiento que no se limitará a ese país sino que afectará al planeta entero. Cualquier cambio climático importante afectará a todos los sectores de actividad. Por esta razón, un solo país o incluso un grupo de países no pueden esperar encontrar por siglos una solución satisfactoria. Se necesita la acción concertada de todos los países para alcanzar esta finalidad. Es decir, que los países industrializados y los países en desarrollo deben juntar sus esfuerzos tomando en consideración, no sólo la responsabilidad pasada y presente de los países industrializados en la acumulación de gases de efecto invernadero, sino también la situación económica y financiera actual de los países en desarrollo. Se trata de una necesidad urgente.

1.2.3 Aun cuando la gestión del cambio climático debe basarse en medidas establecidas a nivel mundial, las consideraciones nacionales y regionales dictarán los argumentos decisivos. Las repercusiones del calentamiento predicho serán desiguales, beneficiosas a veces, y a veces dañinas para diversos sectores de la economía, y variarán según el país de una región a otra. Por consiguiente, los países y los grupos de países deberán conocer bien la situación antes de iniciar el proceso que dará lugar a un acuerdo. Esta necesidad es aún más acuciante en el caso de los países en desarrollo. Se les deberá ayudar a obtener información científica y de otro tipo, así como los recursos, si se quiere que participen y contribuyan a la búsqueda de una solución. Deberán tomarse en consideración las preocupaciones legítimas de los países en desarrollo que, aunque su responsabilidad en el cambio climático es mínima, podrían sufrir consecuencias muy graves. También deberán considerarse sus diferentes estados de desarrollo, y por lo tanto, sus necesidades de adaptación específicas al cambio climático.

1.2.4 Los países en desarrollo deben hacer frente a

problemas especiales. Es de una extrema importancia para ellos aumentar las inversiones para acelerar el desarrollo económico y satisfacer mejor las necesidades básicas de la población, tratándose de la alimentación, de la vivienda o de los ingresos. A la vez, no puede comprometerse la habitabilidad del planeta. Por esta razón, los países en desarrollo deberán participar plena y voluntariamente y con conocimiento de causa en la toma de decisiones a nivel mundial y en las medidas consiguientes sobre el cambio climático.

1.2.5 La participación plena supone el establecimiento de medios nacionales para responder cuestiones de interés tales como la valoración de la base científica del cambio climático, sus posibles repercusiones y la evaluación de estrategias de respuesta para aplicarlas a nivel nacional. Todo esto está estrechamente relacionado con el proceso general de un desarrollo sostenible y continuado.

1.3 Estructura del Resumen para responsables de políticas

1.3.1 Después de la introducción, el Resumen trata de los factores que impiden la plena participación de los países en desarrollo (sección 2), de los sectores en los que es posible tomar medidas (sección 3) y de las conclusiones y recomendaciones del Comité (sección 4).

2. Participación plena de los países en desarrollo

2.1 Objetivos

2.1.1 El Comité reconoció que lograr la plena participación de los países en desarrollo en las actividades del IPCC era una finalidad necesaria pero difícil de conseguir, porque supone la realización de diversos objetivos conexos, tanto cuantitativos como cualitativos. Respecto a los objetivos cuantitativos, el Comité reconoció la necesidad de:

- i) aumentar número de países en desarrollo que participan en las reuniones del IPCC y en las decisiones que resulten de ellas, tales como seminarios, reuniones de los grupos de trabajo y de sus subgrupos, etc.;
- ii) aumentar las ayudas de viaje para permitir que cada país en desarrollo está representado en las reuniones sobre el cambio climático y cuestiones conexas, y que su participación sea válida, especialmente cuando las reuniones tratan simultáneamente de cuestiones diferentes pero relacionadas entre sí;
- iii) ofrecer más oportunidades a los países en desarrollo de mejorar su conocimiento científico del cambio climático y de la formulación de políticas (por ejemplo, política energética), de las repercusiones, y de las opciones de respuesta adaptadas a su situación para hacer frente al cambio climático;

- iv) ofrecer más oportunidades a los países en desarrollo de formar a los expertos y perfeccionar sus conocimientos en materia de investigación sobre el clima y el cambio climático.

2.1.2 Respecto a los objetivos cualitativos, el Comité reconoció la necesidad de:

- i) prever una participación continua de los países en desarrollo en la labor del IPCC para reforzar su papel;
- ii) alentar la difusión en los países en desarrollo de información y de datos sobre cuestiones relativas al clima para aumentar su conciencia y sus conocimientos;
- iii) incitar a que se tengan en cuenta de manera racional las cuestiones sobre el clima al elaborar las orientaciones nacionales respecto a la ciencia, la economía y el medio ambiente, y lograr así un desarrollo duradero;
- iv) fomentar, en los países en desarrollo, una cooperación efectiva entre los responsables de diversos aspectos de las cuestiones sobre el clima, para promover una toma de decisiones informada.

2.2 Factores que impiden la plena participación

2.2.1 Los factores señalados por el Comité Especial que impiden la participación activa de los países en desarrollo en las actividades del IPCC pueden clasificarse en las categorías siguientes:

- i) información insuficiente;
- ii) comunicación insuficiente;
- iii) recursos humanos limitados;
- iv) dificultades institucionales;
- v) recursos financieros limitados.

2.2.2 Estos factores se describen con detalle en los párrafos que figuran a continuación. Sin querer generalizar, el Comité también advirtió que la mayoría de los países en desarrollo estaban frente a un dilema: conceder prioridad a las cuestiones ambientales o al desarrollo económico. Si bien el medio ambiente mundial reviste hoy una mayor importancia para los países industrializados, la supresión de la pobreza sigue siendo el objetivo principal de los países en desarrollo. Prefieren conservar sus recursos financieros y técnicos para resolver sus problemas económicos inmediatos antes que hacer inversiones para evitar un problema mundial que podría plantearse al cabo de dos generaciones, especialmente cuando su responsabilidad en este problema es bastante menor que la de los países industrializados.

2.2.3 El Comité reconoció que este dilema constituía un obstáculo importante a la participación de los países en desarrollo en las actividades del IPCC. El Comité reconoció además que, aunque el proceso de desarrollo económico permitiría comprender a la larga que los objetivos del desarrollo y las preocupaciones ambientales no eran incompatibles, era necesario permitir que los países en desarrollo percibieran el problema desde una perspectiva correcta, ayudándoles a comprender mejor los aspectos científicos del cambio climático mundial, sus posibles repercusiones físicas y socioeconómicas y las posibles opciones de respuesta.

