

El Medio ambiente en Europa:
segunda evaluación

Capítulo 4. Acidificación

European Environment Agency



4. Acidificación

Resultados principales

Desde la evaluación Dobris, en muchas zonas se ha registrado una ligera reducción de los efectos de los depósitos ácidos provocados por las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y amoníaco en agua dulce, así como cierta recuperación de la fauna de invertebrados. Gran parte de los bosques siguen perdiendo vitalidad y, aunque este deterioro no está necesariamente ligado a la acidificación, los efectos de los depósitos ácidos en los suelos pueden incidir a largo plazo. En las zonas más vulnerables, la acidificación provoca una creciente movilidad del aluminio y los metales pesados y, como consecuencia, aumenta la contaminación de las aguas subterráneas.

Desde aproximadamente 1985 se ha detectado una disminución de los depósitos de sustancias acidificantes. Sin embargo, las cargas críticas (niveles de depósito por encima de los cuales pueden producirse efectos nocivos a largo plazo) se sobrepasan todavía en un 10 por ciento del territorio europeo, principalmente en Europa septentrional y central.

Entre 1980 y 1995, las emisiones de dióxido de azufre se redujeron en Europa en un 50 por ciento. Las emisiones totales de nitrógeno (óxidos de nitrógeno y amoníaco), que se mantuvieron constantes durante el período 1980-1990, bajaron aproximadamente un 15 por ciento entre 1990 y 1995, la mayor disminución que han conocido los PECO y los NEI.

La principal fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el sector del transporte, que en 1995 aportó un 60 por ciento del total de las emisiones. Entre 1980 y 1994, el transporte de mercancías por carretera aumentó en un 54 por ciento; entre 1985 y 1995, el transporte de pasajeros por carretera aumentó en un 46 por ciento y el transporte aéreo de pasajeros en un 67 por ciento.

En Europa occidental, las emisiones procedentes de este sector se han visto reducidas gracias a la introducción de catalizadores, si bien la incidencia de estas mejoras tarda en apreciarse dada la lentitud con que se renueva el parque de automóviles. Para que las reducciones fueran más acusadas sería conveniente aplicar medidas fiscales.

Es muy probable que en los países de Europa central y oriental y en los NEI se produzca un significativo aumento del transporte privado, aunque también hay más posibilidades en estas regiones de que se mejore la eficiencia energética en todo el sector del transporte.

Las medidas políticas para combatir la acidificación no han alcanzado todos los objetivos previstos:

- Respecto a los óxidos de nitrógeno, el objetivo del protocolo del Convenio sobre contaminación fronteriza a larga distancia (LRTAP) de restablecer las emisiones para 1994 en los niveles de 1987 se ha alcanzado en el conjunto de Europa, pero no en los 21 países que ratificaron el protocolo. No obstante, en todos ellos se lograron considerables reducciones.
- El objetivo del Quinto Programa de Acción Medioambiental de la Comisión Europea (5PAM) para el período 1990-2000 era reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en un 30 por ciento. En 1995 sólo se había conseguido un 8 por ciento de esta reducción, y no parece probable que el objetivo final vaya a alcanzarse en el año 2000.

Para 1999, está previsto un protocolo sobre múltiples contaminantes multiefecto, en el que se pretende establecer nuevos umbrales de emisión que sean eficaces en relación con el coste, para los óxidos de nitrógeno, el amoníaco y los compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM).

- El primer protocolo del CLRTAP sobre el azufre tenía como objetivo reducir las emisiones, en 1993, en un 30 por ciento en relación con los niveles de 1980, y lo cumplieron los 21 países que ratificaron el protocolo, así como 5 de los que no lo firmaron. Algunos países europeos, como Grecia y Portugal, no lograron, durante ese período, reducir en la misma proporción sus emisiones

de azufre. Es aún menos probable que para el año 2000 se alcance el objetivo provisional del segundo protocolo para el azufre, por lo que serán necesarias nuevas medidas para conseguir su objetivo a largo plazo de no sobrepasar las cargas críticas.

• El objetivo del 5PAM de reducir para el año 2000 las emisiones de dióxido de azufre en un 35 por ciento en relación con los niveles de 1985 se cumplió, en 1995, en el conjunto de la Unión Europea (donde se consiguió una reducción global del 40 por ciento) y en casi todos los Estados miembros.

De acuerdo con los criterios del 5PAM, se están elaborando en la UE nuevas medidas orientadas a alcanzar el objetivo a largo plazo del segundo protocolo sobre el azufre del Convenio LRTAP, entre las que se prevé reducir el contenido de azufre de los productos derivados del petróleo, así como las emisiones provocadas por las grandes plantas de combustión, y establecer límites para las emisiones de vehículos de transporte por carretera. Se encuentra actualmente sometido a debate uno de los objetivos provisionales de la estrategia sobre acidificación de la UE, que consiste en reducir en un 55 por ciento las emisiones de óxidos de nitrógeno entre 1990 y el año 2010. Para conseguirlo, deberá prestarse especial atención a las emisiones procedentes del sector del transporte.

4.1. Introducción

El depósito de los tres contaminantes ácidos más importantes, el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el amoníaco (NH₃) que generalmente procede de emisiones debidas a la intervención del hombre, está causando, en amplias zonas de toda Europa, grandes daños a las aguas dulces, los bosques, los suelos y los ecosistemas naturales sensibles a la acidificación. Sus efectos se manifiestan de formas muy variadas: provoca la defoliación de los árboles y merma de su vitalidad; y reduce las poblaciones de peces y la diversidad de otros animales acuáticos que habitan en lagos, ríos y cursos de agua vulnerables a la acidificación, además de alterar la química del suelo. Gran parte del patrimonio histórico de Europa también sucumbe a este deterioro, que afecta a los edificios de piedra caliza y mármol, y a las vidrieras. El depósito de compuestos del nitrógeno también tiene efectos eutrofizantes en los ecosistemas terrestres y marinos. El impacto de la acidificación lacustre ha disminuido desde la evaluación Dobris, en particular a consecuencia de la reducción de la emisiones de azufre, pero la acidificación del suelo continuará mientras se sigan sobrepasando las cargas críticas, como sucede en grandes zonas de Europa.

La mayor parte de las emisiones de SO₂ y de NO_x proceden de la quema de carbón y combustibles, que se produce principalmente en las centrales eléctricas, en la calefacción de las viviendas, en el comercio y los servicios, en la industria y en los vehículos de gasoil o de gasolina, incluidos los barcos y aviones.

Recuadro 4.1: Transporte y depósito de compuestos acidificantes

Las emisiones de SO₂, NO_x y NH₃ a la atmósfera regresan a la superficie y caen directamente sobre la vegetación u otros componentes, en forma de depósito seco o de depósito húmedo si viene arrastrado por lluvias, nieve, granizo, niebla y rocío; o indirectamente, en forma seca o húmeda, después de haber sufrido una transformación química. La oxidación del SO₂ y el NO_x en los ácidos sulfúrico o nítrico puede producirse tanto en la atmósfera como después de haberse depositado. El NH₃ puede reaccionar con estos ácidos para formar partículas de sulfato amónico y de nitrato amónico.

La permanencia en la atmósfera de los gases y partículas acidificantes depende de las condiciones químicas y meteorológicas. El tiempo medio que tardan los compuestos de azufre en depositarse es de dos a cuatro días después de la emisión. Los óxidos de nitrógeno permanecen en la atmósfera durante más tiempo, pero su transformación en ácido nítrico es relativamente rápida y este ácido se elimina con celeridad. El amoníaco se deposita con bastante rapidez siempre y cuando no se combine con ácido sulfúrico o ácido nítrico y pase a convertirse en sulfato de amonio o nitrato de amonio, respectivamente. Estas interacciones son especialmente importantes cuando los compuestos de azufre y nitrógeno se transportan a larga distancia, pues pueden llegar a producirse a miles de kilómetros.

