

# EL DERECHO DE LA ATMOSFERA (\*)

POR

RAMÓN MARTÍN MATEO

**SUMARIO:** 1. EMERGENCIA DE UN NUEVO ORDENAMIENTO: A) *Características*. B) *La reacción suscitada*.—2. LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO: A) *Las conclusiones científicas*. B) *Las medidas contempladas*.—3. EL EFECTO INVERNADERO: A) *La trayectoria del clima*: a) La causalidad natural. B) *La obra del hombre*. C) *Las consecuencias*: a) La alteración del clima. b) Impacto geográfico y actividades humanas. c) Agricultura e hidrología a escala regional. D) *Las posibles medidas correctoras*: a) Actuaciones sobre los precios. b) Eficiencia energética. c) Retirada del CO<sub>2</sub>. d) Priorizaciones en el uso de combustibles fósiles. e) El control de emisiones de otros gases invernadero. f) La política forestal. g) Energías renovables. h) La energía nuclear. E) *La insuficiente reacción jurídica*: a) La ausencia de medidas nacionales. b) La incipiente concienciación internacional.—3. LA LLUVIA ÁCIDA Y LA CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA: A) *Precedentes*. B) *Características*. C) *Intervenciones correctoras*: a) El ordenamiento internacional. b) La Comunidad Económica Europea.—4. LA PERECUACIÓN ECONÓMICA PENDIENTE.

## 1. LA EMERGENCIA DE UN NUEVO ORDENAMIENTO

Hace ya algunos años llamé la atención sobre la aparición de un *Corpus* de nuevas responsabilidades públicas que se centraba en torno a las intervenciones tendentes a eliminar o paliar la contaminación atmosférica (1). En estos momentos asistimos a una clara consolidación de estas tendencias como consecuencia de la difundida preocupación a escala mundial sobre el creciente deterioro de la cubierta gaseosa de nuestro Planeta.

En 1982 se firmó en Montego Bar la Convención sobre el Derecho del Mar, que por cierto abarca también la contaminación por causas atmosféricas, que ha dado lugar a una auténtica normativa común para la preservación del medio marino, desarrollada o completada por otras Convenciones de ámbito más limitado. Con más ambición y alcance se afianza ahora, como nos proponemos demostrar, un derecho de la atmósfera que han detectado ya juristas socialmente sensibles (2).

(\*) Texto destinado a la nueva edición del *Derecho ambiental*, del autor.

(1) R. MARTÍN MATEO, *La Administración de la atmósfera*, en «Revista Española de Derecho Administrativo», núm. 7/1975.

(2) Vid. KISS, *Du novcau dans l'air. Des pluies acides a la couche d'ozone*, en

Esta normación recibió un importante apoyo con ocasión de la Conferencia internacional de Toronto de junio de 1988 sobre «El cambio atmosférico: implicaciones para la seguridad global», en la que se abogaba por el enérgico impulso de iniciativas dirigidas a contrarrestar las crecientes perturbaciones producidas en este medio, expresándose la aspiración de que hacia 1992 pudiera llegarse a un acuerdo internacional sobre los aspectos básicos de la protección de la atmósfera.

Un paso más en este sentido se dio con la celebración de la «Reunión de expertos legales y políticos» que tuvo lugar en Ottawa, en febrero de 1989, y que se propuso desarrollar una estructura legal e institucional adecuada para abordar los problemas atmosféricos actuales y futuros, preparándose un convenio-marco sobre la protección de la atmósfera y el cambio de clima, sin perjuicio de que paralela o sucesivamente se adoptasen protocolos específicos sobre temas como: el anhídrido carbónico; metano; cloro-flúor-carbonos; óxido de nitrógeno; ozono troposférico; deforestación; creación de un fondo mundial. Todo ello, naturalmente, con trascendencia a la restricción de la soberanía de los Estados (3).

Se revela efectivamente necesario un enfoque global para el tratamiento de los problemas atmosféricos que responda al carácter integrado e interrelacionado de los factores implicados. Esta metodología fue enérgicamente defendida en Ottawa por el ponente general, LAMMERS (4), aunque encontró una importante oposición, al menos de carácter táctico, por parte de personalidades significativas de las organizaciones internacionales ambientales como Mostafa TOLBA, director del PNUMA (5), quien, en su alocución al «Meeting of Legal and Policy Experts», se inclinó por la adopción de planes separados de acción y acuerdos sobre los problemas específicos que amenazan el clima, lo que sería, a su juicio, más efectivo y realizable que la consecución de un extenso compromiso que intentaría abordar todo, pero que necesitaría para ello de un tiempo interminable.

---

«Annuaire Française de Droit International», 1985, y BRUCE, *Law of the Air. A Conceptual Outline*, en «Environmental Policy and Law», núm. 18/1988, págs. 5 y ss.

(3) Vid. *Protection of the Atmosphere International Meeting of Legal and Policy Experts*, 20-22 febrero 1989, Ottawa, *Statement of the Meeting*.

(4) Ministro holandés de Asuntos Exteriores. Me remito a su documento, policopiado, *A Comprehensive Global Framework Convention for the Protection of the Atmosphere*, 1989.

(5) *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, con base en Nairobi.

Puede que efectivamente convenga de momento actuar sectorialmente, pese a la indudable interconexión de los agentes perturbadores, pero ello no debe impedir una visión general y estructural de estas cuestiones, por lo que no parece razonable eludir el que las diversas medidas legales sustantivas se consoliden mediante su inclusión en una común Convención general. No podemos convenir en que debe descartarse «una ley de la atmósfera o del aire», en cuanto instrumento integral y global para la protección de la atmósfera (6).

### A) *Características*

El nuevo Derecho de la atmósfera deberá asumir las circunstancias con que se presentan hoy estas agresiones ambientales, tratando de corregir su incidencia y dando lugar a la modificación de las conductas causantes de las perturbaciones. Los determinantes relevantes para el jurista incluyen componentes territoriales y concatenaciones causales.

#### *Universalidad.*

Las modificaciones por obra del hombre de la cubierta gaseosa de la Tierra tienen una dimensión universal indudable, en cuanto que sólo hay una atmósfera que por supuesto ignora olímpicamente los artificiales fraccionamientos de las soberanías territoriales. Ello no quiere decir que no existan fenómenos de contaminación eminentemente regionales o locales, pero lo que aquí nos interesa afecta de una manera u otra a toda la Tierra, que una conocida publicación calificó a principios de 1989 como planeta amenazado (7).

A diferencia de alguna otra forma de contaminación —lagos, cursos de aguas interiores— que puede tener incidencia circunscrita, la polución atmosférica tiende esencialmente a generalizarse, terminando por alterar la meteorología con efectos difundidos. Los distintos países no poseen al respecto ecosistemas independientes, ya que, efectivamente, «compartimos el sistema climático» (8).

(6) Mostafa TOLBA, *Keynote Adress*, Ottawa, febrero 1989.

(7) *Planet of the Year. Endangered Earth*, en «Time», núm. 2/1989.

(8) Lester BROWN, fundador y Presidente del World Watch Institut, *El estado del Mundo*, en «Facetas», núm. 3/1989, pág. 13.

### *Interrelación.*

Los factores que inciden sobre la situación de la atmósfera funcionan estrechamente interconectados tanto en sus orígenes como en sus efectos. Así, la producción de energía constituye a la vez la principal causa de la acidificación de suelos y aguas y contribuye decisivamente a generar paralelamente el denominado efecto invernadero.

El incremento del ozono en las bajas capas de la atmósfera incide a la vez en el cambio climático y en el deterioro de las masas forestales. Los FCC (9) destruyen el vital ozono estratosférico y reflejan en la troposfera los rayos infrarrojos, incrementando el calor.

Así como la generalidad de los efectos de estas alteraciones abonan su tratamiento en el marco territorial adecuado —internacional y universal—, las interrelaciones propician la superación de estrategias parciales y su consolidación en un marco global de referencia.

### *La gravedad de las consecuencias.*

Pese a la indiferencia con que hasta hace poco, al menos, se contemplaban estas cuestiones, lo cierto es que su trascendencia es enorme para cualquier observador reflexivo y no sólo para los científicos de la naturaleza.

Así, en una audiencia que tuvo lugar en 1987 en el Senado de los Estados Unidos, destacados investigadores hicieron notar que «los habitantes del Planeta están realizando tranquilamente un gigantesco experimento ambiental» cuyas enormes implicaciones previsibles harían que fuese desautorizado por cualquier órgano sensato (10).

En parecido sentido, aunque acentuando el catastrofismo, se pronunció la Conferencia de Toronto de 1988 (11), donde se concluía que:

---

(9) Fluor-cloro-carbonos. Vid. recientemente, sobre estos aspectos, Evangelische Akademie Loccum, *Climatic Change Problem and Options for Practical Response*, International Workshop, 10-12 marzo 1989, *Reports of Working Groups*.

(10) MINTZER, *A Matter of Degrees: The Potential for Controlling the Greenhouse Effect*, World Resources Institute, abril 1987.

(11) A la que asistieron en dos, 27 a 30 de junio de 1988, más de 300 científicos y dirigentes de 48 países.

«La Humanidad está llevando a cabo un experimento incontrolado de trascendencia universal cuyas últimas consecuencias sólo podrían ser precedidas por las de una guerra nuclear global. La atmósfera de la tierra está siendo modificada con un ritmo sin precedentes por contaminantes resultantes de actividades humanas, usos ineficientes y despilfarradores de combustibles fósiles, y los efectos de rápidos incrementos de la población en muchas regiones. Estos cambios representan una grave amenaza para la seguridad internacional y han producido ya dañosas consecuencias para muchas partes del Globo» (12).

Quizá la inmediatez de los acontecimientos nos prive de la suficiente perspectiva para la ponderación de sus efectos. Pero parece en todo caso evidente que algo importante está sucediendo, desgraciadamente de negativa influencia para el porvenir de la vida sobre la Tierra. Es, pues, urgente que, a través del Derecho, se vehiculicen con energía acciones que corrijan desde sus orígenes antrópicos estas indeseables tendencias.

#### B) *La reacción suscitada*

Las medidas adoptadas hasta ahora para velar por la calidad de la atmósfera tienen presente, por lo común, la contaminación de origen urbano y sus efectos localizados, incidiendo sobre las emisiones industriales, los escapes de vehículos y las calefacciones domésticas. La propia normativa de la CEE partía de estos planteamientos, aunque en épocas recientes se aprecia ya una cierta estrategia global, como la dirigida a eliminar la gasolina con plomo y a condicionar estrictamente la contaminación generada por los denominados grandes quemadores (13).

No obstante, ya desde finales de los años sesenta encontramos aislados precedentes de propuestas con una base espacial adecuada para reducir la contaminación atmosférica, cual es el caso de la Declaración de Principios del Comité de Ministros del Consejo de

---

(12) LAMMERS, *Report*, cit.

(13) Directiva 88/609/CEE, de 24 de noviembre de 1988, DO L/336/7-12-88.

Europa de 8 de marzo de 1968, que ha sido calificado como uno de los primeros documentos multilaterales de la era ecológica (14), o de la Recomendación de la OCDE, de 14 de diciembre de 1974, sobre la disminución de anhídrido sulfúrico y partículas en las emisiones procedentes de instalaciones fijas.

Pero si prescindimos del conflicto sobre contaminación transfronteriza entre Canadá y Estados Unidos, que fue resuelto por un laudo de las Naciones Unidas de 1941 (15), el primer instrumento jurídico de alcance internacional, dirigido a contrarrestar la contaminación atmosférica en sus modernas manifestaciones, es el Convenio adoptado en Ginebra el 13 de noviembre de 1979 (16) en el marco de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas sobre contaminación transfronteriza.

Posteriormente, debe mencionarse la Conferencia de Ottawa de marzo de 1984, en la que 10 Estados se comprometieron a reducir, al menos en un 30 por 100, las emisiones de SO<sub>2</sub>, y la de Munich del mismo año, prolongación de la anterior. Un paso importante en la compulsividad de estos acuerdos supuso la Conferencia de Helsinki de julio de 1985.

La Comunidad Económica Europea adoptó dos decisiones, una en 1975 y otra en 1982, tendentes a la obtención de información sobre la contaminación producida en los diversos Estados. La calidad del aire fue objeto de la Directiva 80/779 y específicamente se trató de controlar por la Directiva 84/360 las emisiones de las instalaciones industriales más significativas, especialmente las de carácter energético. Otras Directivas, a partir de la 70/1972, tratan de regular la contaminación producida por los vehículos de motor.

En cuanto a la protección de la capa de ozono deben mencionarse los trabajos anticipatorios del PNUMA, que convocó una reunión de expertos en 1977 (17), y las investigaciones que también en el seno de las Naciones Unidas han sido llevadas a efecto por la Organización Meteorológica Mundial.

En 1985 tuvo lugar en Viena una Convención con este propósito de la que parten importantes iniciativas en la actualidad en curso de materialización.

(14) KISS, *Du nouveau dans l'air*, cit., pág. 813.

(15) *Trail Smelter Case, United States and Canada*, en «U. N. Rep. of International Arbitral Award», 1965, págs. 1911 y ss. y 1965.

(16) Que entró en vigor el 16 de marzo de 1983.

(17) BISWAS (ed.), *The Ozone Layer*, United Nations Environmental Programme, Pergams Press, 1979; KISS, cit., pág. 820.

Recientemente la preocupación internacional sobre estas cuestiones se ha agudizado, sensibilizándose al respecto enormemente la opinión pública, lo que ha dado lugar, entre otras, a la reunión de Montreal de 1987 sobre las sustancias que perjudican al ozono estratosférico, a la de 2 de marzo de 1989 de los Ministros de la CEE y a la celebrada en Helsinki en mayo del mismo año, prolongación de la de Montreal.

La problemática del cambio de clima ha sido abordada en numerosas reuniones internacionales: Conferencia Mundial sobre Cambio de Clima: Toronto (junio 1988), Ottawa, Nueva Delhi (febrero 1989), Londres y La Haya (marzo 1989), Luxemburgo —Consejo de Ministros de la CEE— (junio 1989), Bruselas —Jornada Mundial del Medio Ambiente— (5 junio 1989), y reunión de los Siete Grandes en París (julio 1989). Nuevas reuniones han tenido lugar en Tokio (junio 1989) sobre desarrollo sostenible, con especial énfasis en la protección de bosques y efecto invernadero; Belgrado (septiembre 1989), agrupando en relación con estos temas a los países no alineados: Kuala Lumpur (octubre 1989), Primeros Ministros de la Commonwealth, Noordwijk (noviembre 1989), de Ministros de la Energía, Malvidas (noviembre 1989), en relación con estrategias costeras. El Cairo (diciembre 1989), con referencia especial a la problemática del mundo en desarrollo. Entre los múltiples seminarios científicos que inciden sobre los mismos temas, mencionaremos el que tuvo lugar en Hamburgo en noviembre de 1988, y en Loccum, también en Alemania, en 1989, sobre los «Problemas y opciones para una respuesta práctica sobre el cambio de clima» (18).

Otras reuniones recientes de este carácter son las que se han celebrado en los siguientes puntos: Toulouse (noviembre 1989), organizado por la *Direction de la Metereología Nationale*; Washington (febrero 1989), Seminario convocado por el U. S. *Department of State*; Washington (febrero 1989), auspiciado por el *Climate Institute*.

