

El Medio ambiente en Europa: segunda evaluación

Capítulo 2. Cambio climático

European Environment Agency



2. Cambio climático

Resultados principales

La media anual de las temperaturas atmosféricas ha aumentado entre 0,3 y 0,6° C desde 1900. De acuerdo con los modelos climáticos, se prevén para el año 2100 nuevos aumentos de cerca de 2° C, respecto a los niveles de 1990, con incrementos superiores en el norte de Europa en comparación con el sur. Entre las posibles consecuencias, se encuentran la elevación del nivel del mar, tormentas, inundaciones y sequías más intensas y frecuentes, así como cambios en la biota y en la productividad de alimentos. La gravedad de estas consecuencias dependerá, en parte, del grado en que se apliquen las medidas de adaptación en los próximos años y decenios.

Para garantizar que el aumento de las temperaturas no supere 0,1° C por década, y que el nivel de los mares no aumente más de 2 cm por década (límites provisionales para asegurar la sostenibilidad), los países industrializados deberían reducir, para el año 2010, las emisiones de gases responsables del efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y diversos compuestos halogenados), al menos en un 30-55 por ciento, respecto a los niveles de 1990.

Estas reducciones superan con creces los compromisos adquiridos por los países desarrollados en la tercera conferencia de las partes signatarias del Convenio marco sobre el cambio climático (CMCC) de las Naciones Unidas, celebrada en Kyoto en diciembre de 1997, que consistían en reducir las emisiones de los gases responsables del efecto invernadero en la mayoría de los países europeos en un 8 por ciento, respecto a los niveles de 1990, para el año 2010. Algunos PECC se comprometieron a reducir para el 2010 las emisiones de estos gases entre un 5 por ciento y un 8 por ciento, respecto a los niveles de 1990, mientras que la Federación Rusa y Ucrania aceptaron estabilizar sus emisiones en los niveles de 1990.

Es poco probable que la UE consiga el objetivo original del CMCC, fijado en 1992, de estabilizar las emisiones de dióxido de carbono (el más importante de los gases responsables del efecto invernadero) en los niveles de 1990 para el año 2000, ya que, en la actualidad, la previsión para el 2000 es que las emisiones aumenten un 5 por ciento respecto a los niveles de 1990. Además, frente al objetivo de Kyoto de una reducción del 8 por ciento en la emisión de gases responsables del efecto invernadero para el 2010 (respecto a un “paquete” de seis gases, incluido el dióxido de carbono), la última hipótesis presentada por la Comisión Europea en la línea de “situación sin cambios”, y anterior a la reunión de Kyoto, implica un aumento del 8 por ciento en las emisiones de dióxido de carbono entre 1990 y el 2010; el incremento más importante (39%) correspondería al sector del transporte.

La propuesta de una de las medidas clave para el ámbito de la Comunidad, un impuesto sobre la energía/carbono, aún no ha sido adoptada, pero algunos países de Europa occidental (Austria, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos, Noruega y Suecia) ya lo han introducido. Además, se pueden aplicar otro tipo de medidas para reducir las emisiones de CO₂, como ya están haciendo varios países europeos y la UE. Entre estas medidas se incluyen programas de eficiencia energética, plantas mixtas de producción de energía y generación de calor, sustitución de combustibles cambiando el carbón por gas natural y/o leña, y medidas encaminadas a cambiar las modalidades del transporte y a permitir la absorción del carbono mediante la forestación (ampliación del sumidero de carbono).

El uso de la energía, en el que predominan los combustibles fósiles, es el factor clave de las emisiones de dióxido de carbono. En Europa occidental, las emisiones de dióxido de carbono procedentes de combustibles fósiles bajaron un 3 por ciento entre 1990 y 1995, debido a la recesión económica, la reestructuración industrial en Alemania y la sustitución del carbón por el gas natural para la generación de energía eléctrica. Los precios de la energía en Europa occidental durante la última década se han mantenido estables y relativamente bajos en comparación con los precios históricos, lo cual no ha fomentado la eficiencia. La intensidad energética (consumo final de energía por unidad de PIB) ha bajado sólo un 1 por ciento por año desde 1980.

Las pautas de uso de la energía cambiaron notablemente entre 1980 y 1995. El uso de energía aumentó en el sector del transporte en un 44 por ciento y descendió en la industria en un 8 por ciento, con un incremento en el uso de otro tipo de combustibles de un 7 por ciento; esto refleja principalmente un incremento del transporte por carretera, y un retraimiento en la industria pesada, intensiva en energía. El consumo total de energía aumentó en un 10 por ciento entre 1985 y 1995.

El aporte de la energía nuclear al total del suministro energético pasó de un 5 por ciento a un 15 por ciento en Europa occidental entre 1980 y 1994; Suecia y Francia dependen de la energía nuclear para cubrir cerca del 40 por ciento del total de sus necesidades de energía.

En Europa oriental, las emisiones de dióxido de carbono originadas por el uso de combustibles fósiles descendieron un 19 por ciento entre 1990 y 1995, debido principalmente a la reestructuración económica. El uso de energía en el transporte bajó un 3 por ciento en los PECO en este período y un 48 por ciento en los NEI. El uso de energía en la industria bajó un 28 por ciento en los países de Europa central y oriental y un 38 por ciento en los NEI. La intensidad energética es, en Europa central y oriental, unas tres veces superior a la de Europa occidental, y en los NEI unas cinco veces superior, por lo que existe un potencial considerable de ahorro energético. Partiendo de la hipótesis de “situación sin cambios”, se prevé que el uso de la energía en el año 2010 haya bajado un 11 por ciento respecto al de 1990 en los NEI, y haya aumentado un 4 por ciento respecto al de 1990 en los países de Europa central y oriental.

La aportación de la energía nuclear al total del suministro energético pasó de un 2 por ciento a un 6 por ciento en los NEI, y de un 1 por ciento a un 5 por ciento en los PECO entre 1980 y 1994. En Bulgaria, Lituania, y Eslovenia, la energía nuclear cubre cerca de la cuarta parte del total de las necesidades de energía.

Las emisiones de metano en los PECO y en los NEI descendieron un 40 por ciento entre 1980 y 1995. Sin embargo, todavía queda un amplio margen para futuras reducciones en toda Europa, particularmente en las redes de distribución de gas y en la minería del carbón. También podrían reducirse en toda Europa las emisiones de óxido nitroso procedentes de la industria y del uso de fertilizantes minerales.

Se ha registrado una rápida disminución de los niveles máximos de los CFC debido al cese gradual de su producción y uso. Sin embargo, el uso y la emisión de sus sustitutos, los HCFC (que también son gases de efecto invernadero), va en aumento, al igual que el de otros gases, recientemente identificados como responsables del efecto invernadero e incluidos en el “paquete” de gases sobre cuya emisión se acordaron en Kyoto objetivos de reducción: el SF6, los HFC y los PFC.

2.1 Introducción

Existe un amplio consenso respecto a la grave amenaza que el cambio climático representa en potencial para el medio ambiente mundial. De este problema se ha ocupado recientemente la tercera conferencia de las partes signatarias del Convenio marco sobre el cambio climático de Naciones Unidas (CMCC), celebrada en diciembre de 1997. El cambio climático ha sido identificado por la UE como uno de los temas medioambientales clave que habrá de ser abordado por el Quinto Programa de Acción sobre el Medio Ambiente.

El clima está fuertemente influido por cambios en la concentración atmosférica de ciertos gases que retienen la radiación infrarroja procedente de la superficie de la Tierra (el “efecto invernadero”). El vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera dan lugar a un efecto invernadero natural, sin el cual la superficie de la Tierra estaría a una temperatura 33° C por debajo de la actual (IPCC, 1990). Otros gases importantes responsables del efecto invernadero son el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), y los compuestos halogenados, como los CFC y los perfluorocarbonados (PFC).

En los últimos cien años las actividades humanas han generado un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y otros agentes contaminantes de la atmósfera. En el mismo período se ha registrado un aumento importante, en términos históricos, de la temperatura media mundial. Aunque no se sabe con certeza en qué medida puede atribuirse este calentamiento a los gases de efecto invernadero,

existe la evidencia de que las actividades humanas están causando un aumento del efecto invernadero o calentamiento mundial (IPCC 1996a).

El uso de combustibles fósiles es la causa más importante de la intensificación del efecto invernadero. Otras actividades que contribuyen al mismo son la agricultura y los cambios en el uso del suelo, incluida la deforestación; algunos procesos industriales como la producción de cemento y los vertederos; así como la refrigeración, la producción de agentes espumantes y el uso de disolventes.

Se prevé que el cambio climático resultante de este aumento del efecto invernadero tenga las siguientes consecuencias a gran escala:

- aumento del nivel del mar y posibles inundaciones de las zonas más bajas;
- deshielo de los glaciares y de los hielos oceánicos;
- cambios en la pautas de escorrentía, que pueden causar inundaciones y sequías; y

- cambios respecto a la aparición de extremos climáticos, especialmente temperaturas más elevadas.

Estos efectos del cambio climático tendrían un impacto sobre los ecosistemas, la salud, algunos sectores económicos clave, como la agricultura, y los recursos hídricos.

No se sabe con certeza cuál sería la gravedad de estos posibles efectos, aunque en los últimos años la comunidad científica internacional ha avanzado mucho en el estudio de las relaciones existentes entre las emisiones de gases con efecto invernadero, su concentración en la atmósfera, la temperatura y los costes económicos de las alteraciones. El Grupo intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) ha evaluado las posibles consecuencias de un incremento continuado de la concentración de gases con efecto invernadero como resultado de actividades humanas, mediante una serie de hipótesis, que abarcan un período hasta el año 2100, y que van desde una “situación sin cambios”, hasta aquéllas que suponen un crecimiento bajo y, en particular, una mayor orientación al uso de fuentes de energía no fósiles, e incrementos importantes de la eficiencia energética.

Las conclusiones del IPCC (IPCC, 1996a) admiten oscilaciones considerables; por ejemplo, la previsión del aumento de la media mundial de la temperatura oscila entre 1° C y 3,5° C para el año 2100. Muchos aspectos del cambio climático son inciertos, especialmente en el ámbito regional y local. La investigación europea ha contribuido a reducir esta incertidumbre, pero es necesario que siga adelante para mejorar, por ejemplo, los modelos climáticos a escala regional.