2.2.4 El comité observó que los países en desarrollo consideran que la falta de garantías suficientes en cuanto al suministro de fondos suplementarios necesarios, especialmente para la definición, la transferencia, la adaptación y la aplicación de tecnologías alternativas más seguras en condiciones preferenciales, no comerciales y subvencionadas contribuía en gran medida a impedir que los países en desarrollo participaran activamente en las actividades del IPCC. Observó además que, para estos países, las condiciones de su participación serían mejores si se definiesen directrices para los mecanismos de financiación de la transferencia, de la adaptación y de la aplicación de “tecnologías limpias”, contraste con la adaptación de medidas jurídicas y económicas.

2.3 Información insuficiente

2.3.1 El Comité tomó nota de que muchos países en desarrollo no disponen de suficiente información sobre el cambio climático potencial para poder comprender la preocupación que suscita esa cuestión en otras partes del mundo. La información es a menudo insuficiente, tanto desde el punto de vista de la base científica de esa preocupación, de los posibles impactos físicos y socioeconómicos del cambio climático así como de las opciones de respuesta (véase también el párrafo 2.2.3). Esto no sólo se aplica a los medios científicos sino también a los responsables de política y a la opinión pública.

2.3.2 Los países en desarrollo tienen un acceso limitado a los datos científicos. Muchos no pueden participar en programas regionales de monitorización, cuando existen, ni pueden vigilar continuamente las condiciones meteorológicas y climáticas en su territorio nacional y de acuerdo con los requisitos internacionales.

2.3.3 Como se menciona anteriormente, la información de que disponen los países en desarrollo sobre las posibles consecuencias para ellos del cambio climático es limitada. Mientras que el Grupo de trabajo I del IPCC ha observado que los modelos científicos actuales no permiten prever la distribución regional precisa del cambio climático, el problema en los países en desarrollo es más fundamental. Muchos de ellos no pueden, por ejemplo, proyectar cómo los diversos aumentos del nivel del mar pueden afectarles, y, por lo tanto, qué medidas deben tomar para adaptarse a esta

situación. De la misma manera, muchos países en desarrollo no disponen de suficiente información para juzgar la forma más eficaz de lograr un rendimiento energético satisfactorio, o de calibrar sus implicaciones en cuanto a los costos, la seguridad y el comercio. La falta de información también afecta el sector de tecnologías y de productos menos dañinos para el medio ambiente. En lo que respecta, especialmente, a las tecnologías apropiadas para la conservación de la humedad, la aforestación y la protección de los suelos, se señaló que los distintos grados de información eran evidentes.

2.3.4 Si se les facilitara información adecuada, los países en desarrollo podrían tener mejor en cuenta cuestiones relativas al cambio climático al elaborar sus políticas nacionales. Estarían también en mejores condiciones para comprender que las discusiones sobre el cambio climático tienen importantísimas repercusiones sobre sus estrategias económicas y de desarrollo y para determinar sus necesidades específicas, a fin de saber cuáles se pueden satisfacer con los recursos existentes y cuáles requieren recursos adicionales.

2.4 Comunicación insuficiente

2.4.1 El Comité tomó nota de que aunque se proporcionara a los países en desarrollo información sobre el cambio climático y actividades conexas, era necesario mejorar la comunicación interna y externa para asegurar la difusión de la información a los adecuados destinatarios competentes, incluidos los economistas, los científicos y los responsables de políticas. La comunicación interna es importante, ya que permite examinar de manera informada las cuestiones de política nacional; asimismo una comunicación externa más eficaz facilita el intercambio de información con el mundo exterior.

2.4.2 Tomó también nota de que se tendrán que reforzar y simplificar los mecanismos que existen en los países en desarrollo para coordinar, recibir, almacenar y difundir la información procedente del país o bien procedente del exterior. La falta de estos mecanismos a menudo impide apreciar suficientemente la necesidad de participar en discusiones internacionales sobre el cambio climático.

2.4.3 De la misma manera, los acuerdos internacionales para la transmisión de información sobre los cambios climáticos y las actividades conexas no son todavía suficientemente eficaces en los países en desarrollo.

2.5 Recursos humanos limitados

2.5.1 El Comité tomó nota de que los países en desarrollo no disponían de suficiente personal informado para recibir, comunicar y difundir información sobre el cambio climático y actividades conexas. A veces, el hecho de que cada país disponga de recursos técnicos limitados ha impedido la plena participación de los países en desarrollo. Los únicos expertos disponibles asumen grandes

responsabilidades y les resulta sumamente difícil encontrar tiempo al margen de sus importantes funciones nacionales.

2.5.2 En algunos casos, los países en desarrollo intentan paliar el problema pidiendo al personal de su embajada que los represente en las reuniones del IPCC organizadas en diversas capitales. Incluso esta posibilidad es difícil para los pequeños países en desarrollo que disponen de pocos representantes. Otra solución, aunque menos utilizada actualmente, es designar a expertos regionales para que representen a un grupo de países. Ambas soluciones tienen inconvenientes. Los funcionarios de la embajada no disponen siempre de información básica necesaria para participar activamente en las reuniones, especialmente cuando los temas que se tratan exigen conocimientos especializados en el sector de las ciencias, de la evaluación del impacto, del análisis de los aspectos jurídicos y políticos, de los problemas relativos a los asentamientos humanos en áreas costeras y próximas al nivel del mar, de las ciencias del comportamiento, de los estudios de los costos y del análisis económico. Además, como las reuniones del IPCC se celebran en muchas partes del mundo, es difícil asegurar la continuidad en la representación cuando se pide la ayuda del personal de las embajadas. Por otro lado, designar a expertos regionales para que representen a un grupo de países requiere siempre una estrecha cooperación entre los países y consultas relativamente largas, a menos que se designe a los expertos para un largo período.

2.6 Dificultades institucionales

2.6.1 El Comité tomó nota de que en muchos países en desarrollo la infraestructura institucional no daba suficiente apoyo al personal encargado de coordinar la recepción, la transmisión, la difusión y la utilización eficaz de la información sobre el cambio climático y actividades conexas.

2.6.2 Aunque algunos países en desarrollo han conseguido establecer una infraestructura nacional, esto no siempre es el caso. No se sabe siempre exactamente qué ministerio o qué organismo está encargado de tal o cual cuestión relativa al clima. Además, en muchos países en desarrollo los mecanismos de coordinación entre los ministerios y los organismos no están bien establecidos ni son tan eficaces como deberían serlo.