Las Naciones Unidas han adoptado importantes iniciativas que responden a la preocupación de la comunidad mundial, como las materializadas en las Conferencias de Viena y Toronto, creando el «Grupo Intergubernamental sobre cambio de clima» (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), que agrupa representaciones de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y del Programa

---

(18) Los días 10 a 12 de marzo de 1989, a la que fui invitado como experto.

de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). Esta organización celebró su primera sesión en Ginebra, noviembre de 1988 (19), y a continuación se produjo la reunión de expertos a la que hemos ya aludido en Otawa, en febrero de 1989 (20). Seguidas por la segunda reunión general de Nairobi de junio de 1989 y la tercera de Washington, febrero 1990.

La Comunidad Económica Europea ha considerado una serie de propuestas, todavía embrionarias, para la creación de una Agencia Europea del Medio Ambiente (21) cuyo principal objetivo estribaría en proporcionar a los Estados miembros información adecuada para la adopción de políticas medioambientales y la puesta a punto de técnicas de previsión, lo que coincide parcialmente con las más ambiciosas iniciativas adoptadas en la Conferencia de La Haya de marzo de 1989, en la que los 24 Jefes de Estado y de Gobierno participantes suscitaron la creación de una autoridad institucional en el marco de las Naciones Unidas para combatir el deterioro de la atmósfera, que tendría como soporte aplicativo el Tribunal Internacional de Justicia (22). De más modestos propósitos es el proyecto de creación por la CEE de un Organismo Europeo del Medio Ambiente, a que más adelante aludiremos.

Es sin embargo improbable que, de momento al menos, se pueda conseguir institucionalizar con la amplia escala territorial necesaria una acción eficaz para la preservación de la atmósfera, por lo que a corto plazo sólo las medidas adoptables en el contexto de la organización europea de la CEE pueden tener una cierta trascendencia práctica.

## 2. LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

El tema de la comprobada destrucción progresiva de la capa estratosférica del ozono por causas antrópicas constituye una preocupación difundida en medios especializados que también ha calado en la opinión pública mundial.

---

(19) WHO/UMO/UNEP, *Intergovernmental Panel on Climate Change. Report of the First Session*, Genya, 9-11 noviembre 1988, I PVV-1, ID núm. 267.

(20) *Protection of the Atmosphere International Meeting of Legal and Policy Experts*, 22 febrero 1989.

(21) Según propuesta de la Comisión de 21 de junio de 1989.

(22) «El País», 12-3-1989.



Trataremos de exponer esquemáticamente las bases científicas de esta problemática antes de abordar las medidas en trance de adopción para su remedio a nivel internacional con trascendencia a las escalas nacionales.

#### A) *Las conclusiones científicas*

El ozono, O<sub>3</sub>, oxígeno triatómico, es un gas presente en la atmósfera en cantidades significativas, que, como se detectó ya en 1878 (23), forma en las capas altas una cubierta protectora que absorbe parte de las radiaciones ultravioleta procedentes del sol.

Este escudo natural ha permanecido inalterado, al menos por causas humanas, hasta la introducción en 1930 de los denominados cloro-flúor-carbonos (CFC), cuya concentración en la atmósfera fue primero observada en 1968 por LOVELOCK (24).

La adopción de estos productos, que entraron con fuerza en el mercado a partir de los años cincuenta (25), se debió a un concienzudo proceso de selección que tuvo muy presente, paradójicamente, sus ventajas ambientales. En efecto, los CFC no se descomponen ni reaccionan con otras sustancias, no son tóxicos, no son peligrosos ni inflamables. Pero fueron precisamente estas características y su positiva estabilidad lo que permitió su acumulación creciente en la atmósfera, dando lugar, en circunstancias no previstas inicialmente, a su incidencia destructora sobre el ozono.

La teoría del agotamiento del ozono por fluorocarbonos fue expuesta por primera vez por los científicos ROWLAND y MOLINA en 1974 (26). Estos descubrimientos causaron de inmediato un gran impacto en la opinión pública, especialmente americana, donde la EPA (27), ya en 1978, prohibió la mayoría de los usos de los CFC como propulsores, lo que fue seguido por Canadá y Suecia.

(23) Vid. GRIBBIN, *La capa de ozono*, artículo publicado el 2-10-1985 en la Revista «New Scientific» y ahora reproducido en el libro: GRIBBIN (coord.), *El planeta amenazado*, trad. española: Pirámide, 1987, págs. 174 y ss.

(24) GRIBBIN, motorización de los halo-carbonos en la atmósfera, 18-1-1979, en *El planeta amenazado*, pág. 189.

(25) Vid. BEARDSLEY, *Melting in the Greenhouse*, en «The Times Higher Education Supplement», 9-9-1988.

(26) En la Revista «Nature» de 28-6-1974. Vid., también, ROWLAND, «Los clorofluorometanos y el ozono estratosférico. Informe sobre el estado científico», de 2 octubre 1975, en *El planeta amenazado*, págs. 12 y ss. Una sugestiva entrevista con este autor se recoge en «El País», 19-3-1989, en la que recuerda, por cierto, que los Gobiernos hasta ahora han tenido más cuidado en proteger a las empresas que a los ciudadanos.

(27) Agencia de Protección Ambiental.

Curiosamente, tan enérgica y rápida reacción administrativa pareció irritar a la Comunidad Científica, caso precisamente de LOVELOCK, uno de los investigadores pioneros de estos temas, que publicó en 1980 un artículo cuestionador de tales medidas (28). Incluso se ha llegado a poner en duda algunas de las relaciones causa-efecto más asumidas: incidencia de la disminución del ozono en el aumento del cáncer de piel, señalándose que en zonas con mayor intensidad de rayos ultravioleta, por su altura o por su inmediatez a los trópicos, existen menores tasas de mortalidad por esta índole, siendo mayor la importancia de otros factores: genéticos, pigmentación, hábitos, etc. (29).

En estos momentos nadie duda de la influencia negativa de los CFC y halones sobre el ozono, al menos en la atmósfera antártica, donde el nivel de ozono en primavera ha descendido en un 40 por 100 desde 1957, especialmente a partir de la mitad de la década de los setenta (30). Si bien es cierto que «las mediciones del total ozono existente en la atmósfera muestran que no ha habido cambios apreciables todavía» (31).

En el estado actual de los conocimientos sobre estos fenómenos ha influido decisivamente la publicación en 1985 de los resultados de las investigaciones llevadas a efecto por el *British Antarctic Survey*, dirigidas por FARMAN, sobre lo que sería en seguida denominado agujero antártico del ozono (32), hallazgo que fue corroborado por sucesivas investigaciones, entre ellas la llevada a efecto, en 1987, por un grupo de 150 científicos de diversos países, en conexión con el «Experimento Aerotransportado de Ozono Antártico».

La conjunción de sucesivos trabajos sobre esta zona (33) ha pues-

---

(28) Significativamente titulado *Aerosoles: la amenaza que nunca existió*, en colaboración con ALLABI, en 17-7-1980, reproducido en GRIBBIN, *El planeta amenazado*, págs. 197 y ss. Previamente, EGGL y otras cuestiones en 20-5-1976. *Afectaban realmente los clorofluorocarbones a la capa de ozono que podrían causar un descenso del ozono mucho menor del esperado*, loc. cit., pág. 182.

(29) JONES, «Disminución de ozono y cáncer», 2-10-1975, en GRIBBIN loc. cit., pág. 180.

(30) Vid. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *La cambian-te atmósfera*, Dossier ambiental núm. 1, Nairobi, 1987. También, de la misma autoridad, *Possible Effects of Mans Activities on the Ozone Layer and Climate*, Nairobi, 1986. Una excepción parece ser la del vulcanólogo francés TAZIEFF, quien afirma que la alarma no tiene base. «El País», 1989.

(31) PNUMA, *op. cit.*

(32) Lo que anticipó en 1984, en un Congreso en Grecia, CHUBACHI, miembro del Instituto Meteorológico japonés, que había trabajado en la estación de Siowa. La expresión «agujero de ozono» fue acuñada en 1985 a raíz de la información transmitida por el satélite de la NASA Nimbus 7.

(33) Especialmente por el equipo norteamericano, con soporte aéreo, *Airbone An-*

to de relieve su progresivo aunque localizado y estacional deterioro. En 1983 el agujero «era más neto, siendo más extenso en 1988 que en 1986, alcanzando en épocas punta (34) valores inimaginables». «Todo sucedía como si la estratosfera polar ya casi no contuviese más ozono en varios kilómetros de espesor» (35).

Las últimas mediciones dan lugar a conclusiones más preocupantes y sugieren la aparición de un fenómeno análogo pero menos acentuado en el Artico (36) y una ampliación del agujero del Antártico, según datos suministrados por el satélite Nimbus 7, de la NASA, en 1989.

Parece hoy generalmente aceptado que la disminución del ozono en la primavera polar antártica se debe a la presencia de clorina, CLO, y a las reacciones químicas que da lugar (37) este componente, uno de cuyos átomos puede llegar a destruir 100.000 de ozono.

En términos accesibles, para un profano el proceso puede describirse como sigue (38): los CFC, por su resistencia al deterioro, se acumularían sobre el Ecuador, donde, debido a la fuerte incidencia de los rayos ultravioleta, darían lugar a los compuestos indicados, que se desplazan hacia los Polos impulsados por las corrientes atmosféricas. En la estratosfera antártica, con temperaturas a menudo inferiores a  $-80^{\circ}$  C, se producen minúsculos cristales que reaccionan con la luz solar, dando lugar a clorina monóxido atómicamente activa que destruye el ozono. Por su parte, los halones contribuyen a este resultado mediante la aportación de bromina.

De ampliarse este proceso dado, acentuándose la disminución generalizada de la cubierta de ozono, se produciría una mayor irradiación ultravioleta y con ello (39):

*Artic Ozone Experiment* y la campaña europea *Chemistry of Ozone in the Polar Stratosphere*.

(34) Del 5 al 27 de octubre.

(35) *Agujeros de ozono polar: nuevas preguntas*, en «Mundo Científico», núm. 88/1989, pág. 165. El agujero de ozono aparece al final del invierno polar y desaparece hacia noviembre, aunque últimamente ha prolongado su presencia, situándose entre la latitud 53 Norte y 53 Sur a una altura de 12 a 20 kilómetros.

(36) *Agujeros de ozono polar*, loc. cit., pág. 164. En el mismo sentido, los resultados de una expedición norteamericana al Polo Norte. Vid. *Artic Ozone Threatened*, en «Atmosphere», núm. 4/1989. La extensión progresiva y probable de la zona ya afectada del Antártico ha sido contemplada también por científicos españoles del INTA que investigan la capa de ozono; así, CACHO, SAINZ y ACEDO, *La capa sufrirá un mayor deterioro en 1991*, en «Tendencias Científicas y Sociales», núm. 13/1989, pág. 7, lo que ya se ha detectado en septiembre de 1989.

(37) HOFMAN, *Ozone depletion in springtime antarctic lower stratospheric clouds*, en «Nature», núm. 337/1989, págs. 447 y ss.

(38) Con base a la síntesis suministrada, entre otros, por BEARDSLEY, *Melting in the greenhouse*.

(39) Según el PNUMA, *La cambiante biosfera*, cit.

- Más cáncer de piel.
- Aumento de las enfermedades oculares.
- Daños a los sistemas inmunes.
- Menor rendimiento de los cultivos y plantaciones.
- Desequilibrios en la ecología química.
- Degradación de pinturas y plásticos.

Por todo lo cual es comprensible que se intente evitar tan poco gratas consecuencias mediante la introducción de las medidas que a continuación contemplaremos que afectan a los CFC y a los halones, gases que en la actualidad vienen utilizándose como propulsores en aerosoles; en procesos de refrigeración y climatización; fabricación de espumas rígidas y flexibles; limpieza de material electrónico; esterilización farmacéutica.

#### B) *Las medidas contempladas*

La revisión de la situación actual exige la sustancial eliminación de la transmisión de los CFC a la atmósfera, lo que lógicamente obliga a incidir en la obtención de estos productos y, sobre todo, en sus aplicaciones finales (40):

*Aerosoles.*—Estos gases son empleados como propulsores del contenido de productos presentados así al mercado, transmitiéndose a la atmósfera con su utilización. Suponen la aplicación porcentual más importante (47 por 100 del total).

*Refrigeración y climatización.*—Vehiculizan los procesos de modificación de las temperaturas encontrándose en el interior de los dispositivos. Salen a la atmósfera bien por pérdidas en el sistema, bien como consecuencia del deshecho de los equipos. Implican un 28,5 por 100 del conjunto.

*Espumas.*—Tanto rígidas como flexibles producidas para diversos usos, incluidos los de aislamiento. Los CFC incrementan el volumen de los materiales a que se aplican y se pierden parcialmente

---

(40) Me remito al Boletín «MOPU Información. Notas de la Dirección General del Medio Ambiente», 1-15 mayo 1989. La contestación del Ministerio de Obras Públicas al Diputado señor Campillo manejó, por cierto, otros porcentajes. «Boletín Oficial de las Cortes Generales» de 29 abril 1989.

en el proceso de fabricación, en el uso y destrucción final de los productos. Afectan al 19 por 100, aproximadamente.

*Otros usos.*—Entre ellos el de limpieza de material electrónico y disolución para esterilizantes farmacéuticos. El 5,5 por 100 del total.

En conjunto, se produce en el mundo 1,1 millones de toneladas de CFC al año, de los que 440.000 (40 por 100) corresponden a la CEE y el 8 por 100 (80.000 toneladas), a España (41).

Aunque algunos países han prohibido y limitado el uso de los CFC —el primero de ellos, los Estados Unidos, donde ya en 1974 un grupo de trabajo específico creado por la Academia Nacional de Ciencias dictaminó sobre los efectos estratosféricos de estos gases (42)—, es evidente que un problema de esta índole sólo puede abordarse internacionalmente.

A esta inevitable estrategia respondió la convocatoria por el PNUMA de la Conferencia de 1985, que dio lugar a la Convención de Viena de 22 de marzo de 1985 para la protección de la capa de ozono, ratificado por España tardíamente (43).

Este acuerdo tiene el carácter de Convención marco creadora de las bases necesarias para una cooperación sistemática (44), interesando ampliamente a los Estados para adoptar las medidas legislativas o administrativas apropiadas a los fines del Convenio y para cooperar entre ellos y con los organismos internacionales para la disciplina de las actividades contempladas (45). Las partes se comprometían a realizar investigaciones y observaciones más sistemáticas y a intercambiarse la información obtenida (46).

El Convenio, que contemplaba todo el ozono atmosférico y no sólo el estratosférico, preveía la adopción de Protocolos específicos, lo que se materializó con ocasión de la Conferencia de Montreal de 16 de septiembre de 1987 por el que las partes se obligaban a sucesivas reducciones del consumo y producción de los CFC y halo-

(41) «El País», 3-3-89.

(42) ROWLAND, «Los aerosoles y el escudo de ozono», 5 diciembre 1974, en GRIBBIN, *El planeta amenazado*, cit., pág. 152.

(43) El 13 de julio de 1988. Disposición 26281, «BOE» 275, de 16 de noviembre de 1988.

(44) KISS, *Du nouvea dans l'air*, loc. cit., pág. 821.

(45) Artículo 2.