Aunque no se sabe con certeza en qué medida el cambio climático podría considerarse sostenible, las conclusiones en su conjunto apuntan en general a la necesidad de establecer una política de actuación para contener las emisiones de gas con efecto invernadero y controlar el calentamiento del planeta. También se reconoce que es importante calibrar hasta qué punto las consecuencias perjudiciales del cambio climático podrían reducirse mediante medidas de adaptación. El plazo para perfilar una política de actuación es un aspecto clave, porque hay un largo desfase entre la reducción de emisión de gases con efecto invernadero y la estabilización de concentraciones atmosféricas.

En este capítulo se exponen datos y análisis sobre algunos de los indicadores clave del cambio climático, sobre las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero, y sobre el uso de la energía como principal fuerza motriz de las alteraciones climáticas. Para concluir se ofrece un resumen de las políticas significativas para Europa.

2.2. Señales y consecuencias del cambio climático

Temperatura

La temperatura media mundial en la superficie de la Tierra ha aumentado entre 0,3° C y 0,6° C desde finales del siglo XIX (IPCC, 1996b). En 1997 (el año más caluroso registrado a escala mundial) la media de la temperatura mundial en superficie superó en 0,43° C la media de 1961 a 1990. La figura 2.1 muestra el promedio mundial de las temperaturas en superficie desde 1900, comparada con el promedio alcanzado entre 1961 y 1990.

La tendencia general en Europa (figura 2.2) es similar a la tendencia mundial: el decenio de 1990 fue el más caluroso. Las variaciones interanuales son mayores a escala europea que a escala mundial, porque la media temporal se calcula sobre un área más pequeña.

Aunque las previsiones del IPCC apuntan hacia un aumento de la media mundial de la temperatura de 2° C para el año 2100 respecto a 1990 (con un margen de incertidumbre entre 1° C y 3,5° C), pueden darse oscilaciones más amplias en el ámbito regional. Los modelos climáticos indican que la media de

40 Medio ambiente europeo

incrementos térmicos en Europa será similar a la de los aumentos previstos a escala mundial, con una mayor subida de la temperatura en latitudes elevadas que en latitudes bajas.

Elevación del nivel del mar

El calentamiento mundial tiene como consecuencia el calentamiento de los océanos, y por lo tanto su expansión, con un aumento del deshielo de los glaciares y de los hielos oceánicos. En consecuencia, el cambio climático afecta al nivel de los mares, que se ha elevado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y la oscilación de estos valores refleja las diferencias entre distintas partes del mundo. La tasa de incremento no parece variar; aunque no se sabe cuándo se inició el actual incremento, la tasa es significativamente más elevada que la del promedio de los últimos milenios (IPCC, 1996b).

De acuerdo con el modelo del IPCC, se prevé que, para el año 2100, el nivel del mar podría haberse elevado 50 cm (con una oscilación entre 15 y 95 cm) respecto al actual (IPCC, 1996b). Existe todavía una considerable incertidumbre sobre los resultados de los modelos, particularmente en lo referente a la aportación y a la evolución de los casquetes polares (IPCC, 1996b).

La elevación del nivel del mar tendría, entre otras, las siguientes consecuencias:

- inundaciones y desplazamientos de las zonas húmedas y de las tierras bajas;
- salinización de los estuarios; y
- daños en los acuíferos de agua dulce.

Figura 2.1 Temperatura media mundial, 1900-97

Desviación por año de la temperatura media anual de 1961 a 1990
media normal
Curva de Gauss filtrada

Fuente: OMM

Figura 2.2 Temperatura media europea, 1900-96

Desviación por año de la temperatura media anual de 1961 a 1990
media normal
Curva de Gauss filtrada

Fuente: ECSN European Climate Support Network

Las áreas de mayor riesgo son los deltas con mareas, las planicies costeras, las playas arenosas, los arrecifes, los humedales costeros y los estuarios. En Europa las áreas más afectadas serían los litorales de los Países Bajos, Alemania, los Estados Bálticos, Ucrania, y Rusia, así como algunos deltas del Mediterráneo (IPCC, 1997).

En 1990 vivían en Europa unos treinta millones de personas por debajo del nivel de la ola máxima que puede darse en un milenio; si el nivel del mar se elevara un metro, esta cifra se incrementaría hasta 40 millones (IPCC, 1997). Se prevé también que esta elevación del nivel del mar reduciría en un 45 por ciento las áreas de marismas en Europa y en un 35 por ciento otras zonas intermareales. Otras presiones en estas áreas incrementarían el impacto general, y podrían traer graves consecuencias para la biodiversidad, especialmente para las poblaciones de aves (IPCC, 1997).

Aparte de la elevación del nivel del mar, otros efectos del cambio climático podrían también afectar a las áreas de litoral. Por ejemplo, en los Países Bajos, un incremento del 10 por ciento en la intensidad tormentosa -el punto máximo de intensidad es sumamente importante- acompañado por cambios en la dirección de los vientos, podría causar mayores daños que una elevación del nivel del mar de 60 cm (Bijlsma y cols., 1996; Peerbolte y cols., 1991).

Las posibles respuestas al peligro de una elevación del nivel del mar, aplicables en combinación, son las siguientes:

- retirada organizada: abandono de tierras y edificios, y reubicación tierra adentro;
- adaptación: seguir usando las áreas afectadas pero teniendo presente la amenaza; y
- protección: defensa de las zonas vulnerables.

El coste de adaptación y de protección en caso de una elevación de un metro del nivel del mar ha sido evaluado en 12.300 millones de dólares para los Países Bajos, 1.400 millones de dólares para Polonia y 23.500 millones de dólares para Alemania (cantidades en US\$ de 1990) (Bijlsma y cols., 1996).

Se han realizado extensos estudios sobre los efectos y costes de los daños y de la adaptación en el Reino Unido (UK CCIRG, 1996). Cerca del 40 por ciento de la industria del Reino Unido se encuentra en áreas de litoral o próximas al mismo. En Inglaterra y Gales el 31 por ciento del litoral está urbanizado y existe una población de 26 millones de habitantes en grandes núcleos de población costeros, así como un 8 por ciento de tierras agrarias de calidad (“grados 1-3”) que son zona anegable por estar a menos de cinco metros sobre el nivel del mar (Whittle 1990). De estas tierras, 198.000 hectáreas constituyen el 57 por ciento de las mejores tierras agrarias (“grado 1”) de Inglaterra y Gales. Aunque se trata de terrenos mejor protegidos frente a las inundaciones, en circunstancias climatológicas extremas podrían inundarse, y la capa freática superior dificultaría el drenaje y provocaría la salinización de los suelos, con el consiguiente deterioro de la productividad agraria. En otros lugares pueden darse efectos similares.

Aunque no se ha evaluado el coste global de la protección del Reino Unido, el correspondiente a la zona de East Anglia, en caso de una elevación de 80 cm (que supondría 2.300 millones de dólares en daños), sería de 800 millones de dólares, según las estimaciones realizadas.

Precipitación

Se ha registrado un cambio en las pautas y promedios de la precipitación en Europa a lo largo de este siglo. Sin embargo, es difícil determinar claramente las tendencias, debido al amplio margen de variabilidad natural. En términos generales, la precipitación en Europa ha aumentado en la mitad norte y ha disminuido en el sur. Desde 1900, la precipitación en el norte de Escandinavia ha ido creciendo

cerca de un 5 por ciento por siglo; en otros países del norte de Europa se han registrado unos incrementos de un 2 por ciento por siglo (IPCC, 1996b). En el sur de Italia y de Grecia se han registrado unos decrementos cercanos al 5 por ciento por siglo. En Escocia, un estudio de los datos registrados de 1757 a 1992 muestra incrementos significativos en la precipitación anual, en especial a partir de los últimos años de la década de 1970, a la vez que una disminución de las lluvias estivales (Smith, 1995).

Todos los modelos del cambio climático indican que subirá la media mundial de precipitación, si bien los incrementos en Europa estarán por debajo de esta media. Aunque la precipitación tiene un importante efecto directo sobre las plantas, la humedad edáfica puede ser de mayor importancia para controlar el crecimiento de las plantas y su supervivencia. El calentamiento del planeta afecta a la humedad edáfica porque incrementa la evaporación y provoca modificaciones de la escorrentía; los resultados de los modelos indican que la humedad edáfica en Europa podría disminuir como consecuencia de estos procesos.

Hidrología y recursos hídricos

Los glaciares de los Alpes están en retroceso desde mediados del siglo XIX (Haeberli y Hoelzle, 1995), lo cual ha tenido una influencia determinante en las pautas estacionales del caudal de los ríos. Pero en este mismo período, la intervención humana en el ciclo hidrológico ha ido en aumento, lo cual ha contribuido a ocultar los efectos del cambio climático. En las últimas décadas, el caudal de los ríos se ha incrementado en el norte de Europa (McMichael y cols., 1996), lo que concuerda con el incremento observado en la precipitación (Dai y cols., 1997).

42 Medio ambiente europeo

Es probable que los cambios climáticos intensifiquen los problemas del agua en zonas de Europa que ya son especialmente sensibles en materia hidrológica: la región mediterránea, los Alpes, el norte de Escandinavia, las zonas litorales, y Europa central y oriental (IPCC, 1997).

El calentamiento mundial puede acarrear la desaparición del 95 por ciento de la masa glaciaria de los Alpes europeos en los próximos 100 años (Haeberli y Hoelzele, 1995). Además, por cada 1° C de incremento en la temperatura local, la línea de nieves subiría 150 m. Estos cambios afectarían a la escorrentía y al caudal de los ríos en términos temporales y volumétricos. Es difícil prever las consecuencias que todo ello tendría en el ciclo hidrológico, pero entre ellas habría que incluir un posible aumento de la intensidad y frecuencia de las avenidas y una posible disminución de la calidad del agua debida a la intrusión de agua salina en los acuíferos del litoral y a una ralentización de los caudales fluviales. La calidad del agua se vería especialmente afectada en aquellas zonas que ya tienen problemas de salinización debido a una sobreexplotación de los acuíferos (IPCC, 1997).

Ecosistemas, agricultura y silvicultura

Es difícil predecir la reacción global de los ecosistemas a un cambio en la temperatura, la precipitación y la humedad edáfica, el dióxido de carbono en la atmósfera y otros factores que cambian con el clima; los efectos que puede tener el cambio climático sobre la flora y la fauna natural, así como sobre la agricultura y la silvicultura, serán complejos. No existen datos fidedignos que permitan establecer una relación entre cambios que han tenido lugar en el pasado y el actual cambio climático, y cualquier previsión es meramente aproximativa y está sujeta a una incertidumbre considerable.