2.7 Recursos financieros limitados

2.7.1 Por las razones señaladas en otras partes de este informe resumido, el Comité no estudió con detalle cuestiones tales como el apoyo financiero, los incentivos y desincentivos económicos, la elaboración de instrumentos jurídicos y el establecimiento de tecnologías accesibles poco nocivas para el medio ambiente y de gran rendimiento energético. El Grupo de Trabajo III trata de estas cuestiones que deberían ser objeto de negociaciones futuras entre los gobiernos. Sin embargo, el Comité consideró que no debía

esperarse la conclusión de dichas negociaciones para tomar las medidas destinadas a fomentar la plena participación de los países en desarrollo en las cuestiones relativas al cambio climático. Algunas de estas medidas podrían tomarse inmediatamente.

2.7.2 La escasez de recursos financieros está estrechamente vinculada con el problema general del acceso a las tecnologías nuevas y más modernas. Por otra parte los problemas de supervivencia son prioritarios. A menudo los países no tienen medios para hacer frente a los costos adicionales que supone la protección del medio ambiente. Además, las preocupaciones inmediatas de interés local sobre el medio ambiente reciben más atención de los responsables políticos que los problemas de orden mundial, impersonales, invisibles y, en cierta medida, remotos.

2.7.3 Aunque las razones profundas de la falta de recursos financieros pueden atribuirse a las pautas seguidas por el desarrollo económico, existen otras necesidades más sencillas pero no menos importantes, tales como la financiación de los gastos de viaje, que hay que satisfacer para que un país esté informado de las actividades que se llevan a cabo en otras partes del mundo sobre el cambio climático y sectores conexos.

2.7.4 Los países en desarrollo necesitan ayuda para que sus expertos puedan participar en las reuniones del IPCC. Se necesitan fondos no sólo para financiar los viajes sino para otras prioridades nacionales. Sin ayuda, muchos países en desarrollo simplemente no podrían asistir a ninguna reunión. Para otros países, su representación sería menos completa y eficaz. En este caso, tampoco se trata de una falta total de recursos financieros sino de la necesidad absoluta de fijar prioridades a las reuniones y a las conferencias internacionales cada vez más numerosas dedicadas al medio ambiente y a otros temas. Este es un problema especialmente grave para los países menos adelantados y para los países en desarrollo más pequeños, en particular los del hemisferio sur, ya que la mayoría de estas reuniones se celebran en el hemisferio norte.

2.7.5 El Comité tomó nota de que la asistencia de los países en desarrollo a las reuniones del IPCC había mejorado de manera constante (véase la subsección 2.8). Irónicamente, esto planteará un problema cada vez más complejo si no aumenta proporcionalmente la ayuda para permitir la participación de los países en desarrollo. Hasta la fecha, el IPCC no ha establecido ni criterios ni prioridades precisos para examinar las solicitudes de los países en desarrollo para recibir ayuda para viajes.

2.7.6 Por otra parte, aunque las contribuciones a tal fin anunciadas al fondo en depósito del IPCC han sido generosas y cada vez mayores, este proceso ha sido puntual, y los fondos no han llegado a tiempo para evitar graves carencias periódicos.

2.8 Progresos realizados por el IPCC

2.8.1 A pesar de los obstáculos que acabamos de examinar y que inhiben la plena participación de los países en desarrollo, es evidente que el IPCC ha realizado muchas cosas durante su breve existencia.

2.8.2 Así, por ejemplo, once países en desarrollo participaron en la primera reunión plenaria del Grupo de expertos en noviembre de 1988; este número pasó a 17 en la segunda reunión plenaria (junio de 1989) y a 33 en la tercera (febrero de 1990). En esta última reunión los países en desarrollo fueron más numerosos que los países industrializados (27).

2.8.3 Además, el Grupo de expertos había asignado en sus estimaciones presupuestarias de 1989 222.510 Fr.s. para gastos de viaje de los países en desarrollo. La suma que se gastó en realidad alcanzó aproximadamente los 383.904 Fr.s. (véase en el Anexo II la lista de contribuciones). Esta suma permitió financiar 85 viajes de 80 expertos para participar en las reuniones del Grupo de expertos, de la Mesa, de los grupos de trabajo y de sus subgrupos, y del Comité Especial en 1989. La suma presupuestada para 1990 es de 794.000 Fr.s. lo que representa la mitad del presupuesto del IPCC para ese mismo año. Esta suma ya se ha sobrepasado en el momento de redactarse el presente informe, y se añade a la ayuda financiera facilitada en el marco de acuerdos bilaterales.

2.8.4 Por otra parte, en 1990 y 1991, varios gobiernos (de países industrializados y en desarrollo) y organizaciones intergubernamentales regionales intercambian información y organizan seminarios, para los países en desarrollo, sobre la cuestión específica del cambio climático. Estas actividades están destinadas a sensibilizar al público y a ayudar a los países a comprender las relaciones complejas que existen entre los diversos aspectos de este tema.

2.8.5 Las actividades del IPCC han permitido a los países industrializados y en desarrollo a que conozcan el problema del cambio climático. A este respecto, aunque queda mucho por hacer para incrementar la participación de los países en desarrollo, el IPCC ha desempeñado parcialmente una función esencial. La situación está mejorando; aunque no puede todavía calificarse de satisfactoria, ya que la plena participación de los países en desarrollo es una condición sine qua non para el éxito de la labor del grupo, especialmente para la aprobación de un convenio sobre el clima.

2.8.6 Gracias a los esfuerzos y a las iniciativas comunes de algunos gobiernos, las principales instituciones financieras han decidido reunir nuevos fondos para el estudio del cambio climático. En particular, el Banco Mundial ha incluido al cambio climático como uno de los cuatro objetivos de importancia mundial susceptibles de financiación adicional a tipos de interés de favor.

3. Sectores de actuación

3.0.1 Las repercusiones del cambio climático variarán de una región a otra y de un país a otro; como ya se ha mencionado en otras partes de este informe. Si bien en las estrategias de respuesta de los países en desarrollo se debe tener en cuenta la necesidad de contar con fondos adecuados y tecnologías más seguras, será necesario adoptar enfoques específicos para los distintos países y regiones. Por ejemplo, las medidas que se tomen serán muy diferentes según si se trata de un pequeño Estado insular de un país grande en vía de industrialización. Sin embargo, los argumentos que figuran en esta sección son válidos para todos los países en desarrollo (y, en realidad, para todos los países); y el Comité Especial deberá prestar más atención a las necesidades específicas de cada uno.