Los mayores depósitos de azufre se registran en las regiones donde el índice de emisiones es más alto y se deben, principalmente, al depósito seco del dióxido de azufre. También se registran niveles elevados en regiones de altas precipitaciones, como las zonas costeras y las montañosas. Estas mismas pautas rigen en el depósito de nitrógeno oxidado (provocado por las emisiones de NOx), si bien en comparación con el azufre, sólo una cantidad relativamente pequeña se deposita cerca de la fuente de emisión. El nitrógeno oxidado se transporta a gran distancia y contribuye al problema del ozono troposférico (véase el capítulo 5), debido a que el NOx es uno de los principales precursores de la formación de ozono.

La pauta que rige el depósito de los compuestos reducidos del nitrógeno (originados a partir de las emisiones de amoníaco) es su elevada tasa de depósito cerca de las fuentes de emisión, que es incluso superior a la del azufre. Por tanto, el transporte de amonio a gran distancia es menor que el del azufre y el de los óxidos de nitrógeno. En Francia, por ejemplo, el 33 por ciento del depósito de azufre y el 62 por ciento del total de depósito de nitrógeno proceden de fuentes internas del país; el 30 por ciento del azufre y el 15 por ciento del total de nitrógeno proceden de países vecinos, como Alemania, España y Reino Unido; y los restantes 37 por ciento y 23 por ciento, respectivamente, de zonas más alejadas.

La principal fuente de información sobre depósitos, concentraciones, transporte a gran distancia y flujos transfronterizos de contaminantes atmosféricos acidificantes es el Programa de cooperación para la vigilancia continua y la evaluación del transporte a gran distancia de contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP), establecido a tenor del Convenio de la CEPE celebrado en Ginebra en 1979 sobre contaminación fronteriza a larga distancia (LRTAP). El Mapa 4.1 refleja la zona de cobertura del EMEP.

Las emisiones de amoníaco proceden fundamentalmente de la producción y diseminación de abonos animales.

Una vez expulsados hacia la atmósfera, los gases acidificantes se dispersan y pueden permanecer en el aire durante varios días y ser transportados a largas distancias por los vientos, provocando efectos en puntos muy alejados de su fuente de emisión. En el recuadro 4.1 se resumen los procesos mediante los cuales las emisiones ácidas se depositan en la superficie y provocan la acidificación del suelo y el agua. En el recuadro 4.2 se explica el concepto de cargas críticas.

El problema de la acidificación trasciende las fronteras, por lo que es preciso combinar las iniciativas nacionales e internacionales, como las medidas para utilizar combustibles más limpios, y reducir las emisiones procedentes, en particular, de los vehículos y de las centrales de energía en las que se produzca quema de carbón o de combustibles derivados del petróleo.

4.2. Efectos

Bosques y suelos

Desde 1986 se han realizado estudios regularmente, sobre todo en Europa central, para conocer los considerables daños que han sufrido los árboles, como son las defoliaciones y decoloraciones (Becher y cols., 1996, Lorenz y cols., 1997). El deterioro no siempre es consecuencia de la acidificación. Otras presiones medioambientales, como la sequía, el viento o los daños provocados por el granizo, así como el envejecimiento natural de las arboledas, también son causa de defoliación y pérdida de vitalidad. En Escandinavia, las duras condiciones medioambientales y los largos inviernos provocan la pérdida de follaje de los abetos a medida que aumenta la altitud. En otras zonas se observan los efectos de la sequía, como la padecida en España entre 1990 y 1993. También afectan otras presiones contaminantes, como la exposición al ozono y los episodios de elevadas concentraciones de dióxido de azufre. Por tanto, no es posible establecer una relación causal entre la comprobación de un exceso de depósito ácido superior a la carga crítica (véase el recuadro 4.2) y una reducción del follaje, ni siquiera en áreas donde la capacidad neutralizante del suelo influye de manera notable en el crecimiento y envejecimiento de las arboledas. Aun habiéndose reducido las emisiones, los resultados de las observaciones muestran que los árboles siguen perdiendo hoja, lo cual puede deberse, en parte, al envejecimiento de las zonas examinadas. La acidificación del suelo es un proceso lento, que continuará en las zonas donde se han sobrepasado las cargas críticas y tendrá posiblemente efectos a más largo plazo.

Recuadro 4.2: Cargas críticas

El concepto de carga crítica puede definirse como “el mayor depósito posible de compuestos acidificantes que no produzca alteraciones químicas con efectos nocivos para la estructura y función del ecosistema” (Gregor y cols., 1996). Para comparar estos datos con las mediciones y los modelos de las tasas de depósito, se han calculado las cargas críticas de Europa en una representación cartográfica con un tamaño de cuadrícula de 50 x 50 km² (Posch y cols., 1997). El criterio para calcular estas cargas críticas no está universalmente aceptado, y algunos experimentos muestran especies comunes de árboles que no son vulnerables a determinadas alteraciones químicas del suelo. No obstante, en general se admite que el excedente ácido por encima de las cargas críticas agota los nutrientes de las plantas, lo cual puede afectar al crecimiento y la vitalidad de los árboles. La superación de las cargas críticas es el único indicador que se conoce para justificar dicho agotamiento a escala europea.

El concepto de carga crítica generalmente empleado para medir los efectos de la acidificación en bosques y suelos es válido también para el agua dulce, en la que los niveles de carga crítica se establecen en función de los daños sufridos por determinados organismos y poblaciones de peces e invertebrados, a consecuencia de las alteraciones químicas del agua provocadas por el depósito ácido.

Se han calculado las cargas críticas respecto al azufre, el nitrógeno acidificante y el nitrógeno eutrofizante. Los efectos eutrofizantes del nitrógeno se asocian con la creciente lixiviación del nitrógeno a las aguas subterráneas, los cursos de agua y los lagos, y con los cambios de los ecosistemas forestales. Los datos sobre cargas críticas recogidos en cada uno de los países de Europa se presentan al Centro de Coordinación de Efectos (CCE), en donde esta información se recopila y agrupa en bases de datos y mapas (los últimos valores están recogidos en Posch y cols., 1977). En la búsqueda de estrategias para reducir las emisiones, la CEPE utiliza el denominado percentil 5 para las cargas críticas condicionales, en casillas de la cuadrícula de 150 x 150 kilómetros del EMEP. El percentil 5 significa que permanecerá sin protección el 5% del área de una de las casillas de la cuadrícula en la que se representen los ecosistemas más sensibles. Dado que la causa de la acidificación es el depósito de azufre y de nitrógeno, la cantidad de azufre tolerada por un ecosistema dependerá también de los niveles de nitrógeno depositados, y viceversa. Si se conocen los valores de estos últimos (mediante estimaciones de modelos, por ejemplo), se puede llegar a deducir las cargas críticas condicionales del azufre, que pueden variar de un año a otro en función de las variaciones del depósito de nitrógeno. De la misma forma, se pueden obtener datos sobre las cargas críticas condicionales del nitrógeno si se conoce el depósito de azufre. Las cargas críticas condicionales serán inferiores (o, teóricamente, iguales) a las cargas críticas estimadas a partir del depósito de azufre. Cada vez que se observa o se calcula un depósito que supera la carga crítica, se registra un valor excedentario. En el apartado 4.4.2 se describen los valores excedentarios estimados.

Si se calculan las reducciones de las emisiones tomando como base el promedio de los valores excedentarios a gran escala en casillas de la cuadrícula de 150 x 150 km, se corre el riesgo de que, dentro de una amplia zona de la cuadrícula, el depósito varíe considerablemente de un punto a otro, por lo que los valores excedentarios reales de los ecosistemas pueden ser muy distintos de los establecidos a partir del depósito promedio.

Agua dulce

Miles de lagos europeos, en particular de la zona septentrional, se han visto gravemente afectados por los efectos del depósito ácido. Su toxicidad puede afectar directamente a los organismos acuáticos, aunque también puede incidir sobre ellos de forma indirecta, pues a veces el incremento ácido provoca la desaparición de elementos no resistentes de flora o fauna incluidos en la cadena trófica u origina complejas alteraciones químicas en el agua. En muchos casos han llegado a desaparecer poblaciones enteras de peces (Hesthagen y cols., 1995).