En lo que respecta a las distintas especies silvestres, el mayor impacto previsto afectará a cambios en la distribución geográfica (Huntley, 1991). Un incremento de 1° C en el promedio anual de temperatura equivale a un desplazamiento hacia el norte de 200-300 km, o a uno de 150-200 m de altitud.

En Europa, un incremento de 2° C en la temperatura a lo largo de 50 años llevaría a un desplazamiento de las zonas climáticas hacia el norte proporcionalmente más rápido que la capacidad migratoria de muchas especies vegetales. Además, en las zonas montañosas, la redistribución de plantas hacia zonas más altas podría verse dificultada si no hubiera zonas adecuadas donde migrar. Las posibilidades de migración se verían limitadas, en muchas partes de Europa, debido al uso intensivo de la tierra.

El cambio climático podría tener una amplia gama de efectos sobre la agricultura y la silvicultura, que afectarían a zonas de crecimiento, temporadas de cultivos y productividad. El incremento de la variabilidad climática podría poner seriamente en peligro algunos cultivos al aumentar la posibilidad de fenómenos climáticos tales como las heladas tardías. Algunos estudios muestran que el calentamiento mundial podría provocar un incremento en la producción agraria de gran parte de Europa (Peris y cols., 1996), pero también podrían aumentar algunas plagas y enfermedades (UK CCIRG, 1991).

El impacto perjudicial del cambio climático podría reducirse aplicando diversas medidas de adaptación (IPCC, 1997). Cabría reducir la vulnerabilidad de la flora y la fauna natural aminorando otro tipo de presiones o permitiendo la migración. En cuanto a la agricultura, se podrían modificar las fechas de las siembras o utilizar variedades de maduración más tardía. Otra opción sería implantar cultivos propios de zonas más cálidas. Entre las opciones para la silvicultura, se incluyen la mejora del control de incendios, plagas y enfermedades, y la reforestación.

2.3 Concentraciones de gases de efecto invernadero y su aportación al calentamiento mundial

La aportación de los gases de efecto invernadero al calentamiento mundial, y por ende sus efectos sobre el nivel del mar, la precipitación y los ecosistemas, depende de su concentración atmosférica, del tiempo que permanezcan en la atmósfera y de su capacidad para retener las radiaciones.

Gas	Principales fuentes antropogénicas	Contribución (%)
CO ₂	Uso de energía, deforestación y cambios en el uso de la tierra, producción de cemento	65
CH ₄	Producción y uso de energía, animales, arrozales, residuos, vertederos, quema de biomasa, aguas residuales	20
Compuestos halogenados	Industriales, refrigeración, aerosoles, agentes espumantes, disolventes	10
N ₂ O	Suelos fertilizados, rozas, producción de ácidos, quema de biomasa, uso de combustibles fósiles	5

Por ejemplo, las concentraciones atmosféricas de los CFC son importantes a pesar de ser muy pequeñas, porque su tiempo de permanencia ronda los 100 años, y cada una de las moléculas de estos gases produce un efecto invernadero miles de veces superior al de las moléculas de dióxido de carbono. Para comparar el impacto de los distintos gases se suele utilizar como indicador el potencial de calentamiento atmosférico (PCA) relativo al CO₂, dándose a éste un valor de 1. Los valores del PCA dependen en gran medida del período de tiempo considerado. Algunos ejemplos de valores del PCA para un período de 100 años son: 21 para el CH₄, 310 para el N₂O y varios miles de unidades para algunos compuestos halogenados (IPCC, 1996b). Se denomina “equivalente de CO₂” la unidad de medida para emisiones que considera los valores de PCA.

La tabla 2.1 muestra el porcentaje actual de aportación de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero al calentamiento mundial, así como las fuentes principales de estos gases (para una descripción más detallada, véase el apartado 2.4).

Aparte de los gases mencionados en la tabla 2.1, está también el ozono troposférico (O₃), que puede también incrementar el calentamiento del planeta. De acuerdo con las estimaciones del IPCC, en la actualidad el O₃ aumenta en un 16 por ciento el efecto global de calentamiento generado hasta la fecha por las principales emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.

Los aerosoles, consistentes en pequeñas partículas o gotas diminutas, ya sean directamente emitidas (aerosoles primarios) o formadas en la atmósfera a partir de SO₂, NO_x y amoníaco (aerosoles secundarios), pueden producir un enfriamiento directo, al dispersar la luz solar; e indirecto, al modificar las propiedades de las nubes. Se desconoce cuál pueda ser la magnitud de este efecto. De acuerdo con los modelos del IPCC, los aerosoles han compensado hasta la fecha un 50 por ciento del total del calentamiento provocado por los principales gases de efecto invernadero. Sin embargo, a diferencia de éstos, los aerosoles tienen un tiempo de vida atmosférica corto, por lo cual no llegan a distribuirse por todo el planeta. Tienen pues un efecto de corta duración y de carácter regional, y éste se produce principalmente en Europa, Estados Unidos y China. En cualquier caso, la producción de aerosoles secundarios está disminuyendo a consecuencia del descenso de las emisiones de SO₂ y NO_x registrado en Europa (véase el capítulo 4, apartado 4.5); así pues, el efecto de enfriamiento puede ser menos importante en Europa que en otras regiones, por ejemplo en China.

Dado el amplio margen de variación del tiempo de permanencia en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, el marco temporal de la aportación de estos gases al calentamiento del planeta puede oscilar entre 20 años y milenios. El desfase entre reducción de emisiones y estabilización de concentraciones atmosféricas es considerable. Si se espera a que se manifiesten los efectos del cambio climático para emprender las actuaciones destinadas a contrarrestarlo, pasará mucho tiempo antes de que éstas lleguen a ser efectivas.

Figura 2.3 Concentraciones de CO₂, 1958-95

Schauinsland (Alemania)

Mauna Loa (Hawaii)

Fuente: Thoning y cols., 1994; Fricke y Wallasch, 1994

Figura 2.4 Concentraciones de CH₄, 1983-96

Mauna Loa (Hawai)

Mace Head (Irlanda)

Fuente: Dlugokencky y cols., 1993; Prinn y cols., 1983; Prinn y cols., 1997

Figure 2.5 Concentraciones de N₂O, 1978-96

Point Matatula, Samoa estadounidense

Adrigole, Irlanda

Mace Head, Irlanda

Fuente: Prinn y cols., 1983; Prinn y cols., 1990;

Prinn y cols., 1997.

Las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O han aumentado significativamente desde la era preindustrial. Las concentraciones de compuestos halogenados, que no son de origen natural, han crecido rápidamente en las últimas décadas debido a la generalización del uso de estos compuestos (véase el capítulo 3, figura 3.4). Las concentraciones de halones, clorofluorocarbonos (CFC), 1,1,1-tricloroetano y tetracloruro de carbono están disminuyendo.

La concentración de dióxido de carbono ha aumentado en un 30 por ciento, desde los niveles preindustriales de cerca de 280 ppmv a 358 ppmv en 1995, y su índice de crecimiento anual está próximo a 1,5 ppmv. La figura 2.3 muestra la media mensual de concentraciones registrada en Mauna Loa (Hawái), y en el monte Schauinsland (Alemania). Mauna Loa es un lugar remoto y poco afectado por fuentes locales, por lo que es un buen indicador de concentraciones medias mundiales. Las variaciones estacionales corresponden a la absorción de anhídrido carbónico que efectúan las plantas en la época de crecimiento.

En 1995 la media mundial de concentración de metano rondaba las 1720 ppmmv, es decir, aproximadamente dos veces y media el promedio preindustrial, de unas 700 ppmmv; y actualmente tiene un crecimiento anual de unos 8 ppmmv al año. La figura 2.4 muestra los resultados registrados en Mauna Loa y en un lugar de Irlanda. Las concentraciones en Irlanda, más elevadas, reflejan emisiones regionales mayores.

En 1995 las concentraciones medias anuales de óxido nitroso se estimaban, aproximadamente, en 312 ppmmv, lo cual representa un incremento cercano al 15 por ciento respecto a los niveles preindustriales. El índice de crecimiento actual está próximo a 0,5 ppmmv. La figura 2.5 muestra los resultados de las mediciones realizadas en Point Matatula (Samoa estadounidense) e Irlanda.

Sustancias relacionadas y otros efectos

Algunos gases de efecto invernadero y otras sustancias potenciadoras del mismo pueden tener otros efectos sobre el medio ambiente, aparte del calentamiento mundial. Muchos de estos efectos se describen en otros capítulos, por lo que no se tratan en éste. No obstante, estos problemas pueden estar relacionados unos con otros, y las actuaciones para controlar de forma aislada uno de ellos pueden tener tanto efectos beneficiosos como perjudiciales. Por ejemplo:

- la disminución de las emisiones de CFC para prevenir el agotamiento del ozono estratosférico reduce a su vez el calentamiento mundial provocado directamente por estos gases, pero no el efecto indirecto de enfriamiento producido por el agotamiento del ozono estratosférico;
- la disminución de las emisiones de metano para reducir el calentamiento mundial reduce también los niveles de fondo del ozono troposférico;

Figure 2.6 Emisiones mundiales de CO₂

Oceanía
 América del Norte
 Oriente Medio
 Extremo Oriente
 Países asiáticos con economía de planificación centralizada
 América central y América del Sur
 África
 Europa oriental
 Europa occidental

Fuente: Marland y Boden, 1997

- la disminución de las emisiones de SO₂, NO_x y amoníaco reduciría la acidificación. Sin embargo tendría un efecto secundario: la reducción de aerosoles de sulfato y nitrato, que producen un enfriamiento a escala regional; y
- la disminución de las emisiones de humo procedentes de los combustibles fósiles (hollín), sustancia que potencia el efecto invernadero, reduce a su vez el calentamiento mundial y la contaminación urbana.

2.4 Tendencias de las emisiones de gases de efecto invernadero

Dióxido de carbono

La principal fuente antropogénica de dióxido de carbono es el uso de combustibles fósiles para la producción directa de calor y para la energía eléctrica, así como para el transporte y la industria. Otras fuentes importantes son el cambio en el uso de la tierra y la producción de cemento. Los sistemas naturales emiten y absorben gran cantidad de CO₂ en el ciclo natural del carbono, mediante la fotosíntesis y la respiración. Estos procesos están normalmente equilibrados y, por tanto, no provocan emisiones netas. Las actividades humanas pueden perturbar estos sistemas y provocar una emisión neta (p. ej., mediante la destrucción de un bosque) o una absorción neta o sumidero (p. ej., mediante la reforestación).