3.0.2 El éxito de la ejecución de muchas de las medidas que se recomiendan (véase la sección 4) depende no sólo de iniciativas nacionales sino también de una mayor cooperación regional o subregional. La cooperación entre países de una misma región, entre países e instituciones regionales o subregionales y entre instituciones permitirá realizar economías y tomar medidas más eficaces. Esto es indispensable para los países pequeños, especialmente para los Estados insulares.

3.0.3 Las ventajas de la cooperación regional son evidentes para las actividades de investigación, pero también lo son para muchos otros sectores. Por ejemplo, en lo que respecta a los ahorros de energía, los países podrían beneficiarse de los conocimientos de "centros técnicos" regionales que fomentan la investigación. Juntos podrían desarrollar técnicas adaptadas a su situación particular, compartiendo su equipo y sus infraestructuras existentes. Así pues, la creación o el fortalecimiento de "departamentos" regionales de energía y del medio ambiente serían útiles para movilizar una ayuda y una coordinación de las actividades de investigación y de otras actividades comunes a varios países.

3.0.4 Además, como resultado de las negociaciones y de los acuerdos, se tomarán medidas, y habrá que establecer mecanismos para aplicarlas. Pero hay otras medidas que deben tomarse ahora, en el marco de acuerdos ya existentes; la mayoría deberían planearse para varios años.

3.0.5 El Comité preparó una lista de sectores en los que se pueden tomar medidas. Se trata de una lista que no es exhaustiva; es preliminar, y deberá examinarse con regularidad, y modificarse o completarse, según sea necesario. Las recomendaciones del Comité sobre medidas específicas figuran en la sección 4.

3.1 Formento de la información

3.1.1 Aunque la insuficiencia de información no es exclusiva de los países en desarrollo lo probable es que en su caso la corrección de los problemas exija más tiempo.

3.1.2 La información disponible es insuficiente en los sectores siguientes:

- datos científicos, predicciones e interpretación fiables;
- técnicas para diseñar modelos (informáticos) numéricos;
- métodos analíticos para análisis de impacto;
- costes y otras consecuencias de afrontar el cambio climático;
- métodos avanzados de producción de energía;
- opciones de políticas disponibles, y sus características.

3.1.3 Estas insuficiencias pueden corregirse en parte:

- organizando seminarios para el intercambio de información;
- organizando seminarios de perfeccionamiento;
- creando centros de información.

3.1.4 Los seminarios para el intercambio de información deberían organizarse a nivel mundial, regional y nacional. Algunos gobiernos y organizaciones internacionales han previsto ya varios. Los seminarios deberían ser periódicos o cíclicos para asegurar la máxima asimilación y la más amplia difusión de la información. Deberían estar destinados a los funcionarios superiores, a los medios de comunicación y al público. Para ello, se podrían aprovechar oportunidades tales como el Día Meteorológico Mundial, el Día Mundial de la Salud, el Día de la Tierra y el Día Mundial del Medio Ambiente. Se podrían tomar iniciativas originales pidiéndoles por ejemplo a los planificadores que den conferencias durante los seminarios. Así, un seminario organizado por el PNUMA en París tiene el doble objetivo de sensibilizar a los responsables de políticas respecto de la cuestión del cambio climático y, al mismo tiempo, instruirles en las medidas que deban tomarse.

3.1.5 Los seminarios de perfeccionamiento son similares a las reuniones de formación profesional. Se realizan de manera más satisfactoria en un marco regional. Varias organizaciones bilaterales, multilaterales e internacionales organizan este tipo de programas, pero quizás convendría coordinarlos para hacerlos más eficaces.

3.1.6 Como subrayó el Grupo de Trabajo III en la sección pertinente del informe, una medida importante consistiría en introducir a todos los niveles de enseñanza y, de manera continua, programas de estudios destinados a los futuros ciudadanos y encargados de adoptar decisiones. También es importante ampliar los programas de información pública para reforzar a los gobiernos en su actuación.

3.2 Desarrollo de mecanismos de comunicación

3.2.1 La creación, a nivel nacional, regional e internacional, de redes de científicos y de expertos en el cambio climático y temas conexos es un mecanismo valioso para difundir rápidamente la información. Asimismo, la organización de conferencias nacionales, regionales e internacionales en los países en desarrollo ofrecería una excelente ocasión para difundir la información. Los planes elaborados por organizaciones internacionales tales como el PNUMA o la OMM podrían ser un catalizador muy útil a este respecto.

3.2.2 Una de las dificultades que plantea la transmisión puntual de documentos, de cartas, solicitudes de información y actuación entre, por ejemplo, la Secretaría del IPCC y los gobiernos es que sólo algunos países han nombrado a coordinadores o enlaces para este propósito. A menudo, además, los coordinadores o enlaces no saben, por ejemplo, a dónde tienen que enviar un documento para ser examinado. Se insta a los gobiernos a que mejoren los mecanismos nacionales de comunicación para asegurar la distribución oportuna de documentos a los responsables y autoridades competentes. La creación de comités nacionales sobre el clima compuestos por expertos capacitados sería buena solución (véanse también la sección 2 y la subsección 3.4).

3.2.3 En el pasado, las embajadas han sido las intermediarias de los gobiernos para este tipo de comunicación, conducto que podría ser útil en algunos casos. Cuando proceda, también se puede designar a personal de las embajadas para que representen a los gobiernos en las reuniones del IPCC. Esto sería especialmente útil cuando los expertos designados no pueden asistir a una reunión por algún motivo.

3.3 Desarrollo de recursos humanos

3.3.1 Si un país en desarrollo desea contribuir plena y eficazmente a la gestión del cambio climático debe disponer de personal bien informado. Cualquier programa establecido para alcanzar esta meta debería tratar simultáneamente tres cuestiones al respecto; a saber, la enseñanza, la formación profesional y la asistencia técnica (es decir, el fácil acceso a los medios, técnicas y métodos de análisis, etc.).

3.3.2 Se deberán elaborar programas para formar a especialistas en el sector relativamente nuevo del cambio climático. La especialización deberá obtenerse en diversos sectores; tales como la construcción y utilización de modelos numéricos (por ejemplo, modelos de predicción climática, modelos biosféricos y econométricos), observaciones y estudios documentales (por ejemplo, observaciones atmosféricas para reunir datos climáticos y datos conexos, estudios de la realidad socioeconómica), técnicas de ingeniería y laboratorio, asentamientos humanos

en regiones costeras y en otras regiones próximas al mar, y análisis e interpretación de datos para la aplicación de políticas. Para abordar temas de interés común - por ejemplo, consideración de políticas, sería útil elaborar programas concebidos específicamente para tratar cuestiones regionales.