(46) Artículo 13 y Anexo I.

nes reseñados en el Anexo I, hasta llegar en 30 de junio de 1989 al 50 por 100 de los valores correspondientes a 1986.

De acuerdo con lo previsto en su artículo 16.1, el Protocolo entró en vigor el 1 de enero de 1989, habiendo sido ratificado por España el 15 de diciembre de 1988 (47).

Los alarmantes progresos en la destrucción del ozono estratosférico, puesto de relieve por sucesivas investigaciones científicas ya aludidas cuyos resultados incluían la obtención de fotografías aéreas abrumadoramente reveladoras, convencieron a los Gobiernos de los países occidentales de que el calendario de Montreal era insuficiente, animando la convocatoria de otras reuniones internacionales como la de París, de 4 de marzo de 1989; la de Londres, del 5 al 7 del mismo mes; la de La Haya, de 10 y 11 de marzo, y de Helsinki, de 2 de mayo de 1989, aunque sin resultados prácticos inmediatos. El tema fue abordado también en la reunión periódica de los Presidentes de los Gobiernos de los países más importantes económicamente, celebrada en París en julio de 1989.

La Conferencia de Londres, convocada bajo el lema «Salvemos la capa de ozono», reunió representaciones ministeriales de más de 120 naciones, terminando con una declaración de voluntad sobre la eliminación total de los gases que la destruyen. Sin embargo, fueron significativas las matizaciones de países en desarrollo como China y México, que se opusieron a que se frenase por esta causa su progreso. Lo más relevante de esta Conferencia fue el impulso conseguido para la adopción del Protocolo de Montreal. Veinte países más anunciaron su propósito de ratificarlo.

Los 24 países asistentes a la «Cumbre para la protección de la atmósfera del Globo», celebrada en La Haya en 1989, también firmaron una declaración parecida a la de Londres, postulando, sin mayor trascendencia positiva, la creación de una autoridad mundial para la protección de la atmósfera.

El 2 de mayo de 1989 tuvo lugar en Helsinki una reunión de nivel ministerial, prolongación de las de Viena y Montreal, donde los asistentes, que representaban a unos 80 países, consideraron insuficiente el Protocolo adoptado en la ciudad canadiense, abogándose, aunque sin efectos ejecutivos inmediatos, por la total eliminación de los gases implicados para el año 2000.

El único pronunciamiento reciente con vocación de efectivi-

---

(47) Protocolo de 16 de septiembre de 1987, Disposición 62730, «BOE» núm. 65, de 17 de marzo de 1989.

dad normativa, ha sido el adoptado por la Comunidad Económica Europea, que exteriorizó su propósito en la reunión que tuvo lugar en Bruselas el 2 de marzo de 1989, bajo la Presidencia del Ministro español de Obras Públicas, de reducir inmediatamente en un 85 por 100 la producción de cloro-flúor-carbonos, y el 15 por 100 restante, con el horizonte del año 2000.

El Consejo de la CEE, que ya había adoptado en 14 de octubre de 1988 una Resolución (88/285/01) relativa a la limitación de CFC y halones, ha recomendado a los fabricantes de aerosoles que reduzcan su utilización con base a los niveles de 1976 en un 90 por 100, por lo menos, con efectos al 31 de diciembre de 1990, lo que no será de aplicación a los usos farmacéuticos y electrónicos, y que etiqueten sus productos informando de su contenido (48). De hecho se están marcando con un ángel azul en algunos países de Europa los aerosoles que no contienen CFC.

La política española parece también firmemente orientada en el sentido proteccionista, habiéndose anunciado un acuerdo con los fabricantes de aerosoles para reducir en 1990, en un 90 por 100, los gases actualmente utilizados (49). Otras medidas incluirán la recogida de aparatos inservibles de refrigeración industrial y doméstica, la prohibición de utilizar espumas rígidas y el etiquetado obligatorio de los aerosoles que contengan CFC, explicitando su inclusión con la mención de que el producto es perjudicial para el ozono.

No parece que haya dificultades para sustituir los CFC en los aerosoles ni en España ni en otros países, como demuestra la experiencia norteamericana, si bien otras aplicaciones resultarán de momento de más problemático recambio. En todo caso la incidencia ambiental de los productos sustitutorios no ha sido todavía suficientemente evaluada. FARMAN, uno de los más cualificados expertos en esta materia, pionero en los descubrimientos sobre las

(48) Recomendación del 13 de abril de 1989, D.O. N.L. 144/56, 27-5-89. El primer pronunciamiento de la CE data de 1978, recomendando el Consejo la limitación de la capacidad de producción y la investigación de productos alternativos a los CFC. Una Decisión de 1980, 80/372 D.O. L. 90. 3-4-80, intima nuevamente sobre la limitación de la capacidad productiva, lo que se ratifica por la Decisión 82/795 D.O. L. 359. 25-11-82. Vid. Comunidades Europeas, Comité Económico y Social, *Política Europea del Medio Ambiente*, Bruselas, 1987, págs. 46 y 51.

(49) Lo que se ha facilitado por el hecho de que sólo sean tres empresas, multinacionales, las fabricantes de estos productos: Atochen España, de capital francés, sita en Zoramillo (Vizcaya); Kali-Chemie Ibérica, filial alemana, con sede en Torrelavega, y Hpechs Ibérica, de la misma nacionalidad, de Tarragona. «La Vanguardia», 12-3-89.

implicaciones del uso de los CFC, ha advertido ya sobre los riesgos inherentes.

De todas formas es importante tener en cuenta, en otro orden de cosas, las observaciones científicas en el sentido de que, aunque se suprimiese radicalmente la contaminación por esta causa, los efectos tardarían en hacerse notar, ya que el 99 por 100 de los sub-producto están en camino hacia la estratosfera, por lo que hasta dentro de cincuenta años no se plasmarían totalmente las consecuencias de estas medidas (50).

### 3. EL EFECTO INVERNADERO

Como es sabido, este efecto es el resultante del atrapamiento en la atmósfera de irradiaciones térmicas, que al no poder salir al espacio exterior producen su progresivo recalentamiento. Aquí trataremos, pues, de las alteraciones inducidas por la obra del hombre que contribuyen a este resultado.

Como se señaló en la Conferencia mundial de Toronto de 1988 (51): «El calentamiento y la elevación del nivel del mar en todas partes, que se hacen cada día más evidentes debido al crecimiento continuado de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y otros gases de invernadero, causarán repercusiones trascendentales.»

Estas y otras consideraciones han llevado al Consejo de Ministros del Medio Ambiente a aprobar en su reunión de 8 y 9 de junio de 1989 una propuesta de Resolución sobre el efecto invernadero en la que se suscita la necesidad de pasar a la acción tras haberse verificado científicamente el cambio de la atmósfera (52).

#### A) *La trayectoria del clima*

La Humanidad ha estado siempre preocupada por conocer el comportamiento climático de nuestro Planeta o al menos de las

(50) FARMAN, en «El País», 24-7-89.

(51) Sobre *Los cambios en la atmósfera, consecuencias para la seguridad mundial*, Toronto, 27-30 de junio de 1988; cito de las referencias textuales que aparecen en la Comunicación de la Comisión al Consejo de la CE sobre *El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, Com(88), 565 final 12, Bruselas, 16 de enero de 1988, pág. 36.

(52) Resolución del Consejo 189/C 1983/03, de 21 de junio de 1989, impulsada durante el mandato español. D.O. C. 183/4/20-7-89.



áreas geográficas que afectaban a grupos concretos. Tanto los *zigurats hititas* como las pirámides sagradas mayas acreditan estas inquietudes en épocas y medios bien distintos (53).

Pero quizá en estos momentos el tema acapara la atención general tanto de políticos como de los ciudadanos ordinarios, siendo lógicamente también objeto de pormenorizada atención en medios científicos (54).

Las investigaciones actuales sobre el clima resaltan sus previsibles modificaciones provocadas por el hombre, aunque algunos posicionamientos, frente a las corrientes mayoritarias, suscitan reservas científicas sobre lo fundado de algunas conclusiones catastrofistas.

a) *La causalidad natural.*

La Tierra ha sufrido importantes mutaciones climáticas desde su formación, que se prolongan en su historia relativamente reciente, a partir de su estabilización geológica. Tales cambios seguirán produciéndose por causas naturales, lo que afecta especialmente a las glaciaciones que parecen responder a la propia idiosincrasia del Planeta presentando un carácter cíclico, distribuyéndose en tres períodos aproximados de cien mil, cuarenta mil y veinte mil años, respectivamente, conectados con la modificación de nuestra órbita solar, al ser la Tierra atraída por otros planetas. Esta teoría, formulada fundamentalmente por MILANKOVICH en los años treinta, parece hoy concitar un cierto consenso científico (55).

En períodos temporales mucho más circunscritos se han detectado oscilaciones térmicas menores, de otro origen, determinadas también por causas puramente naturales, que se han prolongado relativamente en unos casos o han dado lugar a perturbaciones cortas, lo que haría suscitar reservas sobre la hipótesis de que aquí partimos sobre la mediatización antrópica de las variaciones climá-

(53) Un ejemplo más entre los infinitos testimonios de estas curiosidades lo constituye la obra de BODI y CONGROS, *El clima de la Ribera en el siglo XIX*, Ayuntamiento de Carcaixent, 1986.

(54) Así, por ejemplo, la excelente obra de LAMB, *Climate, Past and Future*, aunque desde una perspectiva distinta a la aquí abordada, ha tenido, por cierto, una enorme e inesperada difusión.

(55) GRIBBIN, «Milankovich surge del frío», 1976, en *El planeta amenazado*, páginas 87 y ss. Más recientemente, BERGER y otros, *Milankovich and climate*, Meidel, 1984, y ROYER, *El clima del siglo XXI*, en «Mundo Científico», núm. 84/1988, páginas 1017 y ss.

ticas contemporáneas. Así, LAMB recordaba que en torno al año 1000 después de Cristo se produjo una situación climática óptima, mientras que entre 1550 y 1850 tuvo lugar la denominada «pequeña glaciación» (56). La fase más cálida del actual período interglaciario se habría dado hace seis mil años.

La historia está repleta de informaciones puntuales sobre períodos episódicos en los que se han producido grandes sequías, inundaciones o heladas (57). Quedan curiosos testimonios escritos de lo que sucedió en términos de clima en épocas remotas, 1066 a. C., en documentos chinos del 200 a. C. y en los registros japoneses sobre las fechas de florecimiento de las cerezas. Hay otras informaciones disponibles incorporadas a manifestaciones naturales, cedros japoneses que cubren dos mil años o robles alemanes de mil años de antigüedad. Otras evaluaciones más recientes se basan en el análisis de la productividad de las vendimias, según los registros de los Monasterios medievales, o en los testimonios pictóricos sobre paisajes con glaciares. Todo ello, en efecto, atestigua lo cambiante a lo largo de los tiempos de las circunstancias meteorológicas.

Hay otros factores naturales cuya incidencia es insuficientemente conocida: nubes, flujo de los vientos y efectos de los mares como estabilizadores o contrariamente alteraciones determinadas por las corrientes marinas, como la caliente denominada del «Niño», por aparecer con mayor intensidad en las costas de Perú, sobre todo en Navidad, y a la que se imputa por algunos expertos el actual incremento de la temperatura mundial.

Por todo ello son explicables las reservas de algunos científicos ante categóricas conclusiones sobre la motorización por el hombre del cambio de clima, en lo que contribuye quizá también el temor de respaldar pronunciamientos de signo sensacionalista.

En este sentido, uno de los más cualificados expertos españoles en esta materia, aun admitiendo que el contenido actual en CO<sub>2</sub> atmosférico no ha tenido precedente durante los últimos 160.000 años, recuerda las oscilaciones naturales del clima, la influencia posible de la actividad solar cíclica y la eventual incidencia de los procesos biológicos (58).

(56) «El clima cambiante», en GRIBBIN, *op. cit.*, pág. 105.

(57) Como las registradas en Inglaterra en el siglo XVII, ocasionando la congelación total del Támesis, donde se celebraban ferias de hielo. GRIBBIN, *El clima futuro*, trad. esp.: Salvat, Barcelona, 1980, pág. 34.

(58) Manuscrito que el autor ha tenido la gentileza de facilitarme. POU, *El efecto*

Hay algunos posicionamientos críticos que me parece no obstante que pueden amparar estrategias políticas más que científicas. Así, un equipo distinguido de investigadores norteamericanos, con una gran influencia en la Casa Blanca, opina que el modesto incremento de 0,5 grados de la temperatura mundial no tiene nada que ver con las emisiones de los denominados gases invernadero, y que es previsible la disminución de la actividad solar que ha producido estas consecuencias con lo que en la próxima centuria se ocasione el enfriamiento del planeta (59). Este informe, que fue por cierto emitido por el mismo equipo que respaldó enérgicamente en otro tiempo la denominada «Iniciativa Estratégica Defensora», conocida con la denominación de «guerra de las galaxias», hizo vacilar la línea de actuación de los gobernantes americanos, temiéndose que las esperanzas de canalizar parte de la financiación militar hacia la investigación ambiental se desvaneciesen. Ha sido, no obstante, tranquilizador el que el Presidente americano anunciase en el Congreso de IPCC de febrero de 1990, celebrado en Washington, la asignación de mil millones de dólares para investigaciones en materia de cambio global, cifra que, aunque modesta, es significativa, informándose a la par que a la NASA se la había asignado el proyecto denominado «Misión Planeta tierra».

En definitiva, creemos que los cambios climáticos detectados son sumamente importantes, han sido motivados por causas austrópicas y sólo por aquí vendrá el remedio (60).

## B) *La obra del hombre*

Hace algunos años, LAMB, sin duda una de las autoridades más reputadas en esta materia, afirmaba, en la prudente línea anterior-

---

*invernadero. Estado actual de la situación y posibles implicaciones, DGMA, enero 1990.*

(59) El documento de referencia, obra de tres distinguidos científicos, NIERENBERG, JASTROW y SEITZ, se denomina *Scientific Perspectives on the Greenhouse Problem*, George Marshall Institute, Washington, D.C., 1989; referencias que tomo de ROBERTS, *Global Warming: Blaming the Sun*, «Science», vol. 246/1989.

(60) Me remito al cualificado juicio de M. TOLBA, Director del PNUMA, y recogido en «Tendencias», noviembre 1989, pág. 8: *El «efecto invernadero» cambia el clima*. Como señala nuestro quizá más destacado meteorólogo, ex Director del Servicio Meteorológico Nacional y autor del libro *Historia del clima en España*, INM, Madrid, 1988, es evidente la intervención del hombre en la alteración del curso natural de la evolución climática. FONT, *Algo extraordinario sucede al clima*, en «Tendencias», marzo-abril 1990, pág. 10.

mente expuesta, que «no se pueden hacer predicciones climáticas hasta que no conozcamos mejor los mecanismos que estamos explorando ahora» (61). Parece, sin embargo, que posteriormente estas exigencias se han cumplido al menos parcialmente, prosperándose en el perfeccionamiento de las técnicas utilizables para estos fines, incluyendo la elaboración y tratamiento informático de modelos generales de circulación atmosférica y oceánica (62). Es perfectamente asumible en estos momentos el que el hombre pueda influir en la modificación del clima, lo que tiene también un cierto soporte histórico (63), aunque por supuesto actúen paralelamente otras causas de origen natural, lo que explicaría, aunque sin invalidar la conclusión enunciada, el que por ejemplo en el período 1940-1970 no se acentuasen las manifestaciones del efecto invernadero, teóricamente esperables como consecuencia del aumento detectado de CO<sub>2</sub> (64), si bien para un período más amplio, 1880-1980, podría apreciarse un incremento sensible de las temperaturas.