Si se comparan los datos recogidos en el decenio de 1980 con los de la década de 1990, se observa que la disminución en el depósito de azufre provoca, en muchos lugares, una mejora de la química del agua y una recuperación parcial de la fauna invertebrada (Lükewille y cols., 1997). A escala regional, las concentraciones de sulfatos disminuyen y, en prácticamente todos los casos, las disminuciones son mayores en la década de 1990 que durante el decenio de 1980 (véase la figura 4.1). El Reino Unido, sin embargo, es el único país donde la reducción de las concentraciones de sulfatos es muy leve, a pesar de haber disminuido el depósito de azufre.

Al modificarse las concentraciones de sulfatos, se alteran igualmente las concentraciones de otros componentes del agua. En los países nórdicos (Finlandia, Suecia y Noruega), la alcalinidad del agua disminuyó en el decenio de 1980 (con el consiguiente aumento de la acidificación), pero aumentó durante la década de 1990, permitiendo así una recuperación de las aguas. En muchos países europeos (Italia, Alemania, Países Bajos y Dinamarca), la alcalinidad del agua aumentó en el decenio de 1980 y aceleró su ritmo de crecimiento en la década de 1990. En este caso también el Reino Unido vuelve a ser una excepción, puesto que la alcalinidad de sus aguas dulces no parece haber aumentado durante ese período.

En la figura 4.2 se muestra la proporción de lagos de distintos países en los que se han superado las cargas críticas de azufre. El elevado porcentaje de Noruega se debe a la combinación de un alto depósito de azufre con unas cargas críticas muy bajas, especialmente en el sur. Los resultados para el país de Gales son también elevados pese a sus cargas críticas relativamente altas, a causa de los altos niveles de depósito. El depósito en la península de Kola se debe fundamentalmente a las emisiones de los altos hornos. Los datos de Finlandia y Suecia reflejan que se superaron las cargas críticas en 3.000 lagos finlandeses y en 6.000 lagos suecos.

Otros efectos

El efecto más nocivo de los compuestos acidificantes sobre los materiales se debe casi por completo a la acumulación de dióxido de azufre gaseoso en áreas con elevadas concentraciones de este contaminante. Los menores gastos de mantenimiento y reconstrucción de edificios compensan, en gran medida, los costes derivados de la reducción de las emisiones de dióxido de azufre en Europa (Kucera y Fitz, 1995). Cada vez es mayor la preocupación por los efectos perjudiciales de las partículas en suspensión (PM) en la salud humana, sobre todo en las ciudades (véase el capítulo 12, apartados 12.2.2 y 12.3.2), donde las emisiones acidificantes de azufre y nitrógeno son una de las principales fuentes de formación de partículas con un diámetro inferior a 2,5 micrómetros (PM_{2,5}).

Figura 4.1 Alteraciones del sulfato y la alcalinidad de las aguas de superficie, durante las décadas de 1980 y 1990

Alteraciones anuales del componente de sulfato en las aguas de superficie, durante las décadas de 1980 y 1990 en diversas regiones de Europa

Sulfato

Europa central

Países nórdicos

Reino Unido

Alteraciones anuales de la alcalinidad de las aguas de superficie, durante las décadas de 1980 y 1990 en diversas regiones de Europa
Alcalinidad
Europa central
Países nórdicos
Reino Unido

Nota: los valores negativos indican una disminución del componente de sulfatos o de la alcalinidad; mientras que los valores positivos suponen un aumento. La longitud de las barras representa la magnitud de las alteraciones.

Fuente: Lükewille y cols. (1997).

Figura 4.2 Porcentaje de los lagos de distintos países en los que se sobrepasan las cargas críticas del azufre (S), otoño de 1995

Noruega
País de Gales
Kola (Rusia)
Finlandia
Suecia
Dinamarca
Karelia (Rusia)
Escocia
Porcentaje del total de lagos

Nota: Los valores para Dinamarca y Karelia son provisionales, dado el reducido número de lagos analizados.

Fuente: Henriksen y cols. (1998)

Figura 4.3 Concentraciones de partículas de azufre en la atmósfera en zonas rurales

Ispra, Italia
Jarczew, Polonia
Suwalki, Polonia
Keldsnor, Dinamarca
Tange, Dinamarca
Birkenes, Noruega
High Muffles, Reino Unido
Eskdalemuir, Reino Unido

Nota: las diferencias se indican mediante las escalas verticales

Fuente: EMEP/CCC

Las partículas de sulfatos y de nitratos de amonio transportadas por el aire pueden alterar la visibilidad y actuar como núcleos de condensación en la formación de nieblas y nubes. Las partículas de sulfatos pueden compensar parcialmente, a escala regional, el calentamiento del planeta causado por los gases de efecto invernadero (véase el capítulo 2, apartado 2.3).

4.3. Tendencias de las mediciones de las concentraciones atmosféricas

La disminución de los efectos del depósito ácido observada en Europa se debe a la reducción de las emisiones de dióxido de azufre registrada durante los últimos 15 años, a la correspondiente disminución de las concentraciones atmosféricas de dióxido de azufre y de los aerosoles de sulfatos, y a la menor acidez de las precipitaciones. Esta mejoría es más acusada en zonas del norte y oeste de Europa donde se han aplicado medidas de reducción en las fuentes de emisión.

Cuando las emisiones están relativamente próximas a los puntos de medición, como sucede generalmente con las concentraciones de dióxido de azufre, resulta difícil interpretar las tendencias que siguen estas concentraciones. Las partículas de ácido sulfúrico y de aerosoles de sulfatos permanecen durante más tiempo en la atmósfera que el dióxido de azufre y, por tanto, son más representativas de las tendencias a gran escala. Los datos obtenidos en los emplazamientos de medición del EMEP para los años 1980-93 (figura 4.3) muestran una importante disminución de las concentraciones de sulfatos transportadas por el aire en zonas del norte de Europa y en lugares como Ispra, en el norte de Italia. Estas disminuciones coinciden, en gran parte, con la reducción de emisiones iniciada a mediados del decenio de 1970 en Europa occidental y a finales de la década de 1980 en Europa oriental.

4.4. Depósito de sustancias acidificantes

4.4.1. Tendencias

Las emisiones europeas de azufre han aumentado de forma constante desde 1880 (evolución sólo interrumpida durante la Segunda Guerra Mundial), y alcanzaron su nivel máximo anual en 1980 con 60 millones de toneladas, para luego registrar un pronunciado descenso (véase la figura 4.4) (Mylona, 1996).

El depósito ácido sigue en general la misma pauta que se muestra en la figura 4.5 respecto a dos emplazamientos, uno situado al norte de Noruega y otro al sur de Polonia. Este último es representativo del denominado Triángulo Negro, zona donde confluyen las fronteras de Alemania, la República Checa y Polonia. El descenso del depósito se inició mucho antes en Noruega, ya que las emisiones empezaron a disminuir en Europa noroccidental entre 10 y 15 años antes que en los PECO y en los NEI, en concreto, en la antigua República Democrática Alemana, la República Checa y Polonia.

En la figura 4.6 se muestran las tendencias del depósito de azufre, de nitrógeno oxidado y de nitrógeno reducido en distintos países, para el período comprendido entre 1985 y 1995. Las condiciones atmosféricas y la proximidad a las grandes zonas de emisión varían mucho de un país a otro (véanse los mapas 4.4 y 4.5). Las pautas del depósito coinciden generalmente con los cambios registrados en las emisiones. El descenso de las emisiones de NOx observado en Europa occidental durante ese período ha sido muy bajo; las mejoras procedentes de las nuevas tecnologías y la disminución de las emisiones procedentes de la industria y los hogares se han visto neutralizadas por el mayor uso de vehículos de motor (véase el apartado 4.6).

En toda Europa, el depósito de nitrógeno es cada vez más importante en comparación con el depósito de azufre.

Las consecuencias de las emisiones del dióxido de azufre pueden neutralizarse, en parte, con el depósito de material alcalino, como las cenizas volantes y la pulverización resultante de algunos procesos industriales. La aplicación de medidas de control (Hedin y cols., 1994) ha contribuido al descenso de las emisiones de estos materiales en las últimas décadas, y las cantidades emitidas actualmente son seguramente demasiado escasas para ejercer una neutralización significativa (Semb y cols., 1995). El polvo alcalino desértico, sin embargo, sí puede ejercer un marcado efecto en Europa meridional y suroriental.