En el ámbito mundial, las fuentes principales son el uso de combustibles fósiles (77%), los procesos industriales, como la producción de cemento (2%), y los cambios en el uso de la tierra (21%). En Europa la distribución es otra: combustibles fósiles (98%) y procesos industriales (2%), mientras que el uso de la tierra podría ser en realidad un sumidero, ya que posiblemente absorbe cerca del 13% del CO₂ emitido en Europa. La incertidumbre en las estimaciones sobre cambios en el uso de la tierra como fuente de emisiones es mucho mayor que sobre los otros factores. La figura 2.6 muestra las emisiones mundiales (sólo las liberadas por el uso de combustibles fósiles y la producción de cemento) desde 1950. En la actualidad, Europa es responsable del 29% de las emisiones antropogénicas procedentes del uso de combustibles y de la industria.

La figura 2.7 muestra con más detalle las tendencias en el conjunto de emisiones de CO₂ en Europa desde 1980. El descenso significativo de las emisiones en los PECO, y en los NEI (20% entre 1990 y 1995) obedece a la reestructuración económica.

El descenso del 3 por ciento en las emisiones de Europa occidental entre 1990 y 1995 corresponde principalmente al descenso en el índice de crecimiento económico e industrial, a la reestructuración industrial en Alemania y a la sustitución del uso del carbón por el gas natural para la generación de energía eléctrica.

Figura 2.7 Emisiones de CO₂ en Europa, 1980-94

millones de toneladas
Nuevos Estados Independientes
Europa central y oriental
Europa occidental

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Figura 2.8 Emisiones de CO₂ per cápita en Europa, durante 1994

Europa occidental
Europa central y oriental
Nuevos Estados Independientes

Luxemburgo
Dinamarca
Bélgica
Finlandia
Países Bajos
Alemania
Reino Unido
Irlanda
Noruega
Islandia
Grecia
Austria
Liechtenstein
Suecia
Italia
Francia
Suiza
España
Portugal

Estonia
Malta
República Checa
Polonia
Bulgaria
República Eslovaca
Eslovenia
Hungría
Lituania
Letonia
Rumania
República Exyugoslava de Macedonia
Croacia
Turquía
Bosnia - Herzegovina
Albania

Federación Rusa
Ucrania
Bielorrusia
Azerbaiyán
Moldavia
Georgia
Armenia

miles de toneladas per cápita

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

En la figura 2.8 se muestran las emisiones de CO₂ per cápita. Las variaciones que se aprecian entre los distintos países son aproximadamente equivalentes en cada uno de los tres grupos de países (el alto nivel de emisiones per cápita en Luxemburgo se explica por la relación entre una población pequeña y una industria siderúrgica importante, así como por unos precios del combustible relativamente bajos).

Las comparaciones entre distintos niveles de riqueza resultan sumamente orientativas respecto a las tendencias más previsibles en materia de emisiones. La figura 2.9 muestra las emisiones de CO₂ por unidad de PIB en 1994. Con la excepción de algunas zonas de la antigua Yugoslavia y de Albania, estas emisiones son considerablemente más importantes en Europa central y oriental (3,3 toneladas/\$) y en los Nuevos Estados Independientes (2,4 toneladas/\$) que en Europa occidental (0,55 toneladas/\$). Estas cifras reflejan la falta de eficiencia en el uso de la energía en Europa oriental, así como la preponderancia en esta zona de una industria pesada caracterizada por el uso intensivo de energía.

En Europa occidental, el sector más importante desde 1900 ha sido el de suministro energético, especialmente la generación de electricidad (figura 2.10). En este período se registró un descenso de las emisiones de origen industrial y un incremento de las emisiones de transporte, lo que ha llevado a cifras de emisiones equivalentes. La diferencia fundamental entre los países occidentales y los de la región central y oriental consiste en que, en estos últimos, el transporte contribuye en menor medida a las emisiones, mientras que la industria y el suministro energético tienen una aportación mayor que en Europa occidental. Entre 1990 y 1995 se registró, en Europa central y oriental, un descenso de las emisiones en todos los sectores, pero es previsible que experimenten un aumento en el transporte por carretera similar al que se ha registrado en Europa occidental.

Metano

Las emisiones antropogénicas mundiales de metano ascienden a 375 millones de toneladas anuales; de las cuales, un 27 por ciento están producidas por el uso de combustibles fósiles. Las emisiones europeas constituyen cerca del 11 por ciento del total mundial. Las fuentes principales son las fugas en las redes de distribución de gas natural, la minería del carbón y la agricultura (principalmente rumiantes y arrozales). Las fuentes naturales, como los humedales, también son significativas y pueden constituir cerca de un 20 por ciento de las emisiones mundiales (IPCC, 1996b).

En la figura 2.11 se muestran las tendencias principales de las emisiones en Europa desde 1980. Los datos disponibles son menos fiables que los correspondientes a las emisiones de CO₂, porque las fuentes principales son agrarias y su cuantificación es menos exacta. Los datos relativos a Europa oriental son menos seguros que los de Europa occidental, y los datos anteriores a 1990 podrían no ser comparables con otros posteriores.

Figura 2.9 Emisiones de CO₂ por unidad de PIB, en 1994

Europa occidental
Europa central y oriental
Nuevos Estados Independientes

Luxemburgo
Dinamarca
Bélgica
Finlandia
Países Bajos
Alemania
Reino Unido
Irlanda
Noruega

Islandia
Grecia
Austria
Liechtenstein
Suecia
Italia
Francia
Suiza
España
Portugal

Estonia
Malta
República Checa
Polonia
Bulgaria
República Eslovaca
Eslovenia
Hungría
Lituania
Letonia
Rumania
República Exyugoslava de Macedonia
Croacia
Turquía
Bosnia - Herzegovina
Albania

Federación Rusa
Ucrania
Bielorrusia
Azerbaiyán
Moldavia
Georgia
Armenia

kg por US\$

Nota: en US\$ de 1994

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Figura 2.10 Emisiones de CO2 por sectores

Europa occidental
Europa central y oriental

otros
hogares
transporte
industria
energía

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

En la figura 2.12 se muestran los cambios en la aportación porcentual de los distintos sectores a las emisiones de metano entre 1980 y 1995. No se han registrado cambios importantes desde 1980 en la distribución proporcional por sectores. Las emisiones resultantes de la producción de energía proceden principalmente de las minas de carbón y de las fugas en las redes de distribución de gas. La eliminación de residuos (incluida aquí en industria) constituye una fuente importante, ligada a las altas emisiones de los vertederos. También la agricultura es una fuente importante: la mayor aportación corresponde al metano liberado por las vacas.

Óxido nitroso

Las emisiones antropogénicas mundiales de N₂O se estiman entre 3 y 8 millones de toneladas anuales. La falta de exactitud en las mediciones se debe al desconocimiento parcial de los procesos implicados y a sus diferencias en distintas partes del mundo. A escala mundial, la mayor fuente de emisiones procede de los suelos agrarios fertilizados. Del sector industrial proceden algunas emisiones importantes liberadas por procesos industriales específicos, como la producción de ácido adípico (para la fabricación de nailon), y la de ácido nítrico (que es importante en algunas zonas, especialmente en Europa). Las emisiones liberadas por combustibles fósiles son poco importantes.

En la figura 2.13 se muestran las tendencias de las emisiones en Europa desde 1980. Como en el caso del metano, los datos son menos fiables que los que se manejan por las emisiones de CO₂, dado que las fuentes principales son agrarias y su cuantificación es menos exacta.

En Europa central y oriental, las emisiones de óxido nitroso liberadas por la agricultura han experimentado un descenso, debido al menor uso de fertilizantes (figura 2.14) También han experimentado un descenso, aunque de menor cuantía, las emisiones industriales —sobre todo las liberadas por la producción de ácido nítrico y de nailon— a consecuencia de la reestructuración económica. En Europa occidental las emisiones industriales han experimentado un ligero descenso, mientras que las emisiones de origen agrario se han estabilizado. Las emisiones procedentes del transporte por carretera han aumentado en Europa occidental. El tráfico rodado ha crecido, pero el incremento de las emisiones se debe en gran medida a la introducción de los catalizadores de tres vías, que reducen sustancialmente las emisiones de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos, pero liberan una pequeña emisión de óxido nitroso.

Gases halogenados

Las tendencias de las emisiones de gases halogenados, como los CFC, se exponen en el capítulo 3. Mientras que las emisiones de CFC han experimentado un rápido descenso desde su prohibición por el Protocolo de Montreal (véase el capítulo 3), las emisiones de gases sustitutos, sobre todo los HCFC y los HFC, que también son gases de efecto invernadero, van en aumento. Otros gases con un importante potencial de efecto invernadero, tales como los perfluorocarburos (p. ej., el CF₄ y el C₂F₆) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), se emiten sólo en pequeñas cantidades, por lo cual tienen un impacto limitado en el calentamiento mundial. Los datos disponibles sobre este tipo de emisiones no son suficientes para establecer tendencias, pero, dada su larga vida atmosférica y su gran potencial de calentamiento, pueden llegar a ser relevantes si las emisiones siguen aumentando. En la figura 3.4 se muestran las tendencias de las concentraciones atmosféricas de algunos de estos gases.

Figura 2.11 Emisiones de CH₄ en Europa, 1980-95

millones de toneladas

Nuevos Estados Independientes

Europa central y oriental

Europa occidental

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Figura 2.12 Emisiones de CH₄ por sectores

otros

hogares

agricultura

transporte

industria

energía

Europa occidental

Europa central y oriental

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Resumen de las emisiones de gases con efecto invernadero en Europa

En la figura 2.15 se muestran las emisiones (en equivalente CO₂) de CO₂, CH₄ y N₂O, procedentes de Europa occidental, y de Europa central y oriental, en términos absolutos y per cápita. Mientras que en términos absolutos, las de Europa central y oriental son menores, las emisiones per cápita son similares en ambas zonas.

En total, las emisiones europeas durante 1994 representan cerca del 30 por ciento (margen de incertidumbre del 24 al 38%) del total de la aportación antropogénica al calentamiento mundial, considerando un horizonte temporal de 100 años para el cálculo del equivalente CO₂.