Las constatadas conexiones entre el aumento de la temperatura media mundial y la acumulación en la atmósfera de CO<sub>2</sub> y de otros gases como consecuencia de actividades humanas (65), ya fue advertida, por cierto, en la segunda década de la pasada centuria por científicos como ARHENNIUS (66), TRINDALL y CHAMBERTIN (67).

La relación causa-efecto entre incremento del CO<sub>2</sub> y aumento de la temperatura terrestre, que probablemente explica el que en la presente década hayamos tenido hasta ahora los seis años constatablemente más calurosos desde que se cuenta con registros fiables (68), ha sido, a mi juicio, definitivamente corroborada por las

(61) «El clima cambiante», 1959, en GRIBBIN, *El planeta amenazado*, pág. 108.

(62) Los MCGA y MCGO, respectivamente.

(63) Vid. LABEYRE, *El hombre y el clima*, trad. esp.: Gedisa, Barcelona, 1988.

(64) Según la crítica de MADDEN y RAMANATHAN, que recoge GRIBBIN, *El clima futuro*, págs. 199 y ss. De hecho, se detectó en el hemisferio Norte una disminución de 0,5°.

(65) Vid., entre otros, MACCRACKEN y LUTHER (ed.), *The Potencial Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide*, Departamento de Energía de EE.UU., Washington, 1985; BOLIN y otros, *The Greenhouse Effect. Climatic Change and Ecosystems*, Wiley and Sons, Chichester, 1986; MINTZER, *Predating Climate Change*, World Resources Institute, Nueva York, 1988.

(66) *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon Temperature of the Ground*, en «Philosophie Magacin», núm. 41, 237, cit.; MINYZER, *A Matter of Degrees. The Potencial for Controlling the Greenhouse Effect*, World Resources Institute, Nueva York, pág. 57.

(67) En 1863 y 1899, respectivamente, cit., Comisión de la CEE, *Comunicación* (88) 656, pág. 34.

(68) Por el siguiente orden: 1988, 1987, 1981, 1980, 1986, según la Climatic Research Unit de la Universidad de East Anglia, uno de los más prestigiosos centros científicos en este campo. «El País», 10-3-89.

investigaciones llevadas a efecto en los hielos polares, donde en capas superpuestas que corresponden a distintos períodos meteorológicos han podido analizarse las concentraciones contenidas en gotas de lluvia contenidas en burbujas congeladas (69), siendo al respecto significativos los resultados obtenidos por una expedición franco-soviética que exploró y analizó un núcleo helado de 2.083 metros de profundidad en Vostok, Antártica Este, lo que permitió conocer lo acaecido durante los últimos ciento sesenta mil años, llegándose a la conclusión, sobre la base de una información que abarca el último ciclo climático, de que «los cambios de CO<sub>2</sub> obtenidos, lo que se considera de trascendencia global, están bien correlacionados con los registros de temperatura antártica proporcionados por los perfiles isotópicos del hielo medidos en la misma prospección. Una correlación tan elevada sería la esperable si el CO<sub>2</sub> desempeñase un papel importante en la modificación del clima» (70).

Si se tiene en cuenta que desde la última glaciación, hace aproximadamente diez mil años, la temperatura de la Tierra ha permanecido en términos generales estable, con oscilaciones de 1 a 2 grados, y niveles de CO<sub>2</sub> del orden de 270 ppm hasta la era industrial, hay motivos para concluir que los incrementos de este gas en la atmósfera, constatados desde mediados del siglo XIX y los que se prevén para un próximo futuro, nada bueno pueden ocasionar, especialmente si se tiene en cuenta que se han determinado en un fugacísimo período temporal.

El CO<sub>2</sub>, principal pero no único causante de los no deseables efectos sobre la temperatura del Planeta que venimos analizando, se genera, sobre todo, en los procesos de obtención de energía que utilizan combustibles fósiles; de ahí las dificultades, como veremos, de reducir estos aportes.

Además del anhídrido carbónico influyen en el efecto invernadero los siguientes gases:

*Metano.*—El CH<sub>4</sub> se transmite a la atmósfera por causas naturales: océanos, tundras, áreas pantanosas, etc., pero también por obra del hombre: ganadería, cultivo de arroz, escapes de manipulación de gas natural, vertederos, combustión de biomasa.

(69) ASÍ, NEFTEL, *Evidence from Polar Ice Cores for the Increase in Atmospheric CO<sub>2</sub> in the Last Two Centuries*, en «Nature», vol. 315/1985.

(70) BARNOLA y otros, *Vostok ice core provides 160.000 year record of atmospheric CO<sub>2</sub>*, en «Nature», vol. 329/1987, pág. 413.

*Oxido nitroso.*—También procedente de fuentes espontáneas, pero incrementado por determinadas actividades humanas. El NO<sub>2</sub> de este último origen es, como el CO<sub>2</sub>, un subproducto de la producción de energía a partir de combustibles sólidos y de biomasa, pero también aparece como consecuencia del laboreo agrícola y del uso de abonos.

*Cloro-flúor-carbonos.*—Ya hemos aludido a estos gases y a las causas de su transmisión a la atmósfera, en la que cumplen una doble y negativa función: en la estratosfera, disminuyendo el ozono —y con ello permiten la transmisión de radiaciones solares—, y en la troposfera incrementan el efecto invernadero vía reflexión.

*Ozono.*—El O<sub>3</sub>, en las bajas capas de la atmósfera, además de contribuir a los efectos de la lluvia ácida, refleja las ondas térmicas. Los mecanismos del ozono troposférico no se conocen bien, pero parece que el aumento de su presencia en la era industrial se debe a las reacciones suscitadas en la atmósfera por las aportaciones de CO<sub>2</sub> y de los gases trazas (71) anteriormente reseñados.

La interacción, además, de todos estos agentes complica y potencia generalmente los problemas quizá en términos exponenciales. Así, los CFC, que en la baja atmósfera funcionan como gases invernadero, contribuyen con ello a que la estratosfera se enfríe, al no llegar las radiaciones de la Tierra, con lo que se acentúan las condiciones favorables para sus efectos destructores de la capa de ozono estratosférico, cuya desaparición puede, a su vez, inducir cambios en la fisiología vegetal de la cubierta terrestre con influencia adicional en el cambio climático (72).

### C) *Las consecuencias*

La modificación de la cubierta gaseosa de la Tierra en el sentido observado tiene como resultado comprobado el incremento de la temperatura de las capas inferiores de la atmósfera, lo que trasciende a otras alteraciones meteorológicas y la modificación final

(71) Es decir, gases con pequeña presencia porcentual por unidad de medida.

(72) Vid. Berger Institute, Evangelische Akademie Loccum, *Climatic Change Problems and Options for Practical Response*, 1989.

de los comportamientos humanos. A ambos aspectos nos referiremos sucesivamente.

a) *La alteración del clima.*

Dos interrogantes conexos entre sí se plantean en relación con los cambios climáticos: cuándo se producirán y cuáles serán sus características.

Ambas incógnitas, que se suelen conectar con el montante de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, toman como hito significativo el momento en que se producirá la duplicación de los niveles preindustriales de este gas que, partiendo de una concentración de 270 partes por millón en el siglo pasado, se ha elevado a 315 ppm en 1957 y a 350 ppm en la actualidad (73).

Durante algún tiempo parecería que se había producido una cierta coincidencia por parte de un núcleo importante de estudiosos, en cuanto a la estimación de que había que esperar un incremento de la temperatura de la Tierra en torno a los 2° (74), si se duplicase la concentración de anhídrido carbónico, lo que se produciría en los años 2080 si se extrapolasen rigurosamente las circunstancias actuales.

Otras valoraciones más optimistas cuentan con la reducción de los efectos determinados por la duplicación del gas carbónico, como consecuencia de la inercia oceánica, lo que daría lugar a una elevación de sólo 1 grado de la temperatura, que sin ello habría ascendido a 2 o 4 grados (75). Bien es verdad que se trataría de una hipótesis mínima que podría resultar multiplicada por dos y que en todo caso daría un incremento de la indicada magnitud por siglo (76).

La influencia equilibradora de los mares explicaría el que la temperatura de la Tierra sólo se hubiese incrementado en el último siglo en 0,8 grados, frente a los 1,6° que hubieran sido de esperar en función del incremento del CO<sub>2</sub> (77). De todas formas, como

(73) GRIBBIN, *The Greenhouse Effect*, en «News Scientist», núm. 13/1988, pág. 2.

(74) En este sentido, GRIBBIN, *El clima futuro*, cit., pág. 187.

(75) GRIBBIN, *The Greenhouse Effect*.

(76) ROYER, *El clima del siglo XXI*, en «Mundo Científico», núm. 84/1988, página 1024.

(77) Vid. ROYER, *El clima del siglo XXI*, pág. 1023, cifra ésta que es la aportada por RAMANATHAN, un destacado especialista en la materia, *Trace Gas Trends and their Potencial Role in Climate Change*, en «Journal of Geophysical Research», vol. 90/1985,

recuerda MINTZER, que estima como ya producido un aumento térmico entre 0,5 y 1,5 desde 1860, «sólo una diferencia de 1 grado separa el actual clima de Norteamérica y Europa del de la "Pequeña Edad del Hielo" que tuvo lugar en los siglos XIII al XVII» (78) y de 5° con relación a la temperatura de la última glaciación. La NASA estima que la temperatura media de la Tierra ha subido 0,5° en los últimos cien años, 0,7° según POU en lo que va de siglo en el hemisferio Norte y de 0,2 a 0,6° para TOLBA en la última centuria. Últimamente se han aportado estimaciones un tanto desconcertantes por un grupo de investigadores de la NASA y de la Universidad de Alobana, que sin entrar a discutir si la temperatura de la Tierra ha aumentado o no 0,55° en los pasados cien años como sugieren la mayoría de las evaluaciones realizadas, con base a las mediciones en la superficie, afirman que las efectuadas por Satélites entre 1.500 o 6.000 metros de altura indican que en los últimos diez años no se han modificado las temperaturas.

Debe, además, contarse con la influencia acumulativa, probablemente con un peso del 50 por 100, de los otros gases mencionados, lo que haría prever que, en términos equivalentes, la duplicación de la concentración del CO<sub>2</sub> podrá tener lugar alrededor del año 2030, en lugar del 2080, que es cuando correspondería, de no conjuntarse la influencia de estos otros componentes (79).

Esta predicción, que es la más difundida y que ha sido recogida también por el PNUMA (80), sitúa en torno al año 2030 un incremento de la temperatura mundial entre 1,5 y 4,5° C, aunque sólo se notarán estos efectos progresivamente a partir de estas fechas, dada la lentitud del calentamiento de los océanos, demorándose la percepción de tales resultados durante las décadas siguientes.

Entre las múltiples proyecciones y prospectivas que se han realizado y se siguen efectuando sobre el recalentamiento futuro de la atmósfera terrestre (81), revisten un mayor interés, ante la comple-

---

págs. 5547 y ss. Otros investigadores también citados por ROYER coinciden en una cifra de 0,5° de incremento en los últimos cien años.

(78) MINTZER, *A Matter of Degrees: The Potential for Controlling the Greenhouse Effect*, World Resources Institute, Holmes, 1987, pág. 3.

(79) GRIBBIN, *The Greenhouse Effect*, loc. cit., pág. 3.

(80) Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, *La Cambiante Atmósfera*.

(81) Entre los más significativos estudios, además de los que se citan en otras partes de este trabajo, mencionaremos los de ROSE y otros, *Global Energy Futures an CO<sub>2</sub>-Induced Climate Change*, MIT, Cambridge (Mas.), 1983; TRANKA (ed.), *Atmospheric Carbon Dioxide and the Global Cycle*, National Technical Information Service, Springfield, 1985; National Academy of Science, *Changing Climate*, Washington, 1983; EDMONDS y otros, *Uncertainty in Future Global Energy Use and Fossil*



alidad de la materia, las que contemplan escenarios alternativos. Así, el estudio de MINTZER, auspiciado por el World Resources Institute ya comentado (82), aun considerando inevitable en todo caso un calentamiento a medio plazo de 1,5 y 4,5 grados, contempla cuatro escenarios, según las medidas que se adopten, lo que daría diferentes fechas en cuanto a la producción de la elevación indicada de la temperatura atmosférica. Para el primero de ellos, el correspondiente a la sabiduría convencional, tales consecuencias tendrían lugar antes del año 2030. El que supone un impulso económico de carácter desarrollista con altas emisiones anticipa este momento al año 2015. La aplicación de medidas moderadas nos situaría en el 2040, mientras que más enérgicas restricciones lograrían prolongar hasta el año 2075 los efectos testigo.

Parecida metodología se ha seguido en los trabajos patrocinados por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente que se debatieron en las reuniones de Villach y Bellagio en 1987 (83). El estudio parte de tres escenarios: uno, superior, que recogería una aceleración sensible en la emisión de gases invernadero, lo que trascendería a un incremento de 0,8 grados por décadas; otro, medio, que extrapola las circunstancias actuales, lo que supondría *ratios* de 0,3; y otro, inferior, que arrojaría los resultados de una fuerte restricción de las emisiones de gases invernadero en virtud de lo cual sólo aumentarían las temperaturas 0,06 grados cada diez años. Las conclusiones del Seminario contemplan un incremento ligeramente mayor, diseñándose una estrategia que conducirá a un aumento de un grado por centuria.

b) *Impacto geográfico y actividades humanas.*

El cambio de clima a medio o largo plazo producirá con seguridad alteraciones en la geografía física, en el régimen de precipitaciones y en otros aspectos interrelacionados, lo que trascenderá di-

*Fuel CO2 Emissions, 1975-2075*, Institute for Energy Analysis, Washington, 1985; CERONE y DICKINSON, *Future Global Warming from Atmospheric Trace Gases*, en «Nature», vol. 319/1986, págs. 109 y ss.

(82) MINTZER, *A matter of Degrees*.

(83) World Climate Programme Impact Studies, *Developing Policies for Responding to Climatic Changes. A Summary of the discussions and recommendations of the Workshops held in Villach (28 September and 2 October 1987) and Bellagio (9-13 November 1987) under the auspices of the Beiger Institute Stockholm*, WMO/TD, núm. 225, abril 1988.

rectamente a los comportamientos humanos productivos: agricultura, ganadería, cultivos marinos, etc.; y no productivos: diseño de viviendas, planificación, actividades recreativas, etc.

No necesariamente todas las consecuencias, aisladamente consideradas, serán negativas. Un mayor nivel de CO<sub>2</sub> atmosférico puede favorecer los cultivos, y las temperaturas más altas son mejores para el hombre que las bajas generadas con las glaciaciones. Tampoco hay lugar a dramatismos injustificados, al menos para las próximas centurias. La Humanidad ha sabido adaptarse a todos los cambios de circunstancias ambientales, y hoy sus componentes se asientan tanto en los desiertos como en las proximidades de los Polos. Aunque el número de los individuos actuales es a todas luces excesivo para el Planeta, disponemos de superior tecnología.