4.4.2. Valores excedentarios de las cargas críticas

La figura 4.7 muestra los cambios observados entre 1985 y 1995 en las fracciones del ecosistema europeo en las que se han registrado valores excedentarios. Las pautas concuerdan generalmente con las del descenso de las emisiones. Las diferencias de un año a otro pueden atribuirse a las variaciones de las condiciones meteorológicas. La tendencia descendente del azufre está relacionada con la reducción de las emisiones de SO₂ (véase la figura 4.8). Esto afecta además a toda el área donde se detectan valores excedentarios del nitrógeno acidificante, ya que la carga crítica condicional del nitrógeno es superior cuando disminuye el depósito de azufre. En todo caso, las emisiones totales de nitrógeno (NOx +NH₃) se han mantenido bastante estables durante este período, como se refleja en las escasas alteraciones de los valores excedentarios del nitrógeno eutrofizante, que es independiente del depósito de azufre.

En el mapa 4.1 se puede observar la pauta espacial de los valores excedentarios de la carga crítica condicional del azufre.

Figura 4.4 Emisiones de azufre en Europa, 1880-95

Millones de toneladas

Fuentes: Mylona (1996) y EMEP/MS-CW (a partir de 1980)

Figura 4.5 Depósito de azufre en el sur de Noruega y en el sur de Polonia, 1880-95
Sur de Noruega
Sur de Polonia

Fuentes: Mylona (1996) y EMEP/MSC-W (a partir de 1985)

Mapa 4.1 Valores excedentarios del percentil 5 de las cargas críticas condicionales para el azufre, 1995

Océano ártico
Mar de Barents
Mar de Noruega
Océano atlántico
Mar del norte
Mar báltico
Golfo de Vizcaya
Mar adriático
Mar negro
Mar caspio
Mar tirreno
Mar jónico
Mar mediterráneo

Océano ártico
Tierra de Francisco José
Svalbard
Mar de Barents

Superación de las cargas críticas para el azufre
1:30.000.000
más de 2.000
1.000-2.000
400-1.000
Cargas en eq/ha, cuadrícula- 150 del EMEP
zonas sin valores excedentarios
200-400
40-200
menos de 40

Fuentes: EMEP/MS-CW y CCE

Mapa 4.2 Valores excedentarios del percentil 5 de las cargas críticas condicionales para el nitrógeno acidificante, 1995

Océano ártico
Mar de Barents
Mar de Noruega
Océano atlántico
Mar del norte
Mar báltico
Golfo de Vizcaya
Mar adriático
Mar negro
Mar caspio
Mar tirreno
Mar jónico
Mar mediterráneo

Océano ártico
Tierra de Francisco José
Svalbard
Mar de Barents

Superación de las cargas críticas para el nitrógeno acidificante
1:30.000.000
Cargas en eq/ha, cuadrícula-150 del EMEP
Más de 1.000
400-1.000
zonas sin valores excedentarios
200-400
40-200
menos de 40

Fuentes: EMEP/MSC-W y CCE

Mapa 4.3 Valores excedentarios del percentil 5 de las cargas críticas condicionales para el nitrógeno eutrofizante, 1995

Océano ártico
Mar de Barents
Mar de Noruega
Océano atlántico
Mar del norte
Mar báltico
Golfo de Vizcaya
Mar adriático
Mar negro
Mar caspio
Mar tirreno
Mar jónico
Mar mediterráneo

Océano ártico
Tierra de Francisco José
Svalbard
Mar de Barents

Superación de las cargas críticas para el nitrógeno eutrofizante

1:30.000.000

Cargas en eq/ha, cuadrícula-150 del EMEP

Más de 1000

400-1000

zonas sin valores excedentarios

200-400

40-200

menos de 40

Fuentes: EMEP/MS-C-W y CCE

Los valores máximos se han observado en las áreas próximas a las principales fuentes de emisión en Europa central, al este del Reino Unido y en algunos otros lugares. En determinadas zonas de los países escandinavos, donde las emisiones son bastante escasas, los valores excedentarios son sin embargo bastante numerosos debido a la escasa capacidad de amortiguación del suelo (una forma de neutralizar la acidificación). Ésta es mucho mayor en las zonas del Mediterráneo, por lo que las cargas críticas son mucho más elevadas y los valores excedentarios mucho menos numerosos. Los mapas 4.2 y 4.3 presentan los valores que superan las cargas críticas condicionales para el nitrógeno acidificante y el nitrógeno eutrofizante, respectivamente.

4.5. Emisiones

4.5.1. Tendencias del período 1980-95

Los datos recogidos en este apartado incluyen todas las emisiones procedentes del área del EMEP, tal y como se reflejan en la base de datos de emisiones de este programa (Olendrzynski, 1997). Las figuras 8, 9 y 10 muestran los cambios de las emisiones de SO₂, NO_x y NH₃ entre 1980 y 1995. Las emisiones de SO₂ han ido cayendo desde el principio y de forma constante durante todo el período. Las emisiones de nitrógeno también han seguido, por regla general, una pauta descendente aunque menos rápida, y sólo a partir de la década de 1990. La emisión total de SO₂ descendió aproximadamente un 50 por ciento entre 1980 y 1995 (véase la figura 4.8). Esta disminución fue mucho más pronunciada en los NEI y en la UE, donde se alcanzaron unos valores del 58 y el 57 por ciento, respectivamente, mientras que la disminución en los países de Europa central y oriental se situó en torno al 40 por ciento, y prácticamente sólo a partir de 1990. La disminución de NO_x ha sido menor, pero con una caída del 15 por ciento en todas las emisiones entre 1990 y 1995 (8% en la UE; 29% en los países de Europa central y oriental; y 31% en los NEI) (véase la figura 4.9). Los datos sobre las emisiones de NH₃ anteriores a 1990 son incompletos y dudosos, pero a partir de 1990 se dispone de estimaciones oficiales y fiables para toda Europa, que muestran un descenso del 15 por ciento en el total de las emisiones de NH₃ entre 1990 y 1995 (9% en la UE; 32% en los PECO; y 17% en los NEI) (véase la figura 4.10).

4.5.2. Emisiones por sectores

En la figura 4.11 se muestra que las fuentes de emisión de azufre están dominadas por el sector energético, las de NO_x por el del transporte y las de NH₃ por el agrario. Aún no se dispone de datos definitivos sobre el desarrollo temporal de las distintas emisiones por sectores, pero se deduce que se ha producido una disminución de las emisiones de SO₂ en el sector industrial y un aumento en el sector energético, así como un relevo del sector industrial por el de transporte en las emisiones de NO_x. La agricultura sigue siendo el principal emisor de amoníaco.

4.5.3. Distribución espacial de las emisiones

Los mapas 4.4 y 4.5 muestran la distribución espacial de las emisiones de dióxido de azufre (en toneladas anuales de azufre)

Figura 4.6 Depósito anual, 1985-1995

Azufre
 Sur de Polonia
 Región del Benelux
 Norte de Italia
 Sur de Noruega

Nitrógeno oxidado

Región del Benelux
Sur de Polonia
Norte de Italia
Sur de Noruega

Nitrógeno reducido
Región del Benelux
Norte de Italia
Sur de Polonia
Sur de Noruega

Fuente: EMEP/MSC-W

y de óxidos de nitrógeno y amoníaco (en toneladas anuales de nitrógeno) en Europa durante 1995, según la base de datos de las emisiones conforme a la cuadrícula de 50 x 50 km del EMEP (Olendrzynski, 1997).

Las emisiones de azufre proceden fundamentalmente de Europa central, de algunas zonas del Reino Unido, España, Italia, y puntos de los Balcanes, Ucrania y Rusia. Los diez países mayores emisores de azufre durante el período 1985-90 (en miles de toneladas anuales de azufre) fueron Alemania (2.612), Rusia (2.248), Reino Unido (1.741), Polonia (1.704), Ucrania (1.348), España (1.022), Bulgaria (943), República Checa (894), Italia (827) y Francia (623).