2.5 Fuerzas motrices

El uso de la energía, el sector de la agricultura, la eliminación de residuos y las actividades industriales son las principales fuerzas motrices del cambio climático. El problema crítico es el de la estabilización de las concentraciones de dióxido de carbono, y la clave del problema está en la reducción del uso de combustibles fósiles. Es posible reducir las emisiones de metano aplicando medidas tales como el mayor uso del reciclaje (en vez de vertederos) y la reducción de fugas en los gasoductos. Los CFC están siendo eliminados, pero ha aumentado el uso de sustitutos inofensivos para el ozono, y algunos son también gases con efecto invernadero (véase el capítulo 3, apartado 3.4). Dado que los desarrollos en el uso de combustibles sólidos son fundamentales para el problema del cambio climático, este capítulo se centra en la energía y la eficiencia energética. La información sobre la relación de este problema con el transporte se trata en el capítulo 4, apartado 4.6.

2.5.1 El uso de la energía, factor dominante

El uso de la energía ha experimentado en todo el mundo un incremento sin precedentes a lo largo de la mayor parte de este siglo y, a pesar de que en las últimas décadas ha ido aumentando la aportación de la energía nuclear y de las energías renovables, los combustibles fósiles cubren, todavía hoy, más del 90 por ciento de las necesidades energéticas mundiales (PNUMA, 1994). Desde 1990, el crecimiento en la demanda de energía se ha ralentizado, debido fundamentalmente a las reducciones en el consumo en Europa oriental.

En la figura 2.16 se muestra el crecimiento progresivo del consumo final de energía (la utilizada por los consumidores, sin incluir las pérdidas en la producción y en la distribución) en Europa oriental, con un incremento total del 10 por ciento entre 1985 y 1995. El consumo de energía experimentó, entre 1990 y 1995, un descenso del 18 por ciento en los países de Europa central y oriental, y del 26 por ciento en los Nuevos Estados Independientes. Globalmente, el uso de energía en Europa bajó un 11 por ciento entre 1990 y 1995.

En la figura 2.17, se muestran los cambios en la distribución por sectores del consumo final de energía en Europa, entre 1980 y 1995. El cambio más acusado en Europa occidental se registró en el sector del transporte, con un incremento cercano al 44 por ciento. En el mismo período, el uso de la energía en el sector industrial bajó un 8 por ciento, mientras que otros usos de combustible aumentaron un 7 por ciento; lo cual refleja el incremento del transporte por carretera y un descenso en el uso intensivo de energía por parte de la industria.

Desde 1990, el uso de energía en Europa central y oriental ha experimentado un descenso del 3 por ciento en transporte, 28 por ciento en industria y 15 por ciento en otros sectores. En los NEI, los cambios fueron más acusados, con descensos del 48 por ciento en transporte, 38 por ciento en industria y 30 por ciento en otros sectores. Algunos cambios en los NEI pueden ser sólo aparentes, debido a las diferencias

millones de toneladas
Europa central y oriental
Europa occidental

Nota: Europa occidental excluida España; Europa central y oriental: sólo Bulgaria, Croacia, República Checa, Hungría, Rumania y Eslovaquia
Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Figura 2.14 Emisiones de N₂O por sectores

otros
hogares
agricultura
transporte
industria
energía

0,5%

Europa occidental
Europa central y oriental

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

en las definiciones utilizadas, pero el amplio descenso en el total del uso de energía en estos países es real y refleja los cambios económicos acaecidos desde 1990.

En la figura 2.18 se muestran los cambios porcentuales de la aportación de los distintos tipos de combustibles al suministro primario de energía para todos los usos, incluida la generación de electricidad. En términos generales, se aprecia una reducción en el uso del carbón y del petróleo en favor de la energía nuclear y de las energías renovables. El gas natural libera menos CO₂ por unidad de energía producida que el carbón o el petróleo, mientras que la generación de energía nuclear y de las energías renovables no libera CO₂, por lo que este cambio ha producido un descenso de las emisiones de CO₂. El cambio más radical, a la vez que relevante para el cambio climático, es la reducción de la aportación del carbón y el petróleo al suministro primario de energía en Europa occidental entre 1980 y 1995: el carbón bajó del 24 por ciento al 22 por ciento, y el petróleo del 52 por ciento al 44 por ciento. Entre 1980 y 1994 la energía nuclear se multiplicó por tres en Europa occidental y en los NEI, y por seis en Europa central y oriental. En Bélgica, Suiza, Lituania, Bulgaria y Eslovenia la energía nuclear representa más del 20 por ciento del total (bruto) del consumo de energía; en Francia y Suecia el porcentaje es superior al 40 por ciento.

2.5.2 Precios de la energía

La demanda de energía, la utilización de un combustible u otro y la inversión en la conservación y la mejora de la eficiencia energética se ven muy influidas por los precios. Existe una fuerte correlación negativa entre consumo y precios de la energía en los países desarrollados. La figura 2.19 muestra los movimientos de los precios de la energía desde 1978. Por regla general, el precio del crudo es una buena referencia, dado que suelen depender de él los de otras fuentes de energía, como el gas natural, los derivados del petróleo y el carbón. El consumo de energía está también determinado por otros factores, como la competencia internacional, que pueden exigir reducciones en los costes de producción industrial.

2.5.3 Eficiencia energética

Cuando la energía es barata, el incentivo para incrementar la eficiencia de su uso es menor, por muy fácil y asequible que resulte hacerlo. No existe un indicador sencillo de la eficiencia energética a escala nacional o europea, pero la intensidad energética (consumo de energía por unidad de PIB) está relacionada con la eficiencia energética, aunque también influyan en ella de forma significativa otros factores, como la sustitución de mano de obra por energía y la estructura económica.

En la figura 2.20 se muestran los cambios registrados en la intensidad energética en Europa desde 1986. En Europa occidental, el progresivo descenso en intensidad energética, un promedio anual del 1 por ciento, es consecuencia de la combinación de un ligero aumento en el consumo de energía (véase la figura 2.16), unido a un índice de crecimiento del PIB ligeramente superior. Durante este período, la eficiencia en el uso de la energía ha experimentado un ligero incremento, a la par de los cambios estructurales en la industria: la industria pesada, intensiva en energía, ha dado paso a los servicios, mucho menos intensivos en energía. Sin embargo, hay indicios recientes de que la intensidad energética tiende a estabilizarse; ya se han implantado muchas de las medidas de mejor relación coste/resultados para incrementar la eficiencia energética (OCDE/OIE, 1996 y 1997),

Figura 2.15 Emisiones de gases con efecto invernadero en Europa, en equivalente CO₂, durante 1994

toneladas equivalentes de CO₂
toneladas equivalentes de CO₂ per cápita
Europa occidental
Europa central y oriental

Europa occidental
Europa central y oriental

Fuente: AEMA-ETC/AE, 1997

Figura 2.16 Consumo de energía en Europa, 1980-95

millones de tep

Europa occidental

NEI

Europa central y oriental

Fuente: Eurostat, OIE

y, en la mayoría de los países, ya se ha llevado a cabo la parte más importante de la reestructuración económica, consistente en el paso de una industria de alta intensidad energética a una economía de servicios.

En Europa oriental, la intensidad energética es más elevada por diversas razones, entre las que destacan: la relativa ineficiencia de la producción de energía; el uso intensivo (a consecuencia de unos precios de la energía históricamente bajos); un valor añadido generalmente bajo en la producción económica; y una elevada proporción de industrias intensivas en energía. En Europa central y oriental se aprecia un descenso en la intensidad energética, mientras que en los NEI se registró un aumento de la misma hasta 1992, año a partir del cual ha permanecido relativamente estable. Las diferencias entre los PECO y los NEI se deben a un mayor descenso en el PIB de los NEI desde 1990. El total del consumo energético per cápita es similar al de Europa occidental, pero el PIB es mucho más bajo, de ahí que la intensidad energética sea cuatro veces más alta en Europa central y oriental, y seis veces más alta en los Nuevos Estados Independientes. Las variaciones que se aprecian entre los distintos países en Europa central y oriental son mucho mayores que las que se dan entre los países occidentales. Es evidente que queda un amplio margen para futuras reducciones de la intensidad energética en Europa oriental.

Son muchas las mejoras que se pueden conseguir en la eficiencia energética mediante avances técnicos como, por ejemplo, los vehículos y electrodomésticos más eficientes y el mejor aislamiento de los edificios. Tales mejoras no redundan necesariamente en un ahorro general en materia de energía. Por ejemplo, un incremento en el rendimiento energético de los coches (medido en km/litro), puede resultar compensado por el mayor uso de automóviles, e incluso puede fomentar su uso precisamente por el descenso de los costes por kilómetro.

Aunque, en términos generales, la intensidad energética ha experimentado un descenso en Europa occidental, éste se ve contrarrestado por las tendencias en algunos sectores de gran consumo energético, particularmente en áreas clave como las tres que se exponen a continuación (OIE, 1997). Se dispone de pocos datos para establecer una comparación con Europa central y oriental y los Nuevos Estados Independientes.

Automóviles particulares

La propiedad del automóvil ha aumentado en cerca de un 40 por ciento en Europa (excluida la Federación Rusa) desde 1980. Ha habido pocos cambios en este período en la media del consumo de combustible, que sigue estando entre 8 y 10 litros por cada 100 kilómetros. Sin embargo, se ha registrado un pequeño aumento general de la distancia recorrida anualmente por vehículo. La gente viaja más, lo que aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero, y redundan en el abandono de sistemas de transporte más eficientes (bicicleta, autobús y tren). Esto queda reflejado por las cifras de emisiones de CO₂ liberadas por viajes nacionales en todos los países de la OIE, y en el consumo energético automovilístico en Europa, que se ha duplicado con creces desde 1973. El cruce de estos datos indica que, en términos generales, la eficiencia energética en los viajes nacionales ha disminuido en los últimos 20 años.

Figura 2.17 Uso de la energía en Europa por sectores, 1980-95

Consumo de energía en la industria

millones de tep

Europa occidental

NEI

Europa central y oriental

Consumo de energía en el transporte

millones de tep

Europa occidental

NEI
Europa central y oriental

Consumo de energía en otros sectores
millones de tep

Europa occidental

NEI

Europa central y oriental

Fuente: Eurostat, OIE

Hogares

En términos de área de suelo ocupada por habitante, la vivienda en Europa occidental va en aumento. También es cada vez mayor el número de hogares que disponen de calefacción central, una de las principales fuentes de consumo de energía en el hogar (figura 2.21). Probablemente las cifras estén ya próximas al nivel de saturación. La posesión de lavavajillas, que refleja el nivel general de equipamiento electrodoméstico, ha aumentado sustancialmente, desde cero hasta un promedio de un lavavajillas por cada cuatro hogares.