Deben desde luego evitarse sensacionalismos fuera de lugar, como los que afirman que mil millones de personas quedarán afectadas por la subida de nivel del mar y que se perderán un tercio de las tierras cultivables, lo que puede suceder seguramente en algún momento, pero no de inmediato (84). GRIBBIN menciona los titulares aparatosos de alguna prensa norteamericana que alude a la posible desaparición de ciudades como Florida, Texas y México, como consecuencia de la licuación de los hielos polares, con pérdidas de 100.000 millones de dólares (85).

Pero sí es cierto que sería insensato mantener, y más aún seguramente incrementar, la contaminación atmosférica, lo que a un plazo difícil de predecir, pero no muy lejano en tiempos histórico-naturales, haría problemática la existencia sobre la Tierra en las condiciones actuales.

Las verosímiles consecuencias del cambio del clima exigen imperativamente un cambio de mentalidad por parte de los responsables políticos, en aspectos relacionados, por ejemplo, con la investigación agrícola y forestal, hidrología, planificación física, defensa frente a inundaciones, etc.

Sucintamente vamos a examinar la presumible incidencia, consecuencias del cambio climático en relación con dos grupos de problemas: los que afectan a las costas y los relacionados con la provisión de agua y alimento.

---

(84) Vid. HEKSTRA, *Global Warming and Rising Sea Levels. The Policy Implications*, en «The Ecologist», núm. 1/1989.

(85) Mientras que, según algunos estudios, una subida de 5 a 8 metros del nivel del mar sólo afectaría económicamente a EE.UU. de forma ligeramente mayor que en la crisis del petróleo de 1979. *El clima futuro*, pág. 212.

*Las costas.*

No hay peligro, al menos en los próximos siglos, de que se derrita el casquete polar del Antártico, lo que aumentaría el volumen del mar por deshielo. En cuanto al Artico, también de posible desaparición sólo a largo plazo, está ya sumergido. Si parece, no obstante, esperable por otras causas para muchos observadores que se origine un aumento del nivel del mar. De hecho, un pequeño incremento ya parece haberse producido, que sería del orden de los 12 cm, según TOLBA, y a 2,4 mm por año en estos momentos, de acuerdo con los datos que maneja POU, entre 30 cm y 1,5 m a partir de mediados de la próxima centuria (86), en lo que influirá la dilatación del agua marina, el incremento de las precipitaciones, debido a una mayor evaporación, y la desaparición de glaciales subpolares.

Esta elevación, aunque reducida, tendría no obstante una gran influencia sobre la Humanidad, que progresivamente se desplaza hacia el litoral, donde habitan ya casi un tercio de sus efectivos. Determinadas áreas geográficas costeras sufrirán más acentuadamente consecuencias de la expansión de los mares, y se cita especialmente el caso de Bangladesh, que perdería parte de su territorio más poblado, lo que también afectará en otra medida a estuarios y deltas de otras naciones.

Las principales consecuencias del cambio de clima en los espacios costeros podrían ser las siguientes:

*Pérdida de áreas habitadas.*—Con cierta amplitud en zonas bajas del tipo de las ya enunciadas.

*Incremento de las inundaciones.*—Especialmente en las áreas sensibles, al elevarse también el nivel de los ríos, con influencia marina.

*Deterioro o supresión de playas.*—Una elevación moderada del mar que baña las playas trascenderá a la pérdida en muchos metros, definitiva u ocasional, de estos espacios, sobre todo si su superficie es suave. Quizá este fenómeno ya se está produciendo, aunque no conozco estudios al respecto. Las consecuencias para la economía turística serían, desde luego, graves (87).

(86) Así, el *Summary Villach*, pág. 10. Para el PNUMA oscilaría entre 20 cm. y 1,40 si el incremento es de 1,5 a 4,5°. *La cambiante atmósfera*.

(87) Se ha calculado que el costo de la defensa de las playas de la costa Este

*Infraestructura.*—Obras como puertos, diques, dársenas, aterramientos, etc., e instalaciones productivas del tipo de salinas, energía mareomotriz, cetareas, dispositivos de acuicultura, etc., deberían ser reconsideradas o reforzadas. Algunos países como Holanda, que tienen extensas superficies ganadas al mar que requieren de atenciones constantes para su avenamiento y desecación, deberán realizar costosas inversiones y gastos adicionales de conservación.

*Zonas húmedas.*—Los marjales, lagunas costeras y demás áreas de interacción mar-tierra que constituyen, como se sabe, ricos espacios naturales, algunos de ellos, desgraciadamente, desecados y otros dedicados a cultivos como el de arroz, requerirán, si ello es factible económicamente, de importantes obras de protección.

*Agua dulce.*—La influencia marina en algunos ríos que fluyen al litoral puede alterar los usos que de ellos se hace en los tramos próximos a la desembocadura para riego y otras aplicaciones, incluyendo la obtención de agua potable. Además, los procesos de intrusión y salinización de acuíferos del litoral se intensificarán verosímilmente.

c) *Agricultura e hidrología a escala regional.*

El cambio de clima no afectará por igual a todos los lugares de la Tierra, por lo que habrán de realizarse determinadas adaptaciones regionales en cuanto a los factores más directamente relacionados con la meteorología: productividad agrícola, tipos de cultivo, semillas, disponibilidad de agua (88). Las previsiones realizadas hasta la fecha siguen por lo común lo que anticipábamos, una perspectiva un tanto pesimista para áreas de Norteamérica, Europa y la URSS, implicando a las zonas cerealistas más productivas del mundo, lo que puede desequilibrar el abastecimiento mundial, consecuencia ésta considerada por cierto como el más inmediato y

---

de los EE.UU., si se eleva un metro el nivel del mar, sería del orden de 10 a 100.000 millones de dólares. VILLACH, *Summary*, pág. 10.

(88) Seeguimos para esta exposición el esquema de la *Conferencia de Villach*, págs. 11 y ss., cuyas conclusiones coinciden en líneas generales, por cierto, con los resultados de la extrapolación de investigaciones que han analizado la incidencia climática regional de cambios globales de temperatura acaecidos en otras épocas; me refiero a los trabajos citados por GRIBBIN, *El clima futuro*, págs. 205 y ss., de los equipos dirigidos por WILLIAMS, del National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado, y WIGLEY, de la Universidad de East Anglia.

real de los riesgos asociados al efecto invernadero (89). Bien es verdad que estas pérdidas podrían venir compensadas por el incremento general de las cosechas al ser el medio más rico en carbono. Otras regiones podrían contribuir también a equilibrar la balanza al resultar productivamente beneficiadas: norte de la India, Siberia, Países Escandinavos, Canadá, que disfrutarían de mejores temperaturas.

Pero el resultado final pudiera no ser positivo si se tiene en cuenta que con más CO<sub>2</sub> crecen también las malas hierbas, y se empobrecen los terrenos; por otra parte, las zonas hasta ahora frías que entrarían en producción disponen de suelos inadecuados, escasamente fértiles. Debe computarse, además, una amplia reducción de los bosques, lo que, a su vez, incidiría en el aumento de anhídrido carbónico.

Los concretos efectos presumibles sobre las distintas áreas del Planeta podrían ser los siguientes:

— *Regiones nórdicas*: entre los 60° latitud Norte y Sur. En ella se acusarán las consecuencias más significativas, con aumentos que pueden girar, según distintas estimaciones, entre 5 y 10 grados centígrados para mediados de la próxima centuria. Aquí podría contarse con un notable incremento también de las precipitaciones, lo que permitirá, con las limitaciones antes expuestas, ampliar las tierras arables y posiblemente también obtener mejores capturas marinas.

— *Regiones intermedias*: entre 30 y 60° de latitud, tendrían también un incremento de temperatura superior a la media global, lo que trascendería a la reducción de la humedad del suelo, en verano al menos. El impacto sobre agua y agricultura será probablemente negativo en la banda Sur de esta región. El Norte disfrutaría de mejor clima y tiempo más prolongado para los cultivos. Gran parte de los actuales bosques habrán de ser sustituidos por otros con distintas especies.

— *Regiones semiáridas*: que comprende zonas que reciben precipitaciones de 400 a 1.000 mm. Podría reflejar incrementos de temperatura entre 0,3 y 5 grados, registrando una sensible disminución

---

(89) GRIBBIN, *El clima futuro*. Una reducción del 10 por 100 de las cosechas americanas daría al traste con el superávit mundial.

de las precipitaciones, lo que reducirá los rendimientos agrícolas y causará problemas sobre la disponibilidad de recursos hídricos.

— *Regiones tropicales*: se espera un calentamiento proporcional menor que la media y un incremento de las lluvias, con trascendencia a la distribución espacial de actividades.

#### D) *Las posibles medidas correctoras*

Es indudable que los poderes públicos deberán intervenir con energía si se proponen evitar que la situación actual no empeore sensiblemente. No hay lugar para el abstencionismo si se tiene en cuenta que, como se recuerda por el *World Resources Institute*, los gases emitidos a la atmósfera permanecen en ella de forma casi irreversible y no hay acciones que puedan contribuir a su rápida eliminación (90). Por tanto, no parece razonable alinearse con las tesis que propugnaban la inhibición, incluso desde medios oficiales, por considerar que poco se podría hacer al menos de momento (91).

Recordemos que todos los modelos de corrección de la contaminación atmosférica mundial prevén severas intervenciones, caso del estudio MINTZER, patrocinado por el *World Resources Institute*. El objetivo propugnado en la reunión de Villach, ampliación de 0,1 grados cada diez años de la temperatura atmosférica, exigiría un incremento del 50 por 100 de la eficacia energética en las naciones industrializadas y la retirada, para su depósito en los océanos, del 50 al 60 por 100 de las emisiones potenciales (92).

La Conferencia mundial sobre «Cambios en la atmósfera», de Toronto (1988), se hizo eco de las propuestas que señalaban la necesidad de reducir las emisiones contaminantes de la atmósfera en un 50 por 100, aunque sólo planteó una posible limitación del CO<sub>2</sub> en un 20 por 100 para el año 2005 sobre la base del año 1988 y una mejora en el mismo período en un 10 por 100 en la eficacia energética.

Pese a la plausibilidad de todos estos planteamientos, las dificultades para su efectividad son enormes, aun contando con la apli-

(90) MINTZER, *A Matter of Degrees*, cit., pág. 35.

(91) Así, National Academy of Science, *Changing Climate*, 1983, cit., y SEIDEL y KEVES, *Can we Delay a Greenhouse Warming?*, Environmental Protection Agency, Washington, 1983.

(92) VILLACH, *Summary*, pág. 23.

cación de las energéticas medidas que a continuación contemplaremos. Están en primer lugar las limitaciones tecnológicas hoy existentes, pero éstas son un escollo menor comparadas con las explícitas presiones para conseguir mayores consumos energéticos por parte de los países en desarrollo y la falta de mecanismos internacionales adecuados para el funcionamiento de la solidaridad mundial. Es improbable que los habitantes de estas naciones se resignen a que su consumo de energía *per capita* decline en mayor proporción incluso que en los países industrializados, como contempla algún escenario energético (93).

Pero, aunque hay proyecciones optimistas basadas en la expansión de la eficacia energética (94), resultan de problemática aplicación para el abastecimiento energético de poblaciones con crecientes y comprensibles demandas de mejora del nivel de vida. Pero, además, los 5.000 millones de habitantes actuales del Planeta se duplicarán inexorablemente en la próxima centuria, lo que plantea serios interrogantes sobre la capacidad de la Tierra para suministrar los recursos precisos (95).

Las medidas que analizamos a continuación no son sin embargo meras disquisiciones ociosas, sino soluciones inevitables si no se quiere que la situación futura se deteriore para todos. Entre las intervenciones precisas sólo consideramos las que tienen un signo preventivo-anticontaminador, omitiendo otras actuaciones igualmente necesarias, como las dirigidas a afrontar los trastornos esperables, lo que exigirá la adaptación de la planificación económica y territorial, nacional o regional, con la construcción de barreras anti-inundación, creación de nuevos embalses para contrarrestar la salinización de las aguas costeras y la disminución de las precipitaciones estacionales, protección de los ecosistemas litorales, reubicación de poblaciones, etc. (96).

El grueso de la estrategia aquí contemplado gira en torno a la

---

(93) Concretamente, el más exigente del estudio de MINTZER, un 0,47 frente al 0,27 de las naciones desarrolladas, si bien el más realista plantea un crecimiento del 0,27 en el área industrializada y un 0,67 en los países en desarrollo hasta el año 2075.

(94) GOLDEMBER y otros, *Energy for a sustainable World*, Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, 1987.

(95) Vid., entre los múltiples trabajos sobre estos temas, REPETTO, *Population, Resources, Environment. An Uncertain Future*, World Resources Institute, Nueva York, 1987.

(96) En este sentido, la Comunicación de la Comisión al Consejo de la CEE sobre *El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, pág. 51. También, Akademe Loccum, *Climatic Changes Problems and Options for Practical Response*, 10-12 marzo 1989.

modulación de la utilización energética de los combustibles fósiles y, dentro de ellos, del petróleo, cuya importancia relativa, aunque ha descendido ligeramente (97), aún sigue siendo importante, suponiendo la mitad aproximada de la demanda energética mundial.

a) *Actuaciones sobre los precios.*

Las crisis energéticas de los años setenta fueron positivas para la Humanidad, aunque a corto plazo tuvieron consecuencias no deseables en términos de paro y disminución de las rentas de trabajo. Pero el alza de los precios del petróleo indujo a la búsqueda de economías energéticas y a la prospección de opciones no petrolíferas, lo que ha sido enormemente beneficioso.

Con la superación de la adversa coyuntura de la energía se perdió impulso para progresar en la línea deseable. En efecto, los precios del petróleo, que eran antes de 1973 del orden de los 2,5 dólares/barril, pasaron a 10-13 dólares en 1974-78, y a 30-40 en 1979-82, como consecuencia de la revolución iraní. En la actualidad parecen estabilizados en la banda 15-20 dólares, previéndose que para 1991 se mantenga en torno a los 18 dólares (98).

La oferta, que hoy responde holgadamente a la demanda, mantiene, además, reservas adicionales de disponibilidad inmediata y puede recurrir a nuevas extracciones de recursos comprobados. A tal situación se ha llegado mediante la realización de nuevas investigaciones espoleadas por los altos precios: Alaska, Mar del Norte, México, etc., que han hecho descender la participación y, por tanto, el control de la OPEP sobre el mercado, cuyos suministros a Occidente bajaron del 64 por 100 en 1979 al 42 por 100 en 1985, año en que los precios descendieron a un nivel récord, 10 dólares por barril. Los nuevos operadores se han mantenido en el mercado merced a la disposición de nuevas tecnologías, aun en condiciones adversas.

La presente situación no favorece una estrategia energética ecológica, ya que los precios del petróleo en dólares, después de hacer

---

(97) Del 54 por 100 en 1973 al 44 por 100 en la actualidad, en los países desarrollados.

(98) Según la XI Conferencia de la Asociación Internacional de Economía Energética, de junio de 1989, en la que se predijo que la demanda de los países industrializados disminuirá en el año 2000 un 2 por 100 y luego se mantendrá estable, mientras que en los países en desarrollo seguirá creciendo un 2 por 100 anual.



los ajustes correspondientes a la inflación, son inferiores a los de mediados de los años sesenta (99), lo que, lógicamente, ha incidido en un cierto descenso de los entusiasmos conservacionistas, fatal para nuestro futuro ambiental y energético.