Cada uno de estos diez principales emisores de azufre es, a su vez, el que más contribuye al depósito nacional de azufre, debido al alto índice de depósito seco de SO₂ en la proximidad de la fuente de emisión. Más de la mitad del azufre depositado dentro de las fronteras de algunos de los países circundantes (Austria, Bélgica, Dinamarca, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Suiza, Suecia, Bielorrusia, Letonia y Lituania) procede de los 10 principales emisores. Esta pauta se refleja igualmente en los valores excedentarios de las cargas críticas (véase el mapa 4.1).

La pauta de las emisiones de nitrógeno es más homogénea que la de las emisiones de azufre, lo que se refleja claramente en los Países Bajos, en Alemania occidental y en el sur del Reino Unido. En el apartado 4.4.1 ya se indicó que las emisiones de nitrógeno están convirtiéndose en una importante fuente de acidificación. En amplias zonas de Francia, España, Italia, Países escandinavos, países de Europa central y oriental y en los NEI, las emisiones de nitrógeno son ahora superiores a las de azufre. Los diez principales países emisores del total de nitrógeno (NO_x y NH₃, en miles de toneladas anuales de nitrógeno) fueron Rusia (1.610), Alemania (1.486), Reino Unido (1.067), Francia (1.064), Italia (938), Ucrania (880), Polonia (793), España (615), Rumania (388) y Países Bajos (355).

En Bulgaria, Dinamarca, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, Portugal, Rumania, España, Turquía, Reino Unido y Ucrania, las emisiones nacionales aportan más de la mitad del depósito de nitrógeno interno. Los demás países reciben más del 50 por ciento de fuentes externas al país.

El depósito total de nitrógeno está, en cierto modo, más localizado que el del azufre, aunque su transporte es de carácter transfronterizo (véase el recuadro 4.1). Las diferencias en las distancias recorridas por las dos sustancias se reflejan en los mapas de los valores excedentarios de las cargas críticas (mapas 4.1 y 4.2).

4.6. Fuerzas motrices: el transporte

La principal causa de los progresos registrados en el control de la acidificación es la constante disminución de las emisiones de dióxido de azufre. El principal foco de atención es el sector del transporte, que se ha convertido en el mayor emisor de óxidos de nitrógeno, y en él se centran las medidas medioambientales para controlar el creciente uso de vehículos. Estos son también una fuente importante de otros contaminantes atmosféricos, como el monóxido y el dióxido de carbono, las partículas en suspensión y los compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM). Asimismo, empieza a ser motivo de preocupación la toxicidad de algunos compuestos orgánicos como el benceno y el butadieno-1,3. El transporte por carretera emite además hidrocarburos poliaromáticos y plomo, en el caso de los coches que utilizan gasolina con plomo.

Exponemos a continuación algunos de los factores que contribuyen en Europa a incrementar las emisiones de los contaminantes procedentes del sector del transporte:

- uso cada vez mayor del transporte por carretera, en particular camiones y coches, en lugar del ferrocarril;
- mayor uso del transporte aéreo, medio que ha conocido el crecimiento más rápido en toda Europa;

- gran potencial de crecimiento del transporte privado en Europa oriental, siguiendo las pautas de crecimiento de Europa occidental.

Figura 4.7 Fracción de Europa con valores excedentarios de las cargas críticas, 1985-95

Porcentaje de la superficie total reflejada en el EMEP

Azufre acidificante

Nitrógeno acidificante

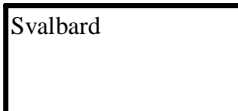
Nitrógeno eutrofizante

Nota: Estimaciones de la fracción de la superficie europea con valores excedentarios en las cargas críticas (percentil 5) para el azufre y el nitrógeno, y la carga crítica (constante) del nitrógeno eutrofizante. Cálculos realizados a partir de las casillas de la cuadrícula de 150 x 150 km del EMEP, utilizando las estimaciones de los ecosistemas afectados por el excedente para cada casilla (Posch, 1997).

Fuente: EMEP/MS-CHEM y CCE

Mapa 4.4 Emisiones de azufre en 1995, con una resolución de 50 km (toneladas anuales de azufre)

Océano ártico
Mar de Barents
Mar de Noruega
Océano atlántico
Mar del norte
Mar báltico
Golfo de Vizcaya
Mar adriático
Mar negro
Mar caspio
Mar tirreno
Mar jónico
Mar mediterráneo



Más de 50.000
10.000 - 50.000
5.000 - 10.000
1.000 - 5.000
Emisiones de azufre
1 : 30.000.000
Emisión en toneladas, cuadrícula-50 del EMEP
500 - 1.000
100 - 500
1-100

Notas: Incluye las emisiones procedentes de la navegación en el Mar del Norte y en el Atlántico nororiental (Lloyd's, 1995). Se dispone de pocos datos sobre las emisiones procedentes de la navegación en el Báltico, y de casi ninguno respecto al Mediterráneo y el Mar Negro. Las emisiones en estos mares están muy subestimadas. Fuente: EMEP

Mapa 4.5 Emisiones de óxidos de nitrógeno y de amoníaco en 1995 con una resolución de 50 km (toneladas anuales de nitrógeno)

Océano ártico
Mar de Barents
Mar de Noruega
Océano atlántico
Mar del norte
Mar báltico
Golfo de Vizcaya
Mar adriático
Mar negro
Mar caspio
Mar tirreno
Mar jónico
Mar mediterráneo

Más de 50.000
10.000 - 50.000
5.000 - 10.000
1.000 - 5.000

Emisiones de óxidos de nitrógeno y amoníaco

1 : 30.000.000

Emisión en toneladas, -50 del EMEP

500-1.000

100 - 500

1 - 100

Notas: Incluye emisiones procedentes de la navegación en el Mar del Norte y en el Atlántico nororiental (Lloyd's, 1995). Se dispone de pocos datos sobre las emisiones procedentes de la navegación en el Báltico, y de casi ninguno respecto al Mediterráneo y el Mar Negro. Las emisiones en estos mares están muy subestimadas. Fuente: EMEP

4.6.1. Utilización del transporte

Transporte de mercancías

La figura 4.12 refleja los cambios observados en el transporte de mercancías entre 1985 y 1995. El mayor propulsor del continuo aumento del transporte de mercancías en Europa occidental es el tráfico por carretera. El transporte ferroviario descendió un 20 por ciento, debido en parte a la reestructuración económica de la antigua Alemania Oriental. Sólo un 17 por ciento del transporte se efectúa actualmente por este medio.

Aunque el transporte de mercancías por ferrocarril es, proporcionalmente, más importante en los PECO y en los NEI que en Europa occidental, su uso ha conocido un brusco descenso, debido nuevamente a la reestructuración económica. El crecimiento del transporte de mercancías por carretera a partir de 1993 parece indicar que estos países siguen las pautas de Europa occidental.

En el mapa 4.6 puede observarse la proporción de mercancías desplazadas por carretera en diferentes países.

Transporte de pasajeros

El transporte de pasajeros en Europa sigue en constante crecimiento. En los diez años anteriores a 1994, el transporte aéreo aumentó un 82 por ciento, y el uso de vehículos privados un 46 por ciento; el transporte en autobús y en tren aumentaron, respectivamente, un 15 y un 3 por ciento. En este caso también se observan notables diferencias entre las pautas seguidas en Europa oriental y occidental (figura 4.13).

El porcentaje de automóviles en propiedad es superior en países como Alemania, Suiza, Austria e Italia, lo que refleja un superior nivel de vida. Esta situación es un indicio del aumento del número de vehículos que se producirá en los demás países europeos.

En los países de Europa central y oriental se está pasando, de forma generalizada, del transporte público al privado. Este cambio, además de provocar mayores congestiones urbanas y graves dificultades de aparcamiento en las ciudades, que no están diseñadas para la circulación de tan elevado número de vehículos, fomenta un notable aumento de la contaminación. Por otra parte, también se han reducido o reestructurado las redes de transporte público. En Polonia, por ejemplo, en 1993 estaban en funcionamiento 24.000 kilómetros de líneas férreas, de las que sólo quedarán 14.000 kilómetros una vez concluya el programa previsto de construcción de carreteras (Hall, 1993).