Las políticas de ahorro energético se han centrado más en los hogares que en otros sectores. En este período se ha registrado en muchos países un descenso del consumo energético de calefacción por metro cuadrado, influido por un incremento en los precios de la energía, el mayor aislamiento de los edificios ya construidos y algunas reglamentaciones más estrictas en la construcción de nuevos edificios. Aunque el equipamiento electrodoméstico ha aumentado, también ha aumentado su eficiencia energética.

En términos generales, todas las mejoras tendentes a aumentar la eficiencia energética en Europa occidental, incluidas las tecnológicas, parecen haber sido compensadas por un aumento en el porcentaje de hogares equipados con calefacción central y aparatos electrodomésticos.

Industria manufacturera

La industria manufacturera ha sido tradicionalmente la mayor consumidora de energía en Europa, pero su participación en el consumo total de energía no ha dejado de disminuir. La producción industrial ha ido en aumento en muchos países de Europa occidental, pero con diferencias importantes entre los distintos países y sectores (véase el apartado 1.3.2). La figura 2.22 muestra el descenso de la intensidad energética registrado en la mayor parte de los sectores industriales en Europa occidental. El aumento de la producción, unido a las reducciones en intensidad energética, ha producido un ligero descenso neto en el consumo total de energía.

2.6 Políticas y objetivos

2.6.1 Objetivos

Los gobiernos de todo el mundo respondieron a los problemas sobre el cambio climático en la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (celebrada en Río de Janeiro), adoptando el Convenio marco sobre el cambio climático (CMCC). En la actualidad, más de 160 países o grupos de países, entre los que se incluyen la Comunidad Europea y todos sus Estados miembros, así como la mayoría de los restantes países europeos, han suscrito el Convenio. Los países desarrollados (enumerados en el Anexo I del Convenio) se comprometieron a adoptar medidas encaminadas a restablecer el nivel de sus emisiones de gases de efecto invernadero (no controlados por el Protocolo de Montreal) en los niveles de 1990, antes del año 2000.

Figura 2.18 Suministro primario de energía en Europa por combustibles

carbón
petróleo crudo
gas natural
energía nuclear
energía hidráulica
otros
Total = 1257 millones de tep
Total = 1374 millones de tep
Total = 398 millones de tep
Total = 1428 millones de tep
Total = 354 millones de tep
Europa occidental

Europa central y oriental

Fuente: Eurostat, OIE

Figura 2.19 Índices de la OCDE de los precios reales de la energía al consumidor final en Europa

productos del petróleo

gas natural

petróleo crudo

carbón

Nota: precios, impuestos incluidos, sin descuentos

Fuente: OCDE

La tercera conferencia de las partes signatarias del CMCC se celebró en Kyoto (Japón), en diciembre de 1997. En marzo de 1997, el Consejo de Ministros de medio ambiente de la UE propuso, como posición negociadora previa a Kyoto, que los países desarrollados redujeran en un 15 por ciento respecto a los niveles de 1990 sus emisiones de gases de efecto invernadero antes del año 2010 (CCE, 1997a y 1997b). El objetivo es la reducción combinada de los principales gases responsables del efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O), considerando su potencial de calentamiento del planeta en un período de 100 años. Algunos Estados miembros de la UE podrían incrementar sus emisiones, ya que ello se compensaría con los decrementos de las emisiones de otros Estados miembros.

En Kyoto, los países desarrollados (Anexo I) acordaron reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄, HFC, PFC y SF₆ en un 5 por ciento global respecto a los niveles de 1990 (CMCC, 1997b). El conjunto de las reducciones de emisiones de estos seis gases, expresado en equivalente CO₂, debería hacerse efectivo en el período entre el año 2008 y el 2012. Las partes signatarias suscribieron distintos compromisos de reducción (tabla 2.2). La Unión Europea en su conjunto se comprometió a reducir las emisiones en un 8 por ciento. Los PECO se comprometieron a unas reducciones que oscilan entre un 5 por ciento y un 8 por ciento, mientras que la Federación Rusa y Ucrania aceptaron estabilizar sus emisiones en los niveles de 1990. Las partes están obligadas a demostrar, para el año 2005, progresos objetivos en el cumplimiento de sus compromisos.

Las próximas conferencias del CMCC, en particular la de Buenos Aires prevista para noviembre de 1998, tendrán que perfilar más detalladamente algunos temas importantes, que se enumeran a continuación:

- sistemas para definir y verificar los datos sobre sumideros y depósitos de dióxido de carbono. Unos cambios netos en estos sumideros y depósitos podrían contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones cuando éstas resulten de “cambios en el uso del suelo provocados directamente por actividades humanas y actividades forestales, limitadas a la forestación, la reforestación y la deforestación desde 1990”;
- directrices para verificar y controlar el intercambio de emisiones y el cumplimiento conjunto de objetivos entre los países del Anexo I, así como para informar al respecto;
- definición de medios operativos y financieros para el “mecanismo de desarrollo limpio” propuesto para ayudar a las partes signatarias no incluidas en el Anexo I a conseguir un desarrollo sostenible, y que contemple la posibilidad de que los países del Anexo I contabilicen reducciones derivadas de proyectos de países que no figuran en dicho Anexo.

Figura 2.20 Intensidad energética, 1986-95

tep/mln por dólar

NEI

Europa central y oriental

Europa occidental

Fuente: Eurostat, OIE

Figura 2.21 Porcentaje de viviendas con calefacción central

Suecia

Dinamarca

Finlandia

Alemania

Francia

Reino Unido

Italia

Fuente: Eurostat, OIE

Figura 2.22 Intensidad energética en la industria fabril, 1971-91

metales ferrosos
papel y pasta
metales no ferrosos
minerales no metálicos
productos químicos
alimentación
otras industrias

Fuente: Lawrence Berkeley National Laboratory, estudio analítico sobre energía nacional y estadísticas industriales en Dinamarca, Finlandia, Francia, antigua Alemania del Este, Italia, Suecia y Reino Unido.

2.6.2 Políticas y medidas

Las políticas y medidas europeas, en el ámbito nacional y de la UE, se resumen en el recuadro 2.1.

Aunque todavía no se ha adoptado en el ámbito de la UE una de las propuestas clave, el impuesto sobre energía/carbono, en algunos países ya se están aplicando medidas de este tipo (Dinamarca, Finlandia, Suecia, Austria, Países Bajos y Noruega). En un reciente estudio sobre la efectividad de los impuestos medioambientales (AEMA, 1996), se concluye que algunos de ellos (en Suecia y Noruega) resultan beneficiosos, incluidas algunas reducciones de las emisiones en Noruega, pero que sus efectos requieren un estudio más profundo y detallado. Por lo general, los precios de la energía son demasiado bajos para actuar como incentivo en la reducción del consumo energético tanto de los automóviles como de las calefacciones domésticas.

2.7 Progresos y perspectivas

2.7.1 Progresos de cara al año 2000

Como se menciona en el apartado 2.4, las emisiones de CO₂ en Europa occidental disminuyeron en cerca de un 3 por ciento de 1990 a 1995, debido fundamentalmente a una ralentización del crecimiento económico, a la reestructuración de la industria en Alemania y al desarrollo de centrales energéticas de gas natural. Aun así, no es seguro que se logren los objetivos del Quinto Programa de Acción Medioambiental respecto a la estabilización de las emisiones de CO₂ en los niveles de 1990 para el año 2000, según se desprende de diversos estudios de la UE (CCE, 1996a y 1996b). Para alcanzar estos objetivos, sería necesaria la plena aplicación de las medidas nacionales presentadas por los Estados miembros, y el impacto de muchas de ellas no sería efectivo hasta después del año 2000. Si los precios de la energía continúan bajos y el PIB crece más deprisa de lo previsto, las emisiones en el año 2000 podrían superar los niveles de 1990 en más de un 5 por ciento.

En marcado contraste con Europa occidental, en Europa oriental se han dado descensos significativos en las emisiones de gases con efecto invernadero desde 1990. No parece probable que el consumo energético supere los niveles de 1990, ni siquiera para el año 2010 (CEPE, 1996). Además, la tendencia parece apuntar hacia el uso de combustibles que liberen menos cantidad de gases de efecto invernadero (IIASA, 1997). Aun sin tener en cuenta el posible cambio en el uso de combustibles ni las reducciones de la intensidad energética, las emisiones previstas para el año 2000 se sitúan un 22 por ciento por debajo del nivel de 1990.

2.7.2 Hipótesis de “situación sin cambios” hasta el año 2010

La hipótesis de “situación sin cambios” de la Comisión Europea para el período 1990-2010 (CCE 1997c) no contempla nuevas políticas ni nuevas medidas para reducir las emisiones de CO₂; prevé un crecimiento anual del PIB de un 2 por ciento, y un descenso del 1,3 por ciento en la intensidad energética, todo lo cual llevaría a un incremento de las emisiones de CO₂ de un 8 por ciento entre 1990 y el año 2010. El mayor incremento se daría en el sector del transporte (+39%), seguido del sector de la energía (producción de electricidad y calor) (+12%). Sólo el sector industrial registraría un descenso de las emisiones (-15%). Sobre la base de la información nacional remitida al CMCC (1997a), las actuales políticas llevarían, en el año 2010, comparado con 1990, a un nivel de emisiones todavía mayor en una hipótesis de “situación sin cambios”, en Noruega (+33%) y en Islandia (+35%).

Las estimaciones para algunos NEI (Bielorrusia, República de Moldavia, Federación Rusa y Ucrania) apuntan a que, en el año 2010, el consumo de energía será un 11 por ciento más bajo (CEPE, 1996), y el PIB un 10 por ciento inferior, en comparación con 1990. Una hipótesis alternativa (IIASA 1997) supone que la intensidad energética en estos países descienda al nivel de Europa occidental, con lo que el consumo energético podría ser un 27 por ciento más bajo en el año 2010 que en 1990. Aunque este

segundo escenario no sea muy realista, indica sin embargo el potencial de estos países respecto al ahorro energético y a la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero.

La situación es diferente en Europa central y oriental. En el año 2010, el PIB podría superar en un 31 por ciento al de 1990, con un aumento del consumo energético de sólo un 4 por ciento (CEPE, 1996).