Por ello, y como técnica además de apoyo de otras políticas que a continuación contemplamos —investigadora, sustitutoria, redistributiva—, parecería aconsejable modificar las tendencias depresivas de los precios del petróleo gravando fiscalmente los consumos no con fines recaudatorios, como hasta ahora, sino para financiar iniciativas que contribuyan a aliviar a la atmósfera de las emisiones que recibe vía utilización de combustibles fósiles, en línea con los proyectos que se han acometido en algunas naciones como Holanda, para promocionar el automóvil limpio.

El establecimiento de tasas sobre los precios del petróleo puede ir dirigido, más allá del estímulo conservacionista (100), a apoyar internacionalmente políticas energéticas que de manera ambientalmente saludable estimulen el progreso económico de naciones no suficientemente desarrolladas.

Lo ideal, aunque resulte utópico, sería que los rendimientos de tales tributos se recaudasen por los países productores y pasasen a un Fondo administrado internacionalmente. En realidad, estos mecanismos ya han funcionado así, aunque de forma torpe y egoísta; pues, como es sabido, los actuales desajustes de improbable corrección del servicio de la deuda externa de numerosos países han sido inducidos a través de préstamos financiados con los excedentes denominados «petrodólares».

#### b) *Eficiencia energética.*

Las medidas intervencionistas deberían reactivar, vía tasas, subvenciones, autorizaciones y controles, el mejor uso de la energía, tal como se planteó con éxito por las Administraciones públicas, con ocasión de las pasadas crisis (101). Aquí nos movemos en un terreno firme y conocido (102) que no ha sido sin embargo am-

(99) YERGIN, *Cuestiones energéticas de los años noventa*, en «Facetas», núm. 3/1989, pág. 20.

(100) En este sentido, Robert J. SAMUELSON, *Environmental Delusions*, en «News Week», 5-6-89, pág. 41.

(101) Me remito a mi monografía, ya citada, *Nuevo Derecho energético*, fundamentalmente nucleada en torno a esta alternativa.

(102) Vid. CHANDLER y otros, *Energy Efficiency: A New Agenda*, ACEEE, 1988, y

pliado hasta el límite de sus posibilidades tecnológicas y que ofrece ahora un cierto abandono ante la falta de incentivos por los bajos precios relativos de la energía.

Pero más allá de las motivaciones económicas están los más importantes determinantes ambientales que impulsan el progreso por estas vías. Se trataría, pues, de incentivar, a través del incremento fiscal de los precios o del otorgamiento de mejoras monetarias, el ahorro energético y el uso eficaz de la energía, para lo que existen significativos precedentes. Así, los Estados Unidos emplean en la actualidad, por unidad del PIB, 27 por 100 menos energía y 32 por 100 menos petróleo que en 1973 (103).

Todos los estudios que abordan el efecto invernadero hacen un énfasis primordial en este tipo de medidas, habiéndose sostenido con convincentes argumentos que es posible reducir el consumo energético en el Reino Unido entre un 10 y un 65 por 100 en los próximos treinta y cinco años, lo que rebajaría las emisiones de CO<sub>2</sub> en magnitudes del 5 al 70 por 100 (104).

Parece que los países ricos del Norte podrían verosímelmente mantener su ritmo de vida hasta bien entrado el siglo XXI con sólo aplicar modestos esfuerzos para progresar en el uso eficiente de la energía (105).

Las economías contempladas habrían de producirse especialmente en medios industriales y de producción energética, pero también en el transporte y en los hogares. Así, la EPA americana (106) ha planteado recientemente como objetivo internacional la reducción, hasta 5,75 litros por 100 km., en el consumo de combustible de los automóviles, además de la incorporación de convertidores catalíticos para aminorar las emisiones. Las calefacciones domésticas de-

---

HOHMEYER, *The Social Costs of Energy Consumption*, Fraunhofer Institute Springer Verlag, Hamburgo, 1988.

(103) YERGIN, *Cuestiones energéticas de los años noventa*, loc. cit., pág. 19.

(104) Según estimaciones del International Institute for Environment and Development (IIED) (1979), Earth Resources Research (1983) y Friends of the Earth (1986), cit. en *Solutions to Global Warming. Some Questions and Answers. Association for the Conservation of Energy*, Londres, 1989, pág. 7. Aunque la demanda se triplicase de aquí al año 2025, el uso de tecnologías sencillas y probadas podría evitar que no se produjese aumento de consumos. GRIBBIN, *El clima futuro*, cit., pág. 213. se produjese aumento de consumos. GRIBBIN, *El clima futuro*, cit., pág. 213. En este sentido, también TOLBA recuerda que sólo mejorando la eficiencia de los refrigerados se podría ahorrar en USA el equivalente energético de 18 grandes centrales de carbón. Se cree posible conseguir un 35 por 100 de eficiencia en la conversión de la luz solar; el indicador del petróleo es de 34 por 100. *El efecto invernadero*, cit., pág. 11.

(105) GRIBBIN, *op. cit.*, pág. 213.

(106) Environmental Protection Agency.

berían, por su parte, disminuir en un 50 por 100 sus requerimientos, mejorándose instalaciones y aislamientos.

c) *Retirada del CO<sub>2</sub>.*

A primera vista el remedio más directo e inmediato del deterioro atmosférico consistiría en la eliminación de los gases indeseables, y entre ellos, principalmente, del CO<sub>2</sub>. Ello sólo será posible, limitadamente, por cauces naturales mediante las políticas de forestación a las que luego aludiremos. En cuanto a alternativas de índole tecnológica se ha contemplado la utilización de potentes aspiradores que filtren y retiren el CO<sub>2</sub> del aire (107), lo que, evidentemente, puede hacerse, si bien se incidiría con ello en un círculo vicioso, al ser precisa más energía contaminante para accionar estos mecanismos, lo que haría peor el remedio que la enfermedad.

Soluciones más razonables se centrarían en la fase previa a la emisión, extrayendo el CO<sub>2</sub> de los combustibles o reteniéndolo en los procesos. El problema sigue radicando en los costos, que continúan siendo elevados, y en la disposición final del carbono obtenido, aunque hay estimaciones optimistas, sobre todo para la primera fase, que consideran que el lavado de los gases efluentes de una central eléctrica con técnicas parecidas a las empleadas para retirar el SO<sub>2</sub> sólo supondría un 20 por 100 de incremento de los costes de la electricidad generada (108).

El Informe producido en las reuniones Villach-Bellagio de 1987 propone que el CO<sub>2</sub> producido por grandes instalaciones sea removido en cuanto gas fluyente y depositado en el océano, lo que supondría para las centrales térmicas, responsables del 50 por 100 de las emisiones, el duplicar el costo de la electricidad, carga de magnitud equivalente a las resultantes de los controles anticontaminantes ordinarios en muchos países (109).

(107) Como recogía el Sexto Informe del Departamento de Energía de Estados Unidos sobre evaluación de los efectos del CO<sub>2</sub> de 1980, redactado por ALBANESE y MEYER, cit. GRIBBIN, *El clima futuro*, pág. 219.

(108) Según expertos del grupo italiano de «Análisis y Desarrollo de Sistemas de Energía». Otras valoraciones como las procedentes del Departamento de Energía de Estados Unidos consideran que reducir a la mitad el CO<sub>2</sub> emitido por una central térmica reduciría su rendimiento en un 50 por 100, y que si este porcentaje se rebajase en un 90 por 100, la electricidad sería tres veces más cara. GRIBBIN, *op. cit.*, pág. 220. Los japoneses anuncian, no obstante, que están investigando tecnología eficiente para estos fines.

(109) *Developing Policies for Responding to Climate Change*, pág. 24.

Quizá el montante económico más elevado de estas operaciones sea el procedente de la manipulación y disposición oceánica de los subproductos generados, que bien habrían de ser canalizados en forma líquida a través de conducciones adecuadas, por ejemplo desde el mar Mediterráneo al Atlántico por el estrecho de Gibraltar, según algunas sugerencias, o bien depositados en forma sólida, tras su congelación, en fosas marinas. Una vez más se pone de relieve que lo más peliagudo de la problemática ambiental es la eliminación de subproductos, lo que, en nuestro caso, podría invalidar totalmente la solución contemplada en este apartado, obligando a buscar otras alternativas.

d) *Priorizaciones en el uso de combustibles fósiles.*

Los combustibles de este origen suponen aproximadamente el 83 por 100 de todos los suministros energéticos, debido a sus considerables ventajas en términos de accesibilidad, transportabilidad y fácil uso (110); sin embargo, sus desventajas ambientales son conocidas especialmente en lo que afecta al tema de este estudio.

De toda esta suma de productos, el más perjudicial es el carbón, cuyas reservas se encuentran en un 80 por 100 en tres países: URSS, China y USA, que, a su vez, son responsables del 50 por 100 del CO<sub>2</sub> emitido mundialmente a partir del uso de combustibles sólidos (111). Una política adecuada para el carbón es, por tanto, decisiva para el efecto invernadero, lo que podría venir facilitado por la concentración de sus efectivos. Todos los escenarios ambientales manejados prevén, por tanto, drásticas restricciones en el empleo del carbón, incluidos sus derivados, los denominados *synfuels*, combustibles sintéticos, también de negativos efectos ambientales, cuya producción es estimulada ahora por algunos Gobiernos.

El petróleo es menos perjudicial ambientalmente, con un indicador de 0,62, frente al 0,75 del carbón, pero el gas natural, 0,43, es, con mucho, el menos contaminante (112), por lo que, lógicamen-

(110) Vid. FULKERSON y otros, *International Impacts of Global Climate Change. Testimony to House Appropriation Subcommittee on Foreign Operations, Export, Financing and Related Programs*, Oak Ridge National Laboratory, 21 febrero 1989, pág. 5.

(111) FULKERSON y otros, *International Impacts of Global Climate Change*, pág. 5.

(112) Las cifras indicadas corresponden a Gigatoneladas emitidas por millón de kilovatios producidos al año. VILLACH y BELLAGIO, *Summary*, pág. 24.

te, se propone un crecimiento proporcionalmente mayor del empleo de este combustible.

e) *El control de emisiones de otros «gases invernadero».*

Al conjunto de estos gases se asigna hoy aproximadamente un 50 por 100 de causalidad en el calentamiento de la Tierra. De aquí que también deban contemplarse medidas conducentes a la moderación de estas emisiones.

Algunos gases, como los CFC, han sido ya objeto de una estrategia específica que tiene perspectivas esperanzadoras. Otros, el NO<sub>2</sub>, presentan una problemática fundamentalmente asociada a la de los combustibles fósiles, en cuya utilización se genera, aunque deben tenerse en cuenta las emisiones resultantes de su liberalización a partir del empleo de abonos nitrogenados que convendría reducir o sustituir, bien mediante el recurso a la ingeniería genética, bien con base en tecnologías que disminuyan las emisiones.

En cuanto al metano, habrían de reducirse al mínimo las pérdidas asociadas al empleo de gas natural, minimizarse las emanaciones de los vertedores de basura y progresarse en la gestión de explotaciones ganaderas, utilización de zonas húmedas y cultivos de arroz (113).

f) *La política forestal.*

El adecuado tratamiento de los bosques, especialmente los tropicales, supondrá un concurso indispensable para corregir la contaminación atmosférica que da origen al efecto invernadero. Las selvas tropicales son de alguna manera el pulmón de la Tierra, absorbiendo una parte importante del anhídrido carbónico emitido. Desgraciadamente, las actuaciones llevadas a efecto sobre las masas boscosas de estas latitudes son rigurosamente inversas a las deseables. Así, los incendios forestales, las talas y otros cambios de uso del suelo que aquí vienen produciéndose determinarán inexorablemente el agotamiento de las reservas en un período no superior, probablemente, a los sesenta años (114), con lo que la capacidad

---

(113) *El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, pág. 50.

(114) A razón de unos 200.000 kilómetros cuadrados anuales. Más de la mitad de estas reservas han desaparecido ya. Vid., sobre estos temas, *Tropical Forest. A call*

filtrante de nuestros efectivos vegetales se reducirá considerablemente.

Pero, además, la contaminación mundial se incrementará paralelamente por la transmisión a la atmósfera de los efectos de la combustión de los árboles erradicados mediante el recurso al fuego, estimándose que alrededor del 50 por 100 de la contaminación por CO<sub>2</sub> producida por estas causas procede de cinco naciones: Brasil, Indonesia, Colombia, Costa de Marfil y Laos (115).

El caso más aparatoso y mejor seguido es el de la Amazonia brasileña, donde en 1987 se quemaron 51 millones de acres, de los cuales 20 correspondían a selva virgen, produciendo los fuegos 620 millones de toneladas de carbono, lo que equivale al 10 por 100 de la contaminación atmosférica mundial (116). Lo verdaderamente paradójico es que con ello poco se ha conseguido en términos económicos, ya que los suelos tropicales son muy pobres: sólo el 15 por 100 de la Amazonia es utilizable para la agricultura convencional, y tampoco es apropiada la región para la ganadería, con lo que parece inevitable que el bosque vuelva a adueñarse de la zona; eso sí, menos rico y alto y dejando tras de sí pérdidas importantes, con suelos irrecuperables que han sido despojados de su fertilidad natural (117).

Con un alcance mundial, la política a seguir debería ser por tanto justamente la contraria: propulsar la repoblación forestal y prohibir la eliminación de la selva tropical, aunque con las compensaciones precisas.

De todas formas debe advertirse que por aquí solo no puede venir el remedio, ya que la retirada del CO<sub>2</sub> atmosférico producida por el efecto asimilador de la vegetación exigiría plantaciones de bosque con una escala que agotaría en unos años la superficie emergida de la tierra. Pero ello no es óbice a que se progrese en esta dirección, y así en la segunda reunión del IPCC, en Noordwijk/1989, se propuso como objetivo, para comienzos del próximo siglo, un incremento forestal neto de 12 millones de hectáreas anuales. El Presidente Bush, con ocasión de sus palabras de bienvenida a la tercera

---

*for Action*, International Task Force of the World Resources Institute, World Bank, United Nations Development Programme, Nueva York, 1985; REPETTO y GILLIS, *Public Policy and the Misuse of Forest Resources*, Cambridge University Press, 1988.

(115) FULKERSON y otros, *International Impacts*, cit., pág. 5.

(116) *Amazon in Peril*, en «Newsweek», 30-1-1989.

(117) NOGUEIRA-NETO, *We are Learning the Hard Way?*, en «Newsweek», 30-1-1989, pág. 46.

reunión del IPCC, en Washington (1990), anunció el lanzamiento de un programa consistente en la plantación de mil millones de árboles anualmente en tierras privadas de América.

g) *Energías renovables.*

Todas las proyecciones hacen hincapié en la necesidad de contar en el futuro con el aporte sustitutivo procedente de las energías renovables. Así, el Informe Villach-Bellagio, que plantea un crecimiento desde 10,3 teravatios (118) en 1980 a 20 teravatios en 2025, lo que supondría un crecimiento energético modesto para los países en desarrollo y nulo para los industrializados, prevé que 5 teravatios deberían provenir de fuentes renovables (119).