Paralelamente al aumento del transporte por carretera, se ha expandido la red de carreteras en Europa, en detrimento de la ferroviaria, que no ha crecido o se ha visto reducida. A lo largo de todo el continente se han construido autopistas cuya longitud, tan sólo en la UE, ha aumentado por encima del 200 por ciento desde 1970. La longitud total de todo tipo de carreteras también ha conocido un notable incremento (17% en la UE y 12% en los PECO desde 1970).

Figura 4.8 Emisiones de SO₂ en Europa, 1980-95

Millones de toneladas
Toda Europa
Europa occidental
PECO
NEI

Figura 4.9 Emisiones de NO_x en Europa, 1980-95

Millones de toneladas
Toda Europa
Europa occidental
PECO
NEI

Figura 4.10 Emisiones de NH3 en Europa, 1980-95

Millones de toneladas
Toda Europa
Europa occidental
PECO
NEI

Fuente: EMEP/MSC-W

La pauta seguida por los ferrocarriles coincide con las tendencias de las mercancías transportadas. La red ferroviaria ha disminuido en la UE en un 6 por ciento, mientras que en los países de Europa central y oriental y en los NEI ha permanecido prácticamente igual.

Gran parte de las perspectivas energéticas planteadas en el apartado 2.7.2 se basan en el supuesto de que el uso del transporte continuará creciendo en toda Europa (Amman, 1997). Dentro de la UE, se prevé que el consumo energético de los vehículos pasará de 15 GJ/ cápita a 18 GJ/ cápita entre 1990 y el año 2010. En los países de Europa central y oriental y en los NEI, según la "hipótesis más ortodoxa", sería de esperar que este consumo pasara de 3,6 a 5,4 GJ/ cápita. La perspectiva según la cual el consumo de energía de estos países coincidirá con los niveles alcanzados en Europa occidental nos llevaría a un consumo total, dentro de Europa, de 12 GJ/ cápita, aumento que se centraría en particular en los PECO y que provocaría en estos países un crecimiento de las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los vehículos.

Mientras se espera que aumente el consumo energético del transporte, también puede caer la intensidad energética de este sector (consumo energético por unidad de PIB). Dentro de la UE se espera que la intensidad energética del transporte descienda de 0,76 a 0,64 MJ/ECU del PIB, entre 1990 y el 2010. En los PECO y en los NEI este descenso puede pasar del 1,92 al 1,61 MJ/ECU del PIB, según la "hipótesis más ortodoxa", y al 1,11 MJ/ECU del PIB, según la perspectiva de "convergencia energética" (Amman, 1997). Como puede apreciarse, existen grandes posibilidades de que estos países conozcan un significativo aumento de la eficiencia de sus sistemas de transporte.

4.6.2. Control de las emisiones del transporte por carretera

Dentro de Europa se han tomado algunas medidas legislativas para controlar las emisiones procedentes del transporte por carretera. Según la Directiva 91/441/CEE de la UE, todos los nuevos vehículos con motor de ignición deben incorporar, desde 1993, catalizadores de tres vías. Desde la aplicación de esta medida, han descendido las emisiones de NO_x, CO y COVNM procedentes de los vehículos. Están previstas para el año 2001 más medidas de control similares, aunque, si el tráfico sigue en aumento, dentro de aproximadamente 15 años, volverán a incrementarse las emisiones.

La adquisición de vehículos cada vez más grandes y dotados de mayor equipamiento adicional, que exigen mayor consumo de combustible, aumenta las emisiones totales de CO₂, cuyo incremento está previsto con el uso intensivo del transporte, aunque aún es difícil predecir en qué proporción.

Algunas medidas fiscales pueden favorecer el uso de combustibles menos contaminantes. En la figura 4.14, que refleja las tendencias de los precios de los combustibles del transporte por carretera desde 1978, puede apreciarse que, aunque las pautas seguidas por el consumo de Diesel y de gasolina son similares, el precio de esta última es superior por las medidas fiscales aplicadas. El coste medio en Europa de la gasolina sin plomo era, en 1996, igual que el de la gasolina con plomo.

La publicación por parte de la CEE, de un Libro Verde sobre una regulación más justa y eficaz de los precios ha dado un nuevo impulso al debate sobre la internacionalización de los costes externos. Desde 1993, se ha implantado en la UE un conjunto de "Euroviñetas", con el fin de crear un sistema de precios común para los camiones pesados que transiten por las carreteras de la Comunidad. Las propuestas de actualización y reforma del sistema aún no son definitivas pero, entre otras cosas, se prevé aplicar tarifas más bajas a los vehículos que se adapten a las nuevas normas Euro II sobre emisiones.

Figura 4.11 Emisiones de sustancias acidificantes por sectores, 1994/95

SO²

industria

transporte

hogares

otros

energía

Total: 18,5 millones de toneladas

NO_x

transporte

hogares

otros

energía

industria

Total: 15,5 millones de toneladas

NH₃

agricultura

industria

transporte

Total: 4,5 millones de toneladas

Notas: Sólo se dispone de datos para la UE , la AELC y los PECO. Los datos relativos a la UE se refieren a 1994 y los de la AELC y los PECO a 1995. No se dispone de datos sobre otros países europeos. Fuentes: AEMA y ETC/AE.

Mapa 4.6 Transporte de mercancías por carretera en comparación con el transporte general por carretera, ferrocarril, vías navegables interiores y conducciones, 1995

Transporte de mercancías
1:30.000.000
Mercancías trasladadas por carretera
80-98%
60-80%
40-60%
20-40%
2-20%
datos insuficientes

Océano ártico
 Mar de Barents
 Islandia
 Mar de Noruega
 Finlandia
 Océano atlántico
 Finlandia
 Noruega
 Suecia
 Estonia
 Irlanda
 Reino Unido
 Dinamarca
 Letonia
 Federación rusa
 Mar del norte
 Dinamarca
 Mar báltico
 Lituania
 a Fed. rusa
 Países Bajos
 Belarús
 Bélgica
 Alemania
 Polonia
 Luxemburgo
 República checa
 República eslovaca
 Ucrania
 Golfo de Vizcaya
 Francia
 Austria
 Hungría
 Moldavia
 Eslovenia
 Croacia
 Rumanía

Bosnia-Herzegovina
Mar adriático
Georgia
Mar caspio
Azerbaiyán
Armenia
a Acerb.
Portugal
España
Italia
Rep. fed. Yugoslavia
Bulgaria
Mar negro
REYDM (Rep. ex-yug. de Macedonia)
Albania
Mar tirreno
Mar jónico
Grecia
Turquía
Chipre
Mar mediterráneo
Malta

Fuente: UNSTATO, CEMT

El porcentaje de gasoil utilizado en el transporte por carretera pasó del 33 por ciento en 1980 al 48 por ciento en 1993. Este aumento puede reducir marginalmente las emisiones de CO₂, si bien puede provocar que aumenten en las zonas urbanas las emisiones de partículas y de NO_x, asociadas con algunas afecciones sanitarias. Los vehículos de motor Diesel presentan alguna ventaja sobre los de gasolina en lo que respecta a las emisiones de NO_x, CO y COVNM, ventaja que desaparece cuando los vehículos de gasolina llevan catalizadores integrados.

Otro de los contaminantes procedentes del transporte por carretera es el plomo que se añade a la gasolina para aumentar los octanos. Ésta puede ser una de las principales fuentes de la concentración de plomo que se observa en la atmósfera de las ciudades (véase la figura 12.7), motivo por el que muchos países han empezado a fomentar el consumo de gasolina sin plomo para reducir estas emisiones (mapa 4.7). En algunos países de Europa oriental, los motores funcionan generalmente con gasolina de pocos octanos sin tener que añadir plomo, sustancia que daña además los catalizadores, por lo que los vehículos que los incorporan deben utilizar gasolina sin plomo. Así pues, la incorporación de catalizadores a los vehículos para reducir las emisiones ácidas ha de ir acompañada del consumo de gasolina sin plomo.