3.3.3 Convendría organizar un programa, permanente y a largo plazo, de intercambio de visitas de especialistas en el cambio climático y cuestiones conexas entre los países industrializados y los países en desarrollo. Se podría alentar a personal universitario de los países industrializados a que pase su período sabático en los países en desarrollo en el marco de becas asignadas especialmente para este propósito. Deberían promoverse los intercambios entre instituciones académicas y deberían tenerse en cuenta las dificultades que surgirán en los países en desarrollo cuya infraestructura docente está poco desarrollada y cuyos medios para responder a las nuevas exigencias en cuanto a enseñanza son limitados.

3.3.4 Debe tratarse de promover la participación de expertos locales al realizar estudios en áreas geográficas determinadas, y aprovechar las oportunidades de formación que ofrezcan estos estudios.

3.3.5 Se deberán instituir programas que permitan tener acceso directo a los métodos más avanzados y a las técnicas y medios de investigación y de ejecución (por ejemplo, computadoras suficientemente potentes que podrían compartir varios países, métodos de información y de comunicación).

3.3.6 En este contexto, el Comité opina que el PNUD y organismos especializados como la OMM y el PNUMA deberían proporcionar ayuda a nivel regional. Esta ayuda debería permitir, entre otras cosas, la formación de expertos en diversos sectores: modelización climática, elaboración de escenarios para los encargados de adoptar decisiones, programas relativos a los asentamientos humanos, transferencia de tecnología adaptable y moderna. Los centros regionales que se ocupan de estos temas deberían reforzarse.

3.4 Funcionamiento de las instituciones

3.4.1 En la mayoría de los países en desarrollo existen dificultades evidentes en cuanto a la coordinación nacional. En el caso de las actividades del IPCC, por ejemplo, sólo unos cuantos países han nombrado a coordinadores nacionales (véase también la subsección 3.2). Esto no sólo impide la difusión de información y la participación continua de los países en desarrollo, sino también las medidas consecutivas que deben tomarse a nivel nacional.

3.4.2 Se deberá redoblar los esfuerzos para promover la coordinación nacional de actividades relativas a los diversos aspectos del cambio climático. Esto es imperativo para la difusión de información, la planificación y ejecución de

programas de concentración y análisis de datos, el estudio de los costos tratados internacionales y aspectos comerciales concomitantes, la elección de políticas, y la creación de y mantenimiento de mecanismos nacionales de análisis y de ejecución. La cooperación entre los numerosos organismos nacionales que se ocupan del cambio climático de una forma u otra es un proceso largo que requiere muchas etapas. Cualquier demora en su realización supondrá aun más dificultades para responder al cambio climático y mantener un desarrollo sostenible. Los países deberían intercambiar información sobre arreglos institucionales efectivos y su aplicación.

3.4.3 Los centros nacionales deberían servir de enlace para la difusión eficaz y rápida de la información, interna y externa. Esto es importante, en que las iniciativas concertadas, regionales e internacionales, pueden ir acompañadas de otras a nivel nacional. Los centros facilitarían la comunicación entre especialistas en diferentes disciplinas; nunca se insistirá lo suficiente en la necesidad de esta comunicación en el contexto del cambio climático, que, por esencia, es una cuestión multidisciplinaria.

3.4.4 Numerosas organizaciones internacionales, tales como el CIUC, el PNUMA, la OMM, la OMS, la FAO y el Banco Mundial realizan estudios sobre los cambios climáticos. Aunque su tarea es específica, de acuerdo con la misión encomendada por sus órganos rectores respectivos, sus actividades son bastante complementarias y pueden beneficiarse de una mayor coordinación. A este respecto, sería útil facilitar los mismos resúmenes sobre la cuestión del cambio climático a todas las delegaciones de un país en las diferentes reuniones de las organizaciones internacionales. Los órganos dirigentes respectivos podrían entonces mantenerse plenamente al corriente y tomar decisiones en un contexto más amplio. Esto permitiría evitar la duplicación involuntaria del trabajo y, al mismo tiempo, ayudaría a determinar cuestiones que podrían pasar desapercibidas debido a su carácter interdisciplinario y multidisciplinario. Por otro lado, esto no puede sino fortalecer la coordinación nacional. Los representantes y los coordinadores residentes del PNUD podrían ayudar a los gobiernos de los países interesados en sus esfuerzos para lograr esta coordinación nacional.

3.5 Desarrollo de recursos financieros

3.5.1 Deben respetarse los planes de desarrollo económico de los países en desarrollo así como sus estrategias de ejecución. En general, la ayuda al desarrollo debería ampliarse y acelerarse.

3.5.2 La cuestión del acceso a los nuevos métodos y tecnologías para realizar estudios y para tomar las medidas de ejecución está estrechamente relacionada con la falta general de recursos financieros. La ayuda técnica, bilateral y multilateral, es esencial para iniciar y/o modernizar las instalaciones y prácticas que permitan hacer frente a las consecuencias del cambio climático. (El Grupo de Trabajo

III, como hemos visto, está encargado del problema del desarrollo y transferencia de tecnologías y la ayuda financiera a los países en desarrollo.)

3.5.3 Sin embargo, el Comité desea insistir en que los países en desarrollo necesitarán ayuda financiera para hacer frente a los mayores costos relacionados con el hecho de tomar en consideración el cambio climático en sus planes actuales de desarrollo. Esta ayuda debería ampliarse. Los países en desarrollo deberán tomar en consideración cuestiones relativas al cambio climático en sus planes de acción, cada vez que puedan y sin que ello suponga costos adicionales. El Grupo de Trabajo III deberá estudiar las modalidades al respecto (la cantidad y el modo de pago de los fondos, por ejemplo). El Comité tomó nota de las conclusiones del Grupo de trabajo III, especialmente la propuesta de introducción de un mecanismo nuevo para las negociaciones de un futuro convenio sobre el clima o sus protocolos. El Comité opinó que debía asignarse máxima prioridad a esta cuestión.

3.5.4 Teniendo en cuenta la necesidad de incluir en los planes de desarrollo medidas para adaptarse al cambio climático, debería alentarse a todos los países en desarrollo que puedan agrupar diversas actividades monitorización del clima, análisis de impactos del cambio climático, estudios de las diversas posibilidades de adaptación, a que lo hagan y a que lleven a cabo investigaciones, con ayuda financiera, esencialmente para lograr los fines siguientes:

- adquisición e intercambio de datos;
- archivo, recuperación y análisis de datos;
- estudios correlativos (por ejemplo: precipitaciones y vegetación, producción de energía y factores climáticos, indicadores sanitarios y desertificación, respuestas de políticas e influencia sobre el costo);
- enseñanza y formación, especialmente becas de estudio;
- elaboración de tecnologías.