Dentro del bloque de energía de esta procedencia, salvo en el caso de la hidroelectricidad, caben esperar aportes adicionales poco significativos en la de origen eólico, mareomotriz o marino-termal, siendo los principales rendimientos los obtenibles de la energía solar y de la biomasa.

El uso de la energía solar se verá facilitado por la mejora de la tecnología en la elaboración de células fotovoltaicas y su consiguiente abaratamiento. Inicialmente, producir un kilovatio/hora de electricidad de este origen costaba unas 1.800 pesetas. Ahora sólo vale 36 pesetas y se espera llegar a 7,2 pesetas (120). Aun así, este tipo de energía es improbable que pueda atender demandas puntuales elevadas y, por otra parte, necesita de condiciones idóneas para su producción. Por ello, en el escenario ambientalmente más optimista del *World Resources Institute* sólo se asigna a la energía primaria solar un aporte porcentual del 6 por 100, frente al 2,6 por 100 de la alternativa continuista (121), lo que resulta un modesto avance comparado con el que se contempla para la hidroelectricidad del 3,5 por 100 en la situación del año 1975 al 21,2 por 100 en el año 2000 en el escenario de medidas modestas.

En cuanto a la energía procedente de la biomasa —combustión de madera, combustible sintético, metano, etc.—, su contribución

---

(118) Unidad equivalente a un billón de kilovatios año producida continuamente durante este período que, a su vez, podría venir producida por la combustión de un billón de toneladas de carbón anualmente.

(119) *Developing Policies*, pág. 25.

(120) ARROYO, *El problema de la energía*, en «SUR», 28-6-89.

(121) MINTZER, *A Matter of Degrees*, pág. 24.

global no puede ser muy elevada (122), puesto que parece más importante la conservación de los bosques; política ésta que puede parcialmente contrarrestar el consumo de materiales con este destino. Posiblemente los mayores avances en este campo se producirán por una mayor eficacia en su aprovechamiento que limite a la vez emisiones excesivas.

#### h) *La energía nuclear.*

Esta energía se encuentra en estos momentos en franca recesión, debido a lo difundido y aceptado de las reivindicaciones ecologistas, al elevado coste de las centrales, a las dificultades tecnológicas en la disposición de residuos y, sobre todo, a los accidentes espectaculares como el de Chernobyl. Sin embargo, la preocupación contemporánea por el recalentamiento de la Tierra ha hecho aflorar nuevas expectativas, ya que, evidentemente, las centrales nucleares no contribuyen a estos efectos, replanteándose la instalación de instalaciones más pequeñas y seguras enfriadas por gas en lugar de agua, al contrario de lo que es el caso de la mayoría de los reactores de que se dispone (123).

Como ha señalado un científico poco sospechoso de parcialidades ideológicas, «el efecto invernadero debería ser un factor a integrar en toda planificación a largo plazo, lo que incide directamente en un contencioso político sobre decisiones tales como la opción entre el combustible nuclear o el fósil para generaciones futuras de plantas energéticas. Irónicamente, en este contexto la energía nuclear constituye una alternativa ambientalmente limpia» (124).

Con otro énfasis y significación se ha dicho que la «energía nuclear es la más limpia de todas. No produce residuos atmosféricos, constituye la última respuesta ante los temores del efecto invernadero, lluvia ácida y otras formas de contaminación. Estoy sorprendido de que los ambientalistas no la promuevan, reclamando que sea más segura que lo que es actualmente» (125).

---

(122) Pese a que el programa del Departamento de Energía de EE.UU. para el que trabajó el Laboratorio de Oak Ridge, y al que se alude en FULKERSON y otros, es más optimista. *Testimony to House*.

(123) Así, FALTEMAYER, *Nuevos dispositivos de seguridad para la energía nuclear*, en «Facetas», núm. 3/1989, págs. 32 y ss.

(124) GRIBBIN, *The Greenhouse Effect*, loc. cit., pág. 4.

(125) MALPAS, *Global forces towards greater efficiency. A presentation to the Fellowship of Engineering*, Londres, 26 enero 1989. En parecidos términos se ha pronunciado la XIV Conferencia Mundial de la Energía, que ha tenido lugar en Mon-



Evidentemente, no existe consenso sobre esta solución. Los anti-nucleares han señalado que los obstáculos que en términos tecnológicos, económicos y políticos enfrenta la energía nuclear no la permitirán suplantar a los combustibles fósiles para retardar de forma significativa el calentamiento mundial (126). Según un estudio del Rocky Mountain Institute, aunque se construyera una planta nuclear cada tres días durante los próximos treinta y siete años, no se conseguiría reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> si la demanda de energía continúa aumentando (127). En este trabajo se afirma que la conservación de la energía es siete veces más costo-efectiva para reducir el CO<sub>2</sub> que el recurso a la energía nuclear, que sólo tras una masiva actuación de aquel carácter podría tener un impacto no meramente marginal. También para el Reino Unido se ha afirmado que aunque se construyan 25 grandes centrales nucleares en los próximos treinta y cinco años no se reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub> (128).

Pero nadie sensatamente cree que la opción nuclear sea la única alternativa posible y desde luego no sería la primera medida a adoptar. Aun contando desde luego con el concurso de todas las otras medidas aquí planteadas, cabe plantearse si hay lugar también para la producción de energía de este origen.

De hecho, todas las proyecciones que hemos manejado contemplan progresos modestos de la energía nuclear, que pasaría a participar, en el año 2025, en un 4 por 100 en el conjunto energético mundial, frente al 2,8 por 100 en 1975 (129).

En la Conferencia mundial de Toronto de 1988 sobre los «Cambios de la atmósfera» se propuso «volver a la alternativa de la energía nuclear, que perdió credibilidad debido a problemas relacionados con la seguridad nuclear, los derechos radiactivos y la proliferación de armas nucleares. Si llegan a resolverse estos problemas mediante proyectos de ingeniería perfeccionados y acuerdos ins-

---

treal en septiembre de 1989, y que se ha mostrado mayoritariamente a favor de este tipo de energía, calificada como «recurso esencial, seguro y rentable». «El País», 24-9-89.

(126) FLAVIN, *Una propuesta riesgosa*, en «Facetas», núm. 3/1989, pág. 34.

(127) *Solutions to Global Warming. Some Questions and Answers. Association for the Conservation of Energy*, primavera 1989, pág. 7. De este estudio se hace eco, también, FLAVIN, *Una propuesta riesgosa*, cit.

(128) Según un estudio de la Science Policy Research Unit, cit. en *Solutions to Global Warming*. De hecho, de acuerdo con otras previsiones, en tales circunstancias se incrementarían las emisiones en un 20 por 100.

(129) MINTZER, *A Matter of Degrees*, pág. 21.

titucionales, la energía nuclear podría tener un papel en la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>» (130).

Todas las reservas comprensiblemente planteadas sobre el empleo de la energía nuclear de fisión, desaparecerían si se consiguiese la fusión nuclear para fines energéticos, con lo que la Humanidad entraría en otra era caracterizada por la provisión de energía probablemente barata, segura, no contaminante y a partir de insumos prácticamente ilimitados, lo que representaría, según Carlo RUBBIA, el único modo racional de resolver a largo plazo el suministro energético y con ello el bienestar de nuestra civilización (131).

Pero, desgraciadamente, el empleo de la energía de fusión en términos comerciales no es inmediato. Según cálculos optimistas, una instalación de este tipo no empezará a funcionar antes del 2030 (132).

Una puerta abierta a la esperanza se abrió el 23 de marzo de 1989 cuando los científicos FLEISCHMANN y PONS, de la Universidad norteamericana de Utah, anunciaron haber conseguido la fusión a temperatura ambiente mediante un proceso electrolítico que en un medio de agua pesada (133) actuaría sobre un enrejado de paladium produciendo calor y neutrones. La exteriorización de este descubrimiento fue seguida de la publicación de otro hallazgo de parecidas características realizado por otro científico, JONES, de la vecina Universidad de Brigham Young.

La difusión de estas investigaciones captó la atención y el interés no sólo de la comunidad científica mundial, sino de los medios de comunicación y del gran público, lo que estaba perfectamente justificado, ya que, de haberse conseguido la fusión fría, estaríamos de enhorabuena al poderse disponer de una energía de las características antes enunciadas y, además, de un dispositivo de generación susceptible de aplicaciones tales como calefacción de inmuebles o propulsión de automóviles eléctricos.

Pero no parece que puedan echarse de momento las campanas al vuelo. En efecto, los científicos y los físicos, sobre todo, no se

---

(130) Referencia que tomo de la *Comunicación de la Comisión de la CE al Consejo sobre El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, loc. cit., pág. 38.

(131) *Y el público descubrió la ciencia*, en «El País», 9-4-89. Para este autor, lo que compartimos, deberíamos abandonar la utilización del petróleo mucho antes de que se agote en la naturaleza, unos treinta o cuarenta años, ya que su precio en términos climáticos se convertirá en inaceptable. Lo que, lógicamente, con mayor razón debe extenderse al carbón, pese a su mayor duración, previsible doscientos años.

(132) BEGLEY y otros, *The Race for Fusion*, en «Newsweek», 8-4-1989.

(133) En la que átomos de deuterio sustituyen a los de hidrógeno.

dan por satisfechos, habiendo sido calificados estos resultados como de meras reacciones químicas comparables a las que se producen en una batería; por otra parte, el artículo explicativo de los dos primeros investigadores que siguieron estas vías entregado a la prestigiosa revista «Nature» fue devuelto para ampliación de su justificación, lo que no se ha materializado hasta la fecha. Además, el paladium es un metal escaso y caro.

Pero es lo cierto que se ha obtenido calor y neutrones posteriormente en laboratorios de diversas partes del mundo, incluido el reputado centro de Los Alamos, que ha informado sobre la producción de tridio, subproducto de la fusión nuclear. También en España un investigador de la Universidad Autónoma de Madrid anunció haber detectado emisiones significativas de neutrones. Está, además, la posibilidad de haberse incidido en la catalización de los «muones», partículas elementales formadas por la incidencia de rayos cósmicos en la atmósfera. El paladium puede ser sustituido por otros metales, de progresarse en estas investigaciones. Por todo ello, y aunque es cierto que aunque esta misma línea fue ya seguida y abandonada en 1926 por dos científicos alemanes, es pronto para dar por perdida esta carrera. De hecho hay importantes fondos públicos y privados disponibles para la continuación de estos trabajos.

#### E) *La insuficiente reacción jurídica*

Salvo en lo que concierne a los CFC y a los óxidos de nitrógeno, no hay hasta el momento una instrumentación de medidas adecuadas para prevenir los trastornos térmicos examinados de la atmósfera terrestre. La defensa del clima en cuanto tal y del conjunto de la atmósfera de la Tierra no ha sido hasta la fecha motor de las reacciones públicas.

Las intervenciones jurídicamente instrumentadas para evitar la contaminación atmosférica han tenido por objeto velar por los condicionantes locales de la vida, la salud humana y las circunstancias vitales de otras especies animales y vegetales. La más reciente estrategia dirigida a la protección de la capa de ozono, aunque por primera vez supone el intento de adopción de una normativa con la escala mundial precisa, sigue respondiendo en alguna manera a la óptica sanitaria e higienista que preside desde sus orígenes la reacción ambiental.

a) *La ausencia de medidas nacionales.*

Es perfectamente comprensible que los distintos Estados no hayan adoptado todavía medidas dirigidas a la conservación del clima y a paliar las consecuencias de su previsible cambio (134).

Como decíamos, las legislaciones nacionales que inciden sobre las conductas de trascendencia atmosférica, bien autónomamente, bien en cumplimiento de compromisos internacionalmente adquiridos, tienen presente la nocividad de los subproductos emitidos para los sistemas naturales. Esta es la justificación de la legislación sobre la contaminación industrial en general, la doméstica y la de vehículos de motor.

Una aproximación al enfoque que aquí nos interesa anima excepcionalmente la legislación producida, o en trance de serlo, sobre los CFC y demás productos que pueden atentar al deterioro del ozono estratosférico en cuanto que se tienen en cuenta las circunstancias físicas de la Tierra en su conjunto, si bien indirectamente lo que se persigue es la prevención de los daños bióticos producidos por la mayor intensidad de los rayos ultravioletas.

Otros gases invernadero como el NO<sub>2</sub> son de regulación, en virtud de acuerdo con los postulados clásicos, atendiendo a su toxicidad para el hombre o las plantas. Las emisiones más enérgicamente intervenidas como las del SO<sub>2</sub> y recientemente el plomo carecen de trascendencia conocida para la alteración del clima mundial.

Por otra parte, no tiene sentido el que la tutela propugnada se realice solamente por algunas naciones aisladas. Sólo una reacción conjunta de escala internacional puede suscitar las adecuadas aplicaciones legales.

b) *La incipiente concienciación internacional.*

Aunque todavía no se han adoptado acuerdos imperativos, en el seno de la comunidad internacional prospera la convicción de que ésta es la única y necesaria salida, y así el Parlamento alemán concluyó en este sentido sus debates sobre la protección de la atmós-

---

(134) Aunque estas inquietudes han impulsado diversas reuniones científicas como las de Loccum y Hamburgo, ya mencionadas, y la de Knoxville, en agosto de 1989, sobre *Managing the Global Commons. Decision Making and Conflicts Resolution in Response to Climate Change*, con el patrocinio del Global Environmental Management Project, Energy Division, Oak Ridge National Laboratory.

fera terrestre (135), aunque ello enfrente las conocidas dificultades inherentes a la superación de las obstinadas soberanías estatales (136), que a menudo amparan en temas ambientales pequeños egoísmos internos o simplemente discrepantes sobre el riesgo o sobre la distribución internacional de las cargas (137).

Sólo un tratamiento de conjunto de las cosas comunes —caso de la atmósfera y del mar— que responda así a la lógica intrínseca de estos sistemas naturales permitirá a la Humanidad garantizar las condiciones de su supervivencia, lo que afecta a las emisiones desde cada días, pero también a actuaciones como las llevadas a efecto sobre los bosques tropicales que hoy se sustraen a los intereses generales, lo que no excluye, sino que más bien supone, como dijimos, las oportunas compensaciones.

La creciente y difundida preocupación actual sobre el clima y la consideración de la atmósfera como bien universal ha impulsado una serie de iniciativas esperanzadoras, aunque de momento a escala de reuniones científicas respaldadas por organismos supranacionales, entre ellas la primera Conferencia de Villach, de octubre de 1985; el Simposio de la CEE sobre el CO<sub>2</sub> y otros gases invernadero celebrado en Bruselas, en noviembre de 1986; y los Seminarios de Villach y Bellagio, de 1987, auspiciados por la Organización Meteorológica Mundial, PNUMA, Consejo Internacional de Asociaciones científicas e Instituto Beiger Sueco, sobre «Estrategias de adaptación a los cambios climáticos».

Pronunciamientos con más amplias implicaciones políticas son los realizados por el Parlamento Europeo en 12 de septiembre de 1986, por la Comisión Bruntland en 1987 y por la Comisión de la CEE en 1989, que explícitamente se ha manifestado sobre la necesidad de «impulsar la iniciación de discusiones sobre la posibilidad de llegar a un acuerdo internacional para la protección de la atmósfera» (138). También las recomendaciones en parecidos

---

(135) Vid. *Schutz der Erd Atmosphäre. Eine Internationale Herausforderung*, Zur Sache 5/88, Themen Parlamentarische Beratung, Bonn, 1988.