La gasolina sin plomo es un 2 por ciento más cara que la que contiene plomo, por lo cual algunos países han introducido medidas fiscales para favorecer su consumo que, junto con la obligación de incorporar catalizadores y las necesarias medidas de concienciación, están favoreciendo el descenso de las emisiones de plomo en el transporte por carretera (véase la figura 6.4).

Figura 4.12 Transporte de mercancías en Europa, 1985-1995

miles de millones de toneladas - kilómetros
 Europa occidental
 total
 vías navegables interiores
 ferrocarril
 conducciones
 carretera

miles de millones de toneladas - kilómetros
 Europa central y oriental

Figura 4.13 Transporte de pasajeros en Europa, 1995

Europa occidental
 PECO
 NEI
 avión
 tren
 autobús
 coche

Fuente: UNSTATO, CEMT

Mapa 4.7 Gasolina sin plomo en Europa, 1996

Consumo de gasolina sin plomo

1:30.000.000

porcentaje de gasolina sin plomo frente al total de las gasolinas

>95%

75-95%

<50%

sin datos

Océano ártico

Mar de Barents

Islandia

Mar de Noruega

Finlandia

Océano atlántico

Finlandia

Noruega

Suecia

Estonia

Irlanda

Reino Unido

Dinamarca

Letonia

Federación rusa

Mar del norte

Dinamarca

Mar báltico

Lituania

a Fed. rusa

Países Bajos

Belarús

Bélgica

Alemania

Polonia

Luxemburgo

República checa

República eslovaca

Ucrania

Golfo de Vizcaya

Francia

Austria

Hungría

Moldavia

Eslovenia

Croacia

Rumanía

Bosnia-Herzegovina

Mar adriático

Georgia

Mar caspio

Azerbaiyán

Mar caspio

Armenia
a Acerb.
Portugal
España
Italia
Rep. fed. Yugoslavia
Bulgaria
Mar negro
REYDM (Rep. ex-yug. de Macedonia)
Albania
Mar tirreno
Mar jónico
Grecia
Turquía
Chipre
Mar mediterráneo
Malta

Fuente: Ministerio danés de Medio Ambiente, 1998

4.7. Respuestas

Existen dos puntos débiles importantes en el empleo de la política europea del transporte para combatir la acidificación: los poderes limitados de la UE y de otros organismos supranacionales, y la prioridad concedida al fomento de la apertura de mercados y al desarrollo económico, muchas veces a expensas del medio ambiente. En el Quinto Programa de Acción Medioambiental (5PAM), se reconoció que para crear una red de transportes viable se requería una actuación concertada, no sólo entre las instituciones de la UE, sino también de los gobiernos locales y nacionales, las empresas y los particulares y todos los demás interesados.

Desde entonces, se ha emprendido un programa de actuación de cinco años para elaborar una política europea del transporte y se ha publicado un Libro Blanco sobre competitividad y libre acceso a las redes ferroviarias. Otra iniciativa en la que han participado la Comisión y la industria petrolera es el Programa Auto Oil,

Figura 4.14 Precios de los combustibles del transporte por carretera en Europa 1978-96

dólar por litro
gasolina con plomo
gasolina sin plomo
gasoil

Fuente: OIE

Tabla 4.1 Objetivos actuales y futuros de la CEPE y la UE para reducir las emisiones en relación con la acidificación y la eutrofización

Protocolos actuales de la CEPE	Año	Objetivo principal
Primer protocolo sobre el azufre (Helsinki) 1985		Reducir, para 1993, las emisiones y flujos transfronterizos de azufre en un 30% sobre los niveles de 1980
Segundo protocolo del azufre (Oslo)	1994	Fijar límites máximos de emisión a escala nacional para el 2000 (y en algunos casos para el 2005/2010) a partir del objetivo provisional de reducir en un 60 por ciento las diferencias entre los valores excedentarios y las cargas críticas del percentil 5 para el depósito de azufre.
Primer protocolo sobre NOx (Sofía)	1988	Estabilizar, para 1994, las emisiones y los flujos transfronterizos de NOx en los niveles de 1987.

Protocolos de la CEPE en preparación Año (previsto) Objetivo principal

Protocolo de múltiples contaminantes multiefecto y niveles) y de la eficacia en relación

1999 Establecer límites máximos de emisión a escala nacional para el NO_x, NH₃ y COV en función de los efectos producidos (cargas críticas con el coste, con el fin de reducir la acidificación, eutrofización y el ozono troposférico, además de reducir las emisiones de COVNM (véase también capítulo 5).

Política actual de la UE**Año****Objetivo principal**

Objetivo del 5PAM para el SO₂

1992

Reducir el nivel de 1985 en un 35% para 2000. Ya están en vigor o en revisión varias Directivas orientadas a la consecución de este objetivo.

Objetivo del 5PAM para el NO_x

1992

Estabilizar los niveles en 1994 y reducirlos en un 30% para 2000, en relación con los niveles de emisión de 1990. Ya están en vigor o en proyecto varias Directivas orientadas a la consecución de este objetivo.

Estrategia de la UE en preparación**Año (previsto)****Objetivo principal**

Reducción de las emisiones de NO_x y NH₃

1998

todas

Reducir las emisiones de SO₂, NO_x y SO₂, y NH₃ en función de los efectos (cargas críticas) y de la eficacia en relación con el coste, a fin de alcanzar para 2010, el objetivo provisional de reducir al menos en un 50% la diferencia (según la hipótesis de referencia que incluye las Directivas (vigentes y en proyecto) de la UE), en cada una de las zonas de ecosistemas que superen las cargas críticas de acidez total.

orientado a combatir las emisiones de los vehículos de carretera y salvaguardar la calidad del aire. Se ocupa de las emisiones de los vehículos, de las normas de calidad de los combustibles, del control de las emisiones por evaporación y de los programas de mantenimiento e inspección. En la actualidad se encuentra en fase de preparación el segundo programa "Auto-Oil II".

El control de las emisiones derivadas del transporte por carretera forma parte de una serie de estrategias orientadas a combatir el problema de la acidificación en Europa a escala nacional e internacional. Estas iniciativas son el resultado del Convenio de Ginebra de la CEPE, celebrado en 1979, sobre contaminación fronteriza a larga distancia (LRTAP), primer tratado multilateral sobre la contaminación atmosférica, y del Quinto programa de acción medioambiental de la UE (5PAM). En la tabla 4.1 se resumen los protocolos de la CEPE y las políticas de la UE, y en la tabla 1 del resumen del presente informe se describen los objetivos alcanzados hasta el momento.

Dióxido de azufre (SO₂)

En el primer protocolo sobre el azufre, en virtud del Convenio LRTAP, se fijó el objetivo de reducir las emisiones de 1993 un 30 por ciento por debajo de los niveles de 1980. En el segundo protocolo firmado en 1994, se establecía que a largo plazo, no se debían sobrepasar las cargas críticas del azufre. Un objetivo provisional era tratar de reducir para el año 2000 las diferencias entre los niveles de depósito de 1990 y el percentil 5 de cargas críticas del azufre en, al menos, un 60 por ciento. Estos objetivos de reducción de emisiones se han establecido en los distintos países de Europa a partir de análisis de rentabilidad.

El objetivo fijado en el primer protocolo se ha cumplido en toda Europa y por parte de casi todos los países que ratificaron el Convenio. No está tan claro que vayan a alcanzarse los objetivos fijados para el año 2000, ya que se prevé, por ejemplo, que en toda la UE la reducción sea de un 62 por ciento con respecto a los niveles de 1980. En 1995 se logró reducir estos niveles en un 57 por ciento (Europa en su conjunto alcanzó aproximadamente un 50%).

La reducción de las emisiones de SO₂ establecidas para el año 2000 en el 5PAM (un 35% de los niveles de 1985) se ha conseguido en el conjunto de la UE, donde la disminución global en 1995 fue del 40 por ciento, así como en la mayoría de los Estados miembros.

Estos descensos de las emisiones de SO₂ en Europa entre 1980 y 1995 se deben fundamentalmente a las medidas de reducción aplicadas a fuentes con numerosos puntos de emisión (desulfuración de gases de combustión y carbón con bajo contenido de azufre). Son también atribuibles a otras medidas, como la sustitución del carbón por el gas natural y la pérdida de importancia del primero, la renovación de las centrales energéticas y la reestructuración de la economía en los PECO y los NEI.