Tabla 2.2 Objetivos fijados por el CMCC en el protocolo de Kyoto sobre emisión de gases

País Compromiso cuantificado de limitación o reducción de emisiones (porcentaje sobre año base)
UE (Comunidad Europea) y cada uno de sus Estados Miembros

Europa central y oriental y los NEI

Bulgaria, República Checa, Estonia, Letonia, Lituania, Rumania, República Eslovaca, Eslovenia

Croacia

Hungría, Polonia

Federación Rusa

Ucrania

Otros países europeos

Islandia

Liechtenstein, Suiza

Noruega

El escenario del IASA (convergencia con Europa occidental en intensidad energética) muestra un aumento del consumo de energía de sólo un 1 por ciento durante el mismo período.

2.7.3 Vías sostenibles hasta el año 2010

Para conseguir antes del año 2010 que las concentraciones atmosféricas de CO₂ se establezcan en los niveles de 1990, la media mundial anual de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero tendría que sufrir una inmediata reducción de un 50 a un 70 por ciento, con reducciones posteriores (IPCC, 1996b).

El objetivo del artículo 2 del CMCC es lograr concentraciones atmosféricas que eviten interferencias antropogénicas peligrosas con el sistema climático pero permitan un desarrollo económico sostenible (IPCC,

1996a). Para el cumplimiento de este objetivo han sido propuestos los siguientes límites con carácter provisional: un aumento de la temperatura de 0,1° C por década (Krause y cols., 1989); una elevación del nivel del mar de 2 cm por década (Rijsberman y Swart, 1990), y un aumento máximo de la temperatura media mundial de 1° C respecto a los niveles de 1990 (Vellinga y Swart, 1991). Cualquier incremento que rebasara estos límites podría acarrear grandes riesgos, posiblemente irreversibles, para los ecosistemas, la producción de alimentos y las zonas vulnerables del litoral (apartado 2.2).

Para mantenerse en estos límites se precisa acuerdo respecto a los dos aspectos siguientes:

- Distribución de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O del total antropogénico entre los países industrializados,

Recuadro 2.1: Políticas y medidas

Dióxido de carbono

Situación en la UE:

Decisión del Consejo (93/389) para establecer un mecanismo de control del CO₂ y de otros gases con efecto invernadero en la Comunidad.

Eficiencia energética (UE):

- Programa SAVE para promover la eficiencia energética;
- Directivas sobre eficiencia energética (calderas de agua caliente, etiquetado de electrodomésticos y refrigeradores);
- Comunicación sobre la estrategia para la limitación de CO₂ en automóviles (objetivo: consumo de 5 l/100 km para automóviles de gasolina y 4,5 l/100 km para automóviles con motor Diesel);
- nueva tecnología energética limpia y eficiente: programas JOULE-THERMIE (I+D y divulgación); y
- promoción de energías renovables (ALTENER).

Medidas nacionales en países de la UE y en otros países (ejemplos):

- acuerdos voluntarios negociados con el sector industrial y de suministro energético;
- impuesto sobre energía/carbono;
- instalaciones mixtas de generación de energía y calor (CHP) (industria, vivienda);
- sustitución del carbón por gas natural y/o leña (industria, sector de suministro energético);
- medidas sobre movilidad y comportamiento automovilístico (p. ej., vías de peaje); y

- reforestación y forestación.

Metano

Situación en la UE:

- Comunicación sobre una estrategia para reducir las emisiones de metano (posibles medidas: mejora de la gestión del abono animal, propuesta de una Directiva sobre vertederos que disponga un control de las emisiones de metano liberadas por residuos biodegradables, reducción de escapes en la extracción y distribución de gas natural);

- con la reforma de la PAC disminuirán la cabaña europea y las emisiones de metano.

Medidas nacionales en países de la UE y en otros países (ejemplos):

- reducción de vertederos mediante la prevención, el reciclaje y un aumento de la incineración;
- reducción del metano liberado por las minas de carbón (aplicando las mejores tecnologías disponibles).

Óxido nítrico

Situación en la UE:

con la reforma de la PAC disminuirá la producción y el uso de abono animal, así como el uso de fertilizantes minerales, con el consiguiente decremento en las emisiones de óxido nítrico.

Medidas nacionales en países de la UE y en otros países (ejemplos):

- medidas técnicas para algunos procesos de producción industrial.

(países del Anexo I del CMCC), que fueron responsables de 5,8 Gt C de emisiones (medidas en equivalentes de CO₂) en el año de referencia 1990 (55% del total de emisiones), y los países en vías de desarrollo (países no incluidos en el Anexo I), responsables de 4,4 Gt C (45%). Bajo el Mandato de Berlín del CMCC, los países no incluidos en el Anexo I aún no están obligados a controlar sus emisiones.

- Plazos de las acciones encaminadas a mitigar el cambio climático.

Además de la reducción general de emisiones con sus correspondientes plazos, se impone el desarrollo de estrategias particulares para cada uno de los gases de efecto invernadero. Los CFC deberían estar fuera de uso en el año 2010, de acuerdo con el Protocolo de Montreal, pero quizá sea preciso considerar con más detenimiento algunos de sus sustitutos (véase el capítulo 3). Aunque el CO₂ es el principal gas con efecto invernadero, si se registran reducciones moderadas de las emisiones de metano o de óxido nítrico, sus efectos pueden ser importantes debido a su gran potencial de calentamiento. La reducción de emisiones de estos gases puede ser más sencilla, desde el punto de vista técnico y económico, que la reducción de emisiones de CO₂, además de tener algunos beneficios añadidos dado que estas sustancias contribuyen también a la formación del ozono troposférico (smog estival).

Corredores de emisiones

El IPCC ha elaborado una serie de hipótesis sobre la base de suposiciones respecto al crecimiento demográfico, el uso del suelo, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía y la combinación de combustibles, pero sin políticas específicas para la reducción de emisiones. En estas hipótesis, las emisiones mundiales antropogénicas en equivalente de CO₂ para el año 2010 oscilan entre 11,5 y 15,3 Gt C (6,2 y 8,3 Gt C en los países industrializados; 5,3 y 7,0 Gt C en los no industrializados). El valor más alto implica un crecimiento económico y demográfico relativamente elevado y una fuerte dependencia de los combustibles fósiles. El valor más bajo supone un crecimiento demográfico bajo, un desarrollo económico y tecnológico favorable, el cese de la deforestación, una mayor dependencia de las energías renovables y el pleno cumplimiento del protocolo de Montreal (Leggett y cols., 1992).

Cabe establecer intervalos para emisiones mundiales admisibles utilizando el concepto de “corredores de emisiones” (Alcamo y Kreileman, 1996). La anchura de estos corredores depende del nivel seleccionado de los objetivos a largo plazo de protección del clima, y especifica el intervalo admisible de las distintas emisiones. La tabla 2.3 muestra los corredores de emisiones hasta el año 2010 correspondientes al objetivo de la UE de un incremento máximo de temperatura de 1,5° C entre los años 1990 y 2100, en el supuesto de una tasa de reducción máxima anual del 2 por ciento. Las cifras corresponden a incrementos de 0,1° C y 0,15° C por década. En este primer caso, el más exigente, el límite máximo del corredor de emisiones en el año 2010 se situaría en 9,5 Gt C (en equivalente CO₂).

En el supuesto de que los países no incluidos en el Anexo I siguieran incrementando sus emisiones en paralelo con la hipótesis del IPCC descrita anteriormente (es decir, hasta 5,3 - 7,0 Gt C en el año 2010), las emisiones procedentes de los países industrializados (Anexo I) en el año 2010 deberían experimentar un descenso entre 2,5 y 4,2 Gt C, respecto al nivel de 5,8 Gt C de 1990, lo cual supondría una reducción aproximada del 30 al 55 por ciento. Dicha reducción haría descender la media de emisiones per cápita de CO₂ en Europa occidental, pasando de las 8,8 toneladas de 1990 a una cantidad entre 5,8 y 3,7 toneladas para el año 2010 (lo cual permitiría todavía cierto crecimiento demográfico). Señalemos, para situarnos en un contexto mundial, que actualmente la media mundial per cápita de emisión de CO₂ procedente de combustibles fósiles es de 4 toneladas (1,8 toneladas en los países no industrializados).

Se ha añadido el caso menos exigente, pero no sostenible, de un aumento de temperatura de 1,5° por década, para mostrar cómo los imperativos de sostenibilidad para los tres indicadores principales de protección del clima (0,1° C de aumento máximo de temperatura por década; 2 cm de elevación máxima

del nivel del mar por década, y un incremento máximo de la temperatura media mundial de 1° C respecto a los niveles de 1990) tienen un efecto importante sobre la reducción de emisiones que se pide a los países del Anexo I, y por consiguiente, también consecuencias importantes sobre la política a seguir. De acuerdo con la hipótesis que contempla el caso más exigente de un aumento de la temperatura de 0,1° C, sólo sería admisible una reducción limitada de las emisiones, incluso un ligero incremento de las emisiones, para los países del Anexo I.

Tabla 2.3 Emisiones máximas admisibles en equivalente CO2 para los países del Anexo I en el año 2010

Tasa elegida de incremento de temperatura 1990-2100^a

Corredor de emisión mundial en el año 2010

Emisiones máximas admisibles para los países del Anexo I en el año 2010^b

° C/ por década

Gt C equivalente CO2

índice

Notas:

Incluido (ineludiblemente) un exceso sobre el incremento de la temperatura entre los años 1990 y 2010 .

Un incremento de 0,1 ° C por década podría considerarse como de riesgo limitado en cuanto a su impacto. Un incremento de 0,15 ° C por década está muy por encima de este nivel.

El intervalo presenta las emisiones básicas de los países no incluidos en el Anexo I de 5,3 - 7,0 Gt C en equivalente CO2 para el año 2010, e incluye solamente el límite superior del corredor de emisión (columna 2).

Fuente: RIVM

Esto indica que la fijación de imperativos sostenibles en los tres indicadores principales de protección del clima tiene un importante efecto en la reducción de emisiones que se exige a los países del Anexo I, y por consiguiente, influye también en la aplicación de políticas.

Plazos de actuación

Los plazos de las actuaciones destinadas a reducir el riesgo de un cambio climático en los países industrializados están siendo tema de controversia. Algunos argumentan que una demora en las actuaciones permitiría establecer un fundamento científico más sólido, y que los costes de las medidas para la reducción de emisiones podrían ser menores si se dejara tiempo para desarrollar una tecnología más avanzada (y, probablemente, más barata). En favor de estas dilaciones, se aducen también los plazos que la sociedad necesita para la sensibilización pública, y para el desarrollo y la implementación de las políticas de actuación, así como el hecho de que el rendimiento anual de la inversión en bienes de equipo sea relativamente bajo. Por otro lado, dada la larga vida atmosférica de los gases con efecto invernadero, demorar la puesta en marcha de políticas de reducción llevará sin duda a la necesidad de actuaciones mucho más drásticas en una etapa más tardía. Si no se toman medidas y se permite que las concentraciones de gases de efecto invernadero sigan aumentando, también será mayor el riesgo de daños irreversibles sobre los ecosistemas y la sociedad.