3.5.5 Los países en desarrollo deben recibir regularmente ayuda para financiar los viajes de sus representantes a las reuniones del IPCC. Esta ayuda debería abarcar también la participación en las actividades consiguientes y en otras reuniones que traten del clima y del cambio climático (por ejemplo, la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, que se celebrará en Ginebra del 29 de octubre al 7 de noviembre de 1990). Como ya se ha mencionado, la participación plena supone más que la simple presencia en las reuniones.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Resumen general y medidas que deberían tomarse

4.1.1 El IPCC creó el Comité Especial para la Participación de los Países en Desarrollo para ofrecer lo antes posible a los países en desarrollo los medios de participar en sus actividades. Los esfuerzos del Comité deberán continuar, evidentemente.

4.1.2 El Comité espera que sus opiniones y sus recomendaciones sean útiles para redactar y negociar un convenio internacional y protocolos sobre el cambio climático.

4.1.3 El Comité aprovecha esta oportunidad para expresar su agradecimiento a los países que han contribuido generosamente al fondo en depósito del IPCC, para ayudar a los países en desarrollo a que participen en sus reuniones. Los contribuyentes al Fondo deberían mantener y aumentar su contribución.

4.1.4 Deben elaborarse programas de acción específicos, para facilitar la participación de los países en desarrollo en las actividades del IPCC y en las que resulten de ellas. Estos programas deberían especificar, en la medida de lo posible, las actividades que deben llevarse a cabo, los plazos que deben fijarse, los recursos y las instituciones necesarios, y las medidas de ejecución y los procedimientos de reexamen. El Comité concederá prioridad a los programas que se elaboren así.

4.1.5 Conviene señalar que las medidas consiguientes a las recomendaciones del Comité se deberían emprender y desarrollar con la mayor rapidez posible. Algunas medidas ya se han tomado y deberán continuar. Es probable que el IPCC continúe su labor después de su cuarta reunión plenaria, es decir, cuando haya entregado su primer informe de evaluación. Por esta razón, las medidas que se han recomendado deberían continuar mientras exista el IPCC. Por su naturaleza, algunas son la responsabilidad de diversas organizaciones internacionales (por ejemplo, la OMM, el PNUD, el PNUMA, el CIUC, la OMS).

4.1.6 El Comité insiste en que, teniendo en cuenta el carácter planetario del cambio climático y la necesidad de que participen todos los Estados para alcanzar los objetivos, el programa en su totalidad continuará o fracasará según si los países que lo necesiten reciban o no la ayuda financiera necesaria.

4.2 Recomendaciones específicas

4.2.1 Según el Comité, es evidente que algunas cuestiones justifican por su naturaleza que se tomen medidas ya, lo que contribuirá a tratar más fácilmente las cuestiones que se planteen más tarde en relación con el cambio climático. Por esta razón, es evidente que ningún país debe

contar únicamente con la ayuda internacional para preservar el clima, esperando que sea suficiente para resolver todos los problemas.

4.2.2 Los países en desarrollo deben beneficiarse permanentemente de ayuda financiera para participar en las reuniones del IPCC. El Comité desea señalar a la atención del Grupo de expertos la necesidad de proseguir este esfuerzo y de que los países donantes mantengan y aumenten sus contribuciones después de la cuarta reunión del IPCC.

4.2.3 Debería considerarse seriamente la posibilidad de financiar la participación de más de un experto por país en desarrollo en las reuniones que traten simultáneamente de varios aspectos del cambio climático. Por su parte, los países en desarrollo deberían:

- establecer una lista de expertos nacionales y presentarla a los organismos interesados que deseen recibir ayuda financiera;
- contribuir a este esfuerzo de financiación para las reuniones que se celebran en los países a donde vuelan sus líneas aéreas;
- designar conjuntamente a un experto o a un grupo de expertos que representen sus intereses comunes en las reuniones en que sea posible.

4.2.4 Los gobiernos y las organizaciones de los países industrializados deberían intensificar sus esfuerzos para organizar seminarios. Los países en desarrollo podrían organizar, bajo el patrocinio de organizaciones internacionales o de otro modo, seminarios o cursillos prácticos regionales para intercambiar información científica y técnica. A tal fin, se deberían establecer los programas y listas de expertos necesarios. En el marco del intercambio continuo de información, el Comité recomienda al Grupo de expertos que envíe este informe a todos los interesados, incluidos los que van a participar en la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima. Los países en desarrollo, por su parte, deberían designar, lo antes posible, coordinadores a los que se les enviará informes, documentos, datos e información relativos a los seminarios y que recibirán instrucciones para la distribución interna de este material con objeto de que se tomen las medidas oportunas.

4.2.5 Cada país en desarrollo debería prever la creación de mecanismos para la coordinación nacional de todas sus actividades relacionadas con el cambio climático. Esto sería útil para la difusión de información, la elaboración y ejecución de programas de investigación y monitorización, o para formular opciones de políticas. Los países industrializados podrían examinar la posibilidad de ayudar a los países en desarrollo facilitando el acceso a la tecnología que necesitan.

4.2.6 El Comité recomienda fomentar la adquisición, los análisis y la interpretación de información sobre datos

climáticos y conexos de manera que, en la formulación de sus políticas nacionales, los países en desarrollo puedan tener más efectivamente en cuenta las consideraciones relativas al cambio climático. Estas medidas son también necesarias a nivel regional para realizar y perfeccionar estudios de impacto. Deberá eliminarse la actual desigualdad que existe entre los dos hemisferios desde el punto de vista de la adquisición y utilización de esos datos. El Comité recomienda además que los países en desarrollo empiecen inmediatamente a identificar sus necesidades específicas a fin de determinar las consecuencias financieras de dichas medidas. Será necesario reunir los fondos apropiados que permitan establecer un programa sostenido y crear centros regionales para implantar redes de información sobre el cambio climático.

4.2.7 En muchos países en desarrollo, el servicio meteorológico hidrológico nacional es la principal, y a menudo única institución que concentra y registra datos climáticos. Si, como algunos predicen, las pautas meteorológicas asociadas cambiasen, debido a un cambio climático, deberían reforzarse los medios de los servicios nacionales para que puedan contribuir mejor a un desarrollo nacional sostenible.