Para alcanzar el objetivo a largo plazo establecido en el segundo protocolo, los países signatarios del Convenio LRTAP deberán reducir aún más sus emisiones, para lo que ya se han emprendido, dentro de la UE, algunas iniciativas orientadas a reducir los niveles de azufre, entre las que cabe citar las siguientes:

- estrategia sobre acidificación: en marzo de 1997 la Comisión adoptó una Comunicación relativa a una estrategia comunitaria para combatir la acidificación (COM(97)88);
- revisión de la Directiva (88/609/CEE) sobre grandes plantas de combustión para reducir sus emisiones de SO₂ y de NO_x;
- Directiva (93/12/CEE) para establecer los niveles máximos de azufre en gasolinas y gasoil;
- propuesta de una nueva Directiva para fijar el contenido máximo de azufre en combustibles densos;

- serie de Directivas para establecer los valores máximos de emisión de distintos vehículos de carretera y varias propuestas para establecer nuevas Directivas a partir de los resultados obtenidos con el Programa Auto Oil;
- Directiva sobre prevención y control integrados de la contaminación.

Las estrategias seguidas dentro de la UE para reducir las emisiones están estrechamente ligadas con las adoptadas por la CEPE (Amann y cols., 1997).

Óxidos de nitrógeno (NOx)

El objetivo del primer protocolo sobre NOx del Convenio LRTAP, de estabilizar para 1994 las emisiones en el nivel de 1987, se alcanzó en Europa en su conjunto, pero no por parte de todos los firmantes del protocolo.

En la actualidad, se pretende ampliar los objetivos y ultimar las negociaciones para firmar, en 1998, un nuevo protocolo sobre NOx, que contemplará múltiples contaminantes multiefecto, esto es, el problema de la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico junto con las emisiones de NOx, NH3 y COV. Al igual que con el segundo, con este nuevo protocolo se pretende reducir todo lo posible, e incluso eliminar, los efectos que deterioran el medio ambiente, aplicando el sistema que resulte más eficaz con relación al coste.

En el nuevo protocolo, los medios utilizados para optimizar los costes deberán respetar los objetivos de calidad establecidos para la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico.

El objetivo del 5PAM es reducir las emisiones de NO_x en un 30 por ciento entre 1990 y el año 2000. En 1995, se alcanzó una reducción del 8 por ciento, y no parece probable que vayan a alcanzarse en el año 2000 los objetivos previstos. Se espera que el tráfico por carretera siga aumentando, por lo que los resultados de las medidas aplicadas para reducir las emisiones de los vehículos, como la adopción de normas de emisión más estrictas, no empezarán a apreciarse hasta después del año 2000, en parte debido a la lentitud con la que se renueva la flota de vehículos. La reducción de emisiones de las fuentes estacionarias de NO_x continuará en función del nivel de demanda energética, de las mezclas de combustibles y de la velocidad con la que los Estados miembros implanten los recursos de las directivas más importantes (como las directivas sobre grandes plantas de combustión y sobre prevención y control integrados de la contaminación)

Para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico, es necesario que las emisiones de NO_x sigan disminuyendo después del año 2000. Las estrategias, objetivos y medidas adoptados en la UE sobre acidificación son muy similares y se integran de lleno con las establecidas en el segundo protocolo del Convenio LRTAP sobre NO_x. El objetivo provisional de la estrategia de control de la acidificación fijado por la UE es seguir reduciendo las emisiones de NO_x en un 55 por ciento entre 1990 y el año 2010.

Amoníaco (NH₃)

Por el momento, no se han fijado objetivos de carácter internacional para reducir las emisiones de amoníaco ni bajo los auspicios de la UE ni del Convenio LRTAP. Entre 1990 y 1995, se ha producido un ligero descenso de las emisiones de amoníaco como resultado de la menor actividad agraria (disminución de la cabaña ganadera). El amoníaco es uno de los contaminantes incluidos en las negociaciones del nuevo protocolo sobre NO_x elaborado por el Convenio LRTAP, y se espera que una de las próximas directivas de la estrategia de acidificación de la UE introduzca niveles máximos para la emisión de amoníaco a escala nacional.

Referencias bibliográficas

Amann, M., Bertok, I., Cofala, J., Gyarfas, F., Heyes, C., Klimont, Z., Schopp, W., Hettelingh, J.-P. y Posch, M. (1997). Cost-effective control of acidification and ground level ozone. Second Interim Report. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Becher, G., Förster, M., Lorenz, M., Minnich, M., Möller-Edzards, C., Stephan, K., van Ranst, E., Vanmechelen, L. y Vel, E. (1996). Forest condition in Europe, Results of the 1995 Survey. EC-UN/ECE, Brussels, Belgium, Geneva, Switzerland.

Gregor, H.D., Werner, B. y Spranger, T. (eds.) (1996). Manual on methodologies for mapping critical loads/levels and geographical areas where they are exceeded. Task Force on Mapping (TFM), UBA Texte 71/96. Umweltbundesamt (UBA), Berlín, Alemania.

Hall, D. R. (1993). Transport and Economic Development in New Central and Eastern Europe. Belhaven Press, Londres, Reino Unido.

Hedin, L.O., Granat, L., Likens, G.E., Buishand, T.A., Galloway, J.N., Butler, T.N., y Rodhe, H. (1994). Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America. En: Nature, Vol. 367, págs. 351-354.

Henriksen, A., Skjelkvåle, B.L., Mannio, J., Wilander, A., Harriman, R., Curtis, C., Jensen, J.P., Fjeld, E., y Moiseenko, T. (1998). Northern Europe Lake Survey - 1995, Finland , Norway , Sweden, Denmark, Russian Kola, Russian Karelia, Scotland and Wales. *Ambio*, en prensa.

Hesthagen, T., Berger, H. M., Larsen, B.M. y Saksgård, R. (1995). Monitoring fish stocks in relation to acidification in Norwegian watersheds. En: *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, págs. 641-646.

Kucera, V. y Fitz, S. (1995). Direct and indirect air pollution effects on materials including cultural monuments. En: *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, págs. 153-165.

Lorenz, M., Augustin, S., Becher, G. y Förster, M. (1997). Forest condition in Europe. Results of the 1996 crown condition survey. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Hamburg, Germany. EC-UN/ECE, Brussels, Belgium, Geneva, Switzerland.

Lloyd's Register of Shipping (1995). Marine Exhaust Emission Research Programme. Lloyd's Register of Shipping, Londres, Reino Unido.

Lükewille, A., Jeffries, D., Johannessen, M., Raddum, G., Stoddard, J., Traaen, T. (1997). The Nine Year Report: Acidification of Surface Waters in Europe and North

America. Long-term Developments (1980s and 1990s). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes,.NIVA-Report, Serial No. 3637-97, 168 páginas.

Ministerio danés de Medio Ambiente (1998). Fourth meeting of the task force on the phase-out of lead in gasoline. Country Assessment Report. EPA danesa.

Mylona, S. (1996). Sulphur dioxide emissions in Europe 1880-1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions. En: *Tellus*, Vol. 48 B, págs. 662-689.

Olendrzynski, K. (1997). Emissions. In *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*. Ed: Berge, E.. EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Noruega.

Posch, M., Hettelingh, J.-P., de Smet P.A.M. y Downing, R.J. (eds.) (1997). Calculation and mapping of critical thresholds in Europe: Status Report 1997. Co-ordination Centre for Effects. National Institute of Public Health and the Environment. Report no. 2591101007, Bilthoven, Países Bajos.

Posch, M. (1997). Personal Communication. National Institute of Public Health and the Environment. Bilthoven, Países Bajos.

Semb, A., Hanssen, J.E., François, F., Maenhaut, W. y Pacyna, J.M. (1995). Long range transport and deposition of mineral matter as a source for base cations. En: *Water, Air, Soil Pollution*, Vol. 85, págs. 1933-1940.

Tsyro, S.G. (1997). Long-term source-receptor calculations for acidifying and eutrophying compounds. En: *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*, Berge, E. (ed.). EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Noruega.