Las consecuencias de estas dilaciones pueden evaluarse mediante los corredores de emisiones. Si los niveles de emisión previstos para el año 2010 están dentro del corredor, hay al menos una vía de emisión aceptable de aquí al año 2010 conforme a los objetivos fijados para la protección del clima. Si se demoran las actuaciones, se alcanzarán niveles de emisión más altos en el año 2010, mientras que si se siguen los principios preventivos, se conseguirán niveles más bajos. Las consecuencias pueden evaluarse considerando las vías de emisiones más allá del año 2010. Si se alcanzan niveles de emisión bajos en el año 2010, las generaciones venideras tendrán más oportunidades para elegir vías de emisión admisibles de cara al futuro. Si por el contrario los niveles de emisión en el año 2010 son elevados, las generaciones futuras (incluidas las de los países que no figuran en el Anexo I) se verán obligadas a ceñirse a una estrechísima vía descendente para poder cumplir los objetivos fijados para la protección del clima.

Referencias bibliográficas

AEMA (1996). Impuestos ambientales. Serie de Cuestiones Ambientales, n° 1. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague, 1996. ISBN 92-9167-000-6.

Alcamo, J. y Kreileman, E. (1996). Emission scenarios and global climate protection. En: Global Environmental Change _ Human and Policy Dimensions, Vol. 6, págs. 305-334.

Bijlsma, L., Ehler, C.N., Klein, R.J.T., Kulshrestha, S.M., McLean, R.F., Mimura, N., Nicholls, R.J., Nurse, L.A., Perez Nietro, H., Stakhiv, E.Z., Turner, R.K., Warrick, R.A. (1996). Coastal Zones and Small Islands. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis _ Aportación del II Grupo de trabajo al Segundo informe de evaluación del IPCC. Cambridge, Cambridge University Press.

CCE (1996a). Informe elaborado por la Comisión en virtud de la Decisión del Consejo (93/389/CEE). Segunda evaluación de los programas nacionales en virtud del mecanismo de control comunitario del CO₂ y de las emisiones de otros gases responsables del efecto invernadero. Avances hacia el objetivo de escala comunitaria para la estabilización del CO₂. COM (96) 91 final.

CCE (1996b). Comunicación de la Comisión relativa al Convenio Marco para el Cambio Climático. COM (96) 217 final.

CE (1997a). Comunicación sobre una estrategia comunitaria relativa al cambio climático. Conclusiones del Consejo, de 3 Marzo de 1997.

CCE (1997b). Comunicación sobre una estrategia comunitaria relativa al cambio climático. Conclusiones del Consejo, de los días 19 y 20 Junio de 1997.

CCE (1997c). Comunicación sobre la dimensión energética del cambio climático. COM(97) 196.

CEPE (1996). Energy Balances for Countries in Transition 1993, 1994-2010 and Energy Prospects in CIS-Countries.

CMCCNU (1997a). Comunicaciones nacionales de las partes incluidas en el Anexo I al Convenio. CMCC/SBI/1997/19 y CMCC/SBI/1997/19/Addendum 1.

CMCCNU. (1997b). Protocolo de Kyoto al Convenio Marco sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas. CMCC/CP/1997/L.7/Add.1, diciembre de 1997.

Dai, A., Fung, I.Y. y Del Genie, A.D. (1997). Surface Observed Global Land Precipitation Variation during 1900-88. En: Journal of Climate, Vol. 10, págs. 2943-2962.

Dlugokencky, E.J., Lang, P.M., Masarie, K.A. y Steele, L.P. Atmospheric Methane Mixing Ratios _ The NOAA/CMDL Global Co-operative Air Sampling Network (1983-1993). En: Trends 93: A Compendium of Data on Global Change. ORNL/CDIAC_65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Estados Unidos.

Dlugokencky, E.J., Masarie, K.A., Lang, P.M., Tans, P.P., Steele, L.P., Nibs, E.G. (1994). A dramatic decrease in the growth rate of atmospheric methane in the Northern Hemisphere during 1992. En: J Geophys. Res, Vol. 99, págs. 17021-17043.

Eurostat (1997). Carbon dioxide emissions from fossil fuels 1985-1995. Eurostat, Luxemburgo.

Fricke, W. y Wallasch, M. (1994). Atmospheric CO₂ records from sites in the UBA air sampling network. En: Trends 93: A Compendium of Data on Global Change. Eds: T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Sepanski y F.W. Stoss. ORNL/CDIAC_65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Estados Unidos.

Haerberli, W. y Hoelzle, M. (1995). Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate change effects on mountain glaciers _ a pilot study of the European Alps. En: Ann. Glaciol. Vol. 21, págs. 206-212.

Huntley, B. (1991). How plants respond to climate change: migration rates, individualism and the consequences for plant communities. En: Annals of Botany Vol. 67 (Supplement 1), págs. 15-22.

IIASA (1997). Integrated assessment of the environmental effects of application of the current EU air emission standards to CEECs. (Interim) Report to EEA.

IPCC (1990) Cambio Climático - Evaluación de los impactos del IPCC. Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Evaluación de los impactos. Canberra, Australian Governments Publishing Service.

IPCC (1996a). Second Assessment Climate Change 1995, informe del Grupo intergubernamental sobre el cambio climático (incluye Resumen para responsables de la elaboración de políticas). OMM, PNUMA, 1995.

IPCC (1996b). Cambio Climático 1995: La ciencia del cambio climático. (Incluye Resumen para responsables de la elaboración de políticas). Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, 1995. Eds: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho B:A: Callander, N. Harris, A. Kattenberg y K. Maskell. Cambridge, Cambridge University Press.

IPCC (1997). Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. (Incluye Resumen para responsables de la elaboración de políticas). Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC, 1995. Eds: .R.T. Watson, M.C. Zinyowera, R.H. Moss. Cambridge, Cambridge University Press.

Krause, F., Bach, W. y Koomey, J. (1989). Energy Policy in the Greenhouse, Volume 1: From Warming Fate to Warming Limit. Benchmarks for a Global Climate Convention. International Project for Sustainable Energy Paths. El Cerrito, California.

Leggett, J., Pepper, W.J. y Swart, R.J. (1992). Emissions Scenarios for the IPCC: an Update. Eds: J.T. Houghton, B.A. Callander y S.K. Varney. En: Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, págs. 71-95.

Marland, G., y Boden, T.A. (1997). Global, Regional, and National CO₂ Emissions. En: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Estados Unidos.

McMichael, A.J., Haines, A., Sloof, R. y Kovats, S. (eds) (1996). Climate Change and Human Health. Evaluación elaborado por una grupo de trabajo a petición de la Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. OMS, Ginebra, Suiza.

OCDE/OIE (1996). World Energy Outlook. OCDE/OIE, París, Francia.

OCDE/OIE (1997). Energy and climate change. OCDE/OIE, París, Francia.

OIE (1997). Indicators of Energy Use and Efficiency _ Understanding the link between energy and human activity. ISBN 92-64-14919-8.

OIE (1997). CO2 emissions from fossil fuel combustion 1972-1995. OCDE/OIE, París, Francia.

Peerbolte, E.B., de Ronde, J.G., de Vrees, L.P.M., Baarse, G. (1991). Impact of sea level rise on society: A Case Study for the Netherlands. Delft Hydraulics and Rijkswaterstaat, Delft and The Hague, Países Bajos, 404 páginas.

Peris, D.R., Crawford, F.W., Grashoff, C., Jeffries, R.A., Porter, J.R., Marshall, B. (1996). A simulation study of crop growth and development under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 79(4) págs. 271-287.

PNUMA (1994). Environmental Data Report 1993-4. United Nations Environment Programme Blackwell, Reino Unido.

Prinn R., Simmonds, P., Rasmussen, R., Rosen, R., Alyea, F., Cardelino, C., Crawford, A., Cunnold, D., Fraser, P. y Lovelock, J. (1983). The Atmospheric Lifetime Experiment, I: Introduction, instrumentation and overview. En: *J. Geophys. Res.*, Vol. 88, págs. 8353-8368.

Prinn R., Cunnold, D., Rasmussen, R., Simmonds, P., Alyea, F., Crawford, A., Fraser, P. y Rosen, R. (1990). Atmospheric emissions and trends of nitrous oxide deduced from 10 years of ALE/GAGE data. En: *J. Geophys. Res.*, Vol. 95, págs. 18369-18385.

Prinn, R., Cunnold, D., Fraser, P., Weiss, R., Simmonds, P., Alyea, F., Steele, L. P. y Hartley, D. (1997). The ALE/GAGE/AGAGE Network (Update April 1997) En: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Estados Unidos.

Rijsberman, F.R. y Swart, R.J. (eds) (1990). Targets and Indicators of Climatic Change. Stockholm Environmental Institute, Estocolmo, Suecia, 166 páginas.

Smith K. (1995). Precipitation over Scotland 1757-1992: Some aspects of temporal variability. En: Int. J. Climatology, Vol. 15, págs. 543-556.

Thoning, K.W., Tans, P.P. y Waterman, L.S. (1994). Atmospheric CO₂ records from sites in the NOAA/CMDL continuous monitoring network. Eds: T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Sepanski, y F.W. Stoss. En: Trends 93: A Compendium of Data on Global Change. ORNL/CDIAC_65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Estados Unidos.

UK CCIRG (1991). United Kingdom Climate Change Impacts Review Group, The Potential Effects of Climate Change in the United Kingdom. HMSO Londres, Reino Unido.

UK CCIRG (1996). United Kingdom Climate Change Impacts Review Group, Review of the Potential Effects of Climate Change in the United Kingdom. HMSO Londres, Reino Unido.

Vellinga, P. y Swart, R.J. (1991). The greenhouse marathon: A proposal for a global strategy. En: Climatic Change, Vol. 18, págs. 7-12.

Whittle, I.R. (1990). Lands at risk from sea level rise in the UK. Ed: J.C. Doornkamp. The Greenhouse Effect and rising sea levels in the United Kingdom. M1 Press, Long Eaton Notts., Reino Unido, págs. 85-93.