4.2.8 La cuestión del cambio climático debe tomarse en consideración en las políticas de desarrollo. Estas deberían favorecer proyectos cuyo objetivo es la prevención de los efectos negativos de los cambios climáticos, favorecer la adaptación a estos cambios, y sensibilizar a la opinión pública y educarla, y, por último, elaborar los métodos apropiados. Los estudios nacionales sobre el medio ambiente deben tener en cuenta también el cambio climático predicho en la perspectiva de un desarrollo sostenible. Los países en desarrollo y muchos países industrializados consideran que, para alcanzar estos objetivos, deberán necesariamente disponer de fondos adicionales para hacer frente a los mayores costos inherentes a la prevención del cambio climático.

4.2.9 El Comité recomienda además que se tomen debidamente en cuenta sus conclusiones en todos los sectores de estudio que son de competencia del IPCC. Deberían elaborarse y llevarse a cabo sin demora programas de acción (y definir conceptos sobre los que se basan), para que los países en desarrollo puedan participar plenamente en las actividades futuras sobre el cambio climático. El PNUMA y la OMM deberían tomar la iniciativa y celebrar las consultas necesarias. Convendría también conseguir la ayuda de otras organizaciones multilaterales o bilaterales para elaborar y ejecutar estos programas de acción, como por ejemplo:

- i) Actividades de investigación y de monitorización:
 - Organización de las Naciones Unidas y organismos especializados;
 - organizaciones intergubernamentales regionales; la

Comunidad Europea, por ejemplo;

- organizaciones no gubernamentales como el Consejo Internacional de Uniones Científicas.
- ii) Seminarios y cursillos de trabajos prácticos dedicados a la información pública, a negociaciones y a aspectos jurídicos:
- Organización de las Naciones Unidas y organismos especializados, organizaciones intergubernamentales regionales y también organizaciones no gubernamentales.
- iii) Enseñanza, formación profesional, y asistencia técnica:
- Organización de las Naciones Unidas y organismos especializados.
- iv) Financiación:
- organismos multilaterales de financiación, por ejemplo el Banco Mundial, los Bancos Regionales de Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, etc.

4.2.10 También se recomienda al IPCC que considere seriamente la posibilidad que el Comité Especial disponga de servicios de interpretación simultánea en los idiomas habituales de las Naciones Unidas así como de servicios de documentación antes, durante y después de la reunión en esos mismos idiomas, dada la naturaleza compleja del tema tratado y las dificultades particulares a las que deben hacer frente los países en desarrollo.

4.2.11 El IPCC debería darle al Comité Especial el mandato de monitorización y examinar la preparación y la ejecución de los programas de acción mencionados anteriormente y de otros programas conexos.

4.2.12 El Comité pidió al Presidente que, dentro de las posibilidades financieras, tomara las medidas necesarias para preparar un documento en el que se resumieran las recomendaciones y las medidas propuestas por los grupos de trabajo del IPCC. Este documento deberá ser distribuido, después de ser examinado por el Comité Especial, a los países donantes, así como a las organizaciones internacionales y a los demás grupos regionales.

ANEXO 1

ATRIBUCIONES DEL COMITE ESPECIAL DEL IPCC PARA LA PARTICIPACION DE LOS PAISES EN DESARROLLO

1. El Comité recomendará al IPCC y a su Mesa que adopten medidas específicas para promover la plena participación de los países en desarrollo en todas las actividades del IPCC.
2. Deberá especificar, si es necesario, las disposiciones institucionales y los calendarios de ejecución.
3. Deberá elaborar planes de acción para la ejecución de sus recomendaciones.
4. El Comité deberá determinar los recursos necesarios para alcanzar el objetivo definido en el apartado 1 anterior.
5. Deberá examinar periódicamente los progresos realizados en la aplicación de sus recomendaciones y procederá a las modificaciones que juzgue oportunas.
6. Trabjará en estrecha colaboración con los grupos de trabajo del IPCC.
7. El Comité Especial continuará su labor hasta que el IPCC lo disuelva.

ANEXO 2

Cuadro 1: Contribuciones al Fondo en Depósito Especial OMM/PNUMA del IPCC (1989)		
CONTRIBUYENTE	CANTIDAD (Fr.s.)	SUMA Y MONEDA RECIBIDA
Australia	24.963,05	\$ 15.175,00
Canadá	14.519,50	\$CAN 11.000,00
China	16.400,00	\$ 10.000,00
Dinamarca	7.550,00	\$ 5.000,00
Finlandia	7.950,00	\$ 5.000,00
Francia	25.303,00	FF 100.000,00
Rep. Fed. de Alemania	43.750,00	Fr.s. 43.750,00
Japón	75.500,00	\$ 50.000,00
Países Bajos	40.250,00	\$ 25.000,00
Noruega	25.050,00	\$ 15.000,00
Arabia Saudita	16.500,00	\$ 10.000,00
Suiza	55.000,00	Fr.s. 55.000,00
Reino Unido	90.578,85	£ 35.000,00
EE.UU.	199.500,00	\$ 120.000,00
PNUMA	125.000,00	Fr.s. 125.000,00
OMM	125.000,00	Fr.s. 125.000,00
TOTAL	Fr.s. 892.814,40	

- a) El presupuesto del IPCC se calcula en francos suizos (Fr.s.) que es la moneda del presupuesto de la OMM. El Secretario General de la OMM administra el Fondo en Depósito Especial OMM/PNUMA del IPCC, de conformidad con el Reglamento Financiero de la Organización.
- b) La cantidad asignada exclusivamente para sufragar los gastos de viaje de los países en desarrollo, en 1989, fue de 182.000 Fr.s.. Muchos contribuyentes permitieron cierta flexibilidad a la Secretaría del IPCC en cuanto a gastos, y muchos subrayaron su deseo de que al menos parte de sus contribuciones se asignara al apoyo para sufragar gastos de viaje de los países en desarrollo para participar en las reuniones del IPCC.
- c) La mitad de los gastos efectuados en 1989 con cargo al Fondo en Depósito del IPCC fue utilizada para sufragar gastos de viaje de los países en desarrollo.
- d) En 1989, la cuenta del Fondo en Depósito del IPCC arrojó un excedente que se ha traspasado a 1990. Sin embargo, el Fondo sufrió una grave y continua falta de efectivos durante el año 1989.
- e) El Gobierno de Noruega ha ofrecido 700.000 coronas noruegas a la Secretaría del IPCC para que organice un seminario de intercambio de información sobre cuestiones relativas al cambio climático para los países en desarrollo. Esta contribución no figura en las cuentas del Fondo en Depósito ya que se ha realizado a través de un Memorándum de Acuerdo especial.

A este respecto, cabe señalar que varios países han previsto organizar seminarios regionales sobre los mismos temas, a saber:

- Francia: Seminario sobre el calentamiento debido al efecto invernadero, que se celebraría a finales de 1990 o a principios de 1991, en colaboración con la Oficina del PNUMA para la energía y la industria;
- Japón: Seminario sobre el medio ambiente y el consumo de combustibles de origen fósil en la región del Pacífico (mediados de diciembre de 1990); seminario de intercambio de información para los países en desarrollo de Asia (finales de enero de 1991);
- España: organización de un seminario para los países en desarrollo hispanohablantes, durante el tercer trimestre de 1990;
- Australia: posibilidad de organizar un seminario conjuntamente con la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESAP).

Cuadro 2: Sumas recibidas, para el Fondo en Depósito del IPCC (1990)

MIEMBRO	CANTIDAD EQUIVALENTE (Fr.s.)
Australia	83.490(4)
Canadá	30.506(7)
Dinamarca	153.000(3)
Finlandia	15.743
Francia	48.573(5)
Rep. Fed. de Alemania	70.494(2)
Italia	83.500
Japón	75.500 pagados en 1989
Países Bajos	151.384
Noruega	33.985(6)
Suecia	43.075(8)
Suiza	30.000
Reino Unido	86.224(10)
EE.UU.	298.970(1)
PNUMA	329.000
OMM	125.000
Fundación Rockefeller	68.000
TOTAL	1.726.444
URSS	\$85.000(9)

- (1) De la contribución de los Estados Unidos de América, 100.000 dólares están destinados a apoyo para sufragar viajes de los países en desarrollo.
- (2) La contribución de la República Federal de Alemania es de 160.000 marcos alemanes para el IPCC y la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, conjuntamente. La contribución al IPCC es la mitad de esta cantidad.
- (3) La contribución de Dinamarca está destinada específicamente a apoyo para gastos de viaje y otro tipos de ayuda a los países en desarrollo con escasos ingresos para 1989 y 1990 (véase la lista en la página siguiente).
- (4) De la contribución de Australia, (20.000 dólares australianos) se asignaron a apoyo para gastos de viaje de los delegados procedentes del sur del Pacífico para la reunión del subgrupo sobre gestión de zonas costeras del Grupo de Trabajo III (Perth, 19-23 de febrero de 1990).
- (5) Además, Francia ha contribuido con 200.000 FF para aumentar el personal de la Secretaría del IPCC; el Secretario General de la OMM ha designado para la Secretaría del IPCC a un Funcionario Científico a tiempo completo destacado en a la OMM por el Gobierno francés.
- (6) Además, Noruega ha ofrecido 700.000 coronas noruegas para que se organice un seminario del IPCC para el intercambio de información sobre cuestiones relativas al cambio climático destinado a los países en desarrollo. Ello mediante un Memorándum de acuerdo.
- (7) La contribución de Canadá es una parte del total de 100.000 dólares canadienses; la contribución total de Canadá incluye la traducción de los tres informes de los grupos de trabajo del IPCC al francés.
- (8) Esto es además del apoyo proporcionado por Suecia a la cuarta reunión plenaria del IPCC.
- (9) La cantidad equivalente en rublos fue proporcionada por la URSS para sufragar viajes de expertos de los países en desarrollo a las reuniones del Grupo de Trabajo II.
- (10) Además, el Reino Unido puede aportar £100.000 para una serie de seminarios destinados a los responsables de políticas de países en desarrollo, mediante un Memorándum especial de Entendimiento, en forma semejante a la contribución de Noruega, a la que se hace referencia en el párrafo (6).



ORGANIZACION
METEOROLOGICA
MUNDIAL

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE LOS CAMBIOS CLIMATICOS



PROGRAMA DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA EL
MEDIO AMBIENTE

IPCC

PRESIDENCIA : SUECIA **VICEPRESIDENCIA** :

ARABIA SAUDITA

PONENTE : NIGERIA

MESA DEL IPCC

(16 MIEMBROS)

ORGANO DE COORDINACIÓN DURANTE LOS PERÍODOS
ENTRE REUNIONES DEL IPCC

GRUPO DE TRABAJO I

CIENCIA

PRESIDENCIA:
REINO UNIDO

VICEPRESIDENCIAS:

- BRASIL
- SENEGAL

GRUPO DE TRABAJO II

IMPACTOS

PRESIDENCIA:
URSS

VICEPRESIDENCIAS:

- AUSTRALIA
- JAPON

GRUPO DE TRABAJO III

ESTRATEGIAS
DE RESPUESTA

PRESIDENCIA:
EEUU

VICEPRESIDENCIAS:

- CANADA
- CHINA
- MALTA
- PAISES BAJOS
- ZIMBABWE

COMITE ESPECIAL SOBRE PARTICIPACION DE LOS PAISES EN DESARROLLO

PRESIDENCIA:
FRANCIA

SECRETARIA CONJUNTA OMM/PNUMA DEL IPCC
(SEDE EN LA OMM, GINEBRA)

1988-1990



ORGANIZACION
METEOROLOGICA
MUNDIAL

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE LOS CAMBIOS CLIMATICOS



PROGRAMA DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA EL
MEDIO AMBIENTE

IPCC

PRESIDENCIA : SUECIA **VICEPRESIDENCIA** :

ARABIA SAUDITA

PONENTE : NIGERIA

MESA DEL IPCC

(20 MIEMBROS)

ORGANO DE COORDINACIÓN DURANTE LOS PERÍODOS
ENTRE LAS REUNIONES DEL IPCC

GRUPO DE TRABAJO I

CIENCIA

PRESIDENCIA:
REINO UNIDO

VICEPRESIDENCIAS:

- ALEMANIA
- BRASIL
- INDIA
- SENEGAL

GRUPO DE TRABAJO II

IMPACTOS

PRESIDENCIA:
URSS

VICEPRESIDENCIAS:

- ARGENTINA
- AUSTRALIA
- JAPON
- KENIA

GRUPO DE TRABAJO III

OPCIONES
DE RESPUESTA

PRESIDENCIA:
EEUU

VICEPRESIDENCIAS:

- CANADA
- CHINA
- MALTA
- PAISES BAJOS
- PERU
- ZIMBABWE

SECRETARIA CONJUNTA OMM/ PNUMA DEL IPCC

(SEDE EN LA OMM, GINEBRA)

NOTE: El Comité especial para la participación de los países en desarrollo no se ha reunido desde que se publicó el primer informe de evaluación del IPCC (1990).