(136) Vid. el clásico trabajo de NIEBUR, *The Illusion of World Government*, en «Bulletin of the Atomic Scientist», núm. 5/1949, págs. 289 y ss.

(137) Vid., al respecto, RAYNER, «Disagreeing about Risk the International Cultures of Risk. Management and Planning for Future Generations», en HADDEN (ed.), *Risk Analysis. Institution and Public Policy Associated*, Faculty Press, Nueva York, 1984, y, posteriormente, *Opening Remarks at Symposium on Global Environmental Change and the Public*, Julich RFA, 2 octubre 1988, pág. 9.

(138) *El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, loc. cit., pág. 538, lo que se recoge en la Resolución del Consejo, ya aludida, de 21 de junio de 1989. Posteriormente, el German Bundestaj ha editado el a mi juicio más completo es-

términos del Consejo de Ministros de Medio Ambiente celebrado en Luxemburgo en junio de 1989.

Posicionamientos internacionales significativos han sido adoptados por la Conferencia sobre «Los cambios en la atmósfera, consecuencia para la seguridad mundial», celebrada en Toronto el 27-30 de junio de 1988, entre cuyas recomendaciones ya aludidas se incluía la creación de un Fondo Mundial nutrido en parte por una exacción sobre el consumo de combustibles fósiles en los países industrializados y que financiaría un Plan de Acción para la Protección de la Atmósfera. Prolongación de esta Conferencia fue el «Seminario sobre expertos en Derecho y Política» que tuvo lugar en Ottawa a principios de 1989. En Holanda ha tenido lugar una reunión de alto nivel sobre Cambios Climáticos en otoño de 1989. La segunda Conferencia Mundial sobre el Clima se celebraría en Ginebra, del 25 de octubre al 7 de noviembre de 1990.

En el contexto de las Naciones Unidas debe mencionarse también la creación del Programa Climático Mundial, vinculado a la Organización Meteorológica Mundial, y la Ponencia Internacional sobre cambios climáticos conectada con la OMM y PNUMA, cuya primera sesión tuvo lugar en Ginebra en noviembre de 1988.

### 3. LA LLUVIA ÁCIDA Y LA CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA

Se denomina lluvia ácida el proceso en virtud del cual contaminantes transmitidos a la atmósfera, normalmente tras reaccionar entre sí o con componentes naturales, regresan nuevamente a la Tierra vehiculizados por precipitaciones con un bajo pH.

Este fenómeno puede incluir largos desplazamientos de las sustancias implicadas, afectando a varias naciones y traspasando diversas fronteras jurisdiccionales; de aquí que deba ser analizado en su marco real, lo que trascenderá a la búsqueda de soluciones que no pueden tener un carácter exclusivamente local.

#### A) *Precedentes*

La conexión entre la utilización de combustibles fósiles, inicialmente el carbón, y la contaminación atmosférica se conoce y padece

---

tudio realizado hasta la fecha sobre estos temas de salud, en la versión inglesa *Protecting the Earth's Atmosphere. An International Challenge*, Bonn, 1989.

desde hace mucho tiempo. Con la revolución industrial, estos efectos se acrecientan y van a ser objeto de atención científica, estudiándose las interrelaciones entre combustión, transporte de contaminantes y daños a la vegetación. La primera monografía sobre estos temas se debe a un químico inglés, Robert Angus SMITH, que publicó en 1872 un libro precursor titulado *Air and Rain: The Beginnings of a Chemical Climatology* (139).

La contaminación transfronteriza originó conflictos entre Canadá y Estados Unidos a comienzos del presente siglo, dando lugar a la creación de una Comisión Mixta de ambos países como consecuencia de un Tratado firmado en 1909. Posteriormente, en 1941, se produjo la primera resolución en Derecho de un litigio internacional de esta índole, pronunciándose una Sentencia arbitral sobre los daños causados por los humos emitidos por la Fundición Trail, canadiense, en territorios limítrofes del norte de los Estados Unidos.

En los años sesenta los políticos suecos se mostraron particularmente activos en la defensa de su territorio frente a la contaminación generada en otras naciones al sostenerse por los científicos de esta nacionalidad la existencia de una relación acreditable entre los daños producidos a peces y lagos y las emisiones industriales transmitidas desde el centro de Europa e Inglaterra (140). En este último país, a raíz de la aprobación de la *Clean Air Act* de 1956 se procedió con éxito para el propio territorio británico a la construcción de altas chimeneas en las industrias y, sobre todo, en las centrales térmicas contaminantes, lo que favorecía la dispersión y traslado a distancia de las sustancias en suspensión.

## B) Características

La lluvia ácida se produce fundamentalmente a partir del anhídrido sulfuroso emitido en los procesos que dan lugar a la utilización de combustibles fósiles, especialmente carbón, en la industria y energía. El SO<sub>2</sub> reacciona con la humedad de la atmósfera, convirtiéndose en ácido sulfúrico; cae con la lluvia, incorporándose a

(139) Información que tomo de McCORMICK, *Acid Earth. The Global Ereat to Acid Pollution*, The International Institute for Environment and Development, Earthscon, Londres, 1985, pág. 57.

(140) Especialmente las aportaciones de ERICKSSON, ROSSBY y ODEN, cit. McCORMICK, *Acid Earth*, pág. 59.

la tierra, a las aguas del mar, ríos y lagos. De manera análoga se comportan los óxidos de nitrógeno.

Los principales daños producidos en la tierra, aparte de los que pueda causarse en materiales y superficies vegetales, son los inducidos en la composición del suelo, cuya acidificación altera el mecanismo de nutrición vegetal. En toda Europa se aprecian los efectos de estas alteraciones, sobre todo en Alemania, donde ya en 1983 más de un tercio de los árboles habían sido dañados, incluyendo a famosos bosques de históricas y literarias resonancias, como los de Baviera, en un 46 por 100 afectados, y de la Selva Negra, el 49 por 100 (141). El balance de la situación sanitaria de los bosques, realizado por la CEE para 12 países, revela que el 13 por 100 de los árboles está seriamente dañado, y el 30 por 100, amenazado. La situación ha seguido empeorando en Europa Central, con concentraciones que se sitúan entre los 5-10 gr/m<sup>2</sup>/año (142).

En el agua son los lagos los sistemas más afectados, distorsionándose el dispositivo alimentario de los peces, estimándose que en Noruega han desaparecido especies piscícolas en casi 2.000 lagos, y en Suecia, a 4.000 se les considera muertos (143).

A la lluvia ácida contribuyen también los escapes de los vehículos automóviles, que contienen hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno. Estos subproductos dan lugar a otros contaminantes como el ozono, que es el principal causante de la destrucción de la parte aérea de las plantas. Según algunas estimaciones, el ozono y las fotooxidantes, en cuya generación influirían también las emisiones de las refinerías, serían más perjudiciales que el SO<sub>2</sub> (144).

En España el problema de la lluvia ácida no parece interiormente muy grave, ni son tampoco particularmente importantes nuestras exportaciones a otras naciones. La media nacional es de 0,3 gr/año/m<sup>2</sup>, y sólo dos zonas se sitúan en la franja de 2 a 5, Galicia y la provincia de Castellón y su entorno.

El área más conflictiva es la de Els Ports, en Castellón, imputándose a la central térmica de Andorra, Teruel, propiedad del INI, la originación de la contaminación que habría causado la muerte

(141) Vid. GRIBBIN (coord.), *El planeta amenazado*, Pirámide, Madrid, 1987, página 249.

(142) Vid. «El País», 8.12.87.

(143) PEARCE, *La amenaza de la lluvia ácida*, en «New Scientist», 12-8-82; recogido en GRIBBIN, *op. cit.*, pág. 239.

(144) Opinión que no parece generalizada. Así, MILLÁN MUÑOZ, en «El País», 21-8-88.



de más de 100.000 pinos desde 1982 (145), lo que se niega por ENDESA, con el respaldo del MOPU, para quienes no está determinada la causa de la degradación de estos bosques (146). Lo que respalda un estudio realizado por la Facultad de Farmacia de la Complutense y presentado en Zaragoza en marzo de 1990. Los municipios afectados han presentado una demanda civil y planteado una querrela criminal admitida a trámite, solicitándose por el fiscal una fianza a ENDESA de 400 millones de pesetas (147).

### C) *Intervenciones correctoras*

La respuesta ordinamental ante la situación previamente descrita pasa necesariamente por la regulación de las conductas causales en los ámbitos territoriales que encuadran los sistemas significativos: el marco internacional y los territorios nacionales de los distintos Estados.

#### a) *El ordenamiento internacional.*

Las características de este tipo de contaminación imponen intrínsecamente una disciplina de alcance internacional; así, en el norte del continente americano los gases de azufre circulan a través de las fronteras hacia Canadá. Sobre Alaska aparece a veces una niebla ácida que se cree procede del Japón. Incluso los bosques tropicales de Venezuela sufren tormentas de lluvia ácida de ajena procedencia (148). En Europa los países nórdicos culpan principalmente al Reino Unido y a ciertas naciones continentales de la contaminación que reciben. Los flujos transfronterizos hacen caso omiso de las ideologías de los Estados, y son precisamente algunos países socialistas los que más contribuyen a la contaminación centroeuropea, caso de Polonia, Checoslovaquia y especialmente Alemania del Este, que utiliza carbonos con gran cantidad de azufre. Por el contrario, la Unión Soviética, que produce emisiones sumamente importantes que han motivado la pérdida de cuantiosas exten-

(145) Cifra que es de 30.000, según otras fuentes.

(146) Que afectan a una extensión superior a las 200.000 Ha.: 120.000 en Teruel, 80.000 en Castellón y 28.000 en Tarragona.

(147) «El País», 10-6-89.

(148) SAGE, «Gotas ácidas de combustibles fósiles», en GRIBBIN, *El planeta amenazado*, pág. 221.

siones de sus tierras agrícolas, recibe emisiones adicionales transportadas por vientos que conducen a su territorio el 30 por 100 de los flujos europeos (149).

Mientras que las naciones receptoras airean fuertes protestas, las transmisoras ofrecen resistencias a la hora de adoptar las medidas necesarias, caso de Gran Bretaña, una de las típicas naciones «exportadoras» (150). Polonia y Estados Unidos se han negado también a suscribir el compromiso de reducción del 30 por 100 de las emisiones a que luego nos referiremos y a soportar los costos que ello supone.

Durante mucho tiempo se ha rechazado incluso la propia tesis de la contaminación a larga distancia, pese a las convincentes aportaciones de los científicos, en especial los nórdicos, que demostraron que los desplazamientos implicados pueden suponer más de 1.000 kilómetros. Hoy no parece ya dudosa la existencia de tales transportes tras los resultados del estudio llevado a efecto por la OCDE en 1973-77 (151), de las conclusiones científicas de la reunión de Estocolmo de junio de 1982 y, sobre todo, de las mediciones y seguimientos efectuados por la red de estaciones de vigilancia y control vinculada al «Programa concertado de vigilancia y evaluación del transporte a larga distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa», EMEP.

Aun así, los progresos han sido lentos y todavía con resultados de escasa operatividad. El desarrollo normativo del derecho internacional en esta materia se ha realizado en el marco de las Naciones Unidas, debiendo anotarse las siguientes secuencias:

— Conferencia de Estocolmo de 1972.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Entorno Humano, de 1972, incluyó, a instancia de los países escandinavos principalmente, el Principio 21 de la Declaración final, con arreglo al cual los Estados tienen la obligación de garantizar que las actividades llevadas a cabo en su territorio no causarán daños ambientales a otras naciones o a los bienes comunes.

(149) PEARCE, «La amenaza de la lluvia ácida», en GRIBBIN, *op. cit.*, pág. 241.

(150) Vid. CAUFIELD y PEARCE, «Los ministros rechazan la limpieza de la lluvia ácida», en GRIBBIN, *El planeta amenazado*, pág. 283.

(151) El llamado «Programa para la medida de transporte de largo rango de la contaminación atmosférica». Vid. MCCORMICK, *Acid Earth*, págs. 58 y ss., a quien aquí sigo.

Este postulado, aunque por supuesto sin trascendencia vinculante, sirvió, no obstante, de acicate para la adopción de instrumentos internacionales de tangible eficacia jurídica.

— La Conferencia de Seguridad y Cooperación de Helsinki de 1975.

Esta Conferencia, que pretendía profundizar en las vías posibles de la convivencia pacífica, consiguió llegar marginalmente a una coincidencia de intereses entre todos los países europeos, tanto socialistas como de economía de mercado —Estados Unidos y Canadá—, sobre otros temas como la contaminación transfronteriza, encargándose la redacción de un proyecto de Convención a la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

— La Convención de Ginebra de 1979 sobre contaminación transfronteriza a larga distancia.

Cumplimentando los acuerdos de Helsinki se procedió a la redacción de un texto de Convenio que fue aceptado por la mayoría de los Estados, incluso los más reacios: Gran Bretaña y Alemania Federal, que lideraban la oposición. La Convención, que se firmó por 35 países (152), fue ratificada por 24 en marzo de 1984, con lo que entró en vigor, aunque acusó lógicamente las consecuencias del forzado compromiso. Fue tachada por sus críticos por la falta de fuerza, e incluso se la consideró como un pretexto para no hacer nada (153), aunque no faltan autores que como KISS juzgan un acierto el que el texto del Tratado sea de una gran flexibilidad hasta el punto de contener directrices para la cooperación entre los Estados signatarios en el campo de la investigación y de las medidas nacionales a adoptar, más que imponerles obligaciones jurídicas precisas (154).

Es difícil compartir tan benévolo juicio ante una normativa que carece prácticamente de lo que es inherente al derecho público: la compulsividad, y no pasa de ser un catálogo de buenas intenciones.

Las partes contratantes se comprometen «a proteger al hombre

---

(152) En 13 de noviembre de 1979.

(153) McCORMICK, *Acid Rain*, pág. 62.

(154) KISS, *Du nouveau dans l'air: des «pluies acides» a la couche d'ozone*, en «Anuaire Français de Droit International», 1985, pág. 816.

y su entorno contra la contaminación atmosférica» (155) y «a elaborar las mejoras políticas y estratégicas, comprendidos los sistemas de gestión de la calidad del aire... compatibles con un desarrollo equilibrado» (156). De hecho, poco se ha prosperado en la corrección de las perturbaciones que contemplaba el Convenio de Ginebra; los progresos han venido de la mano de otros acuerdos, como el de Otawa. Su contenido más importante es el manejo de la red europea de control, pero ello no es sino consecuencia de la utilización de un equipamiento ya existente (157).

El aspecto más positivo de la Convención de Ginebra es la extensión de sus preocupaciones, incluyendo todos los contaminantes y no sólo el SO<sub>2</sub> (158). También debe destacarse la creación de un Organismo de gestión y el acicate que supuso para la corrección unilateral de las emisiones de los Estados, máxime cuando es posible identificar con precisión el origen y destino de los flujos. Confiene una interesante precisión conceptual al contemplar como requisito una distancia tal entre fuente emisora y lugar de los efectos «que no hace por lo general posible distinguir las aportaciones de focos individuales o grupos de focos de emisión» (159).

— El Protocolo de financiación del EMEP.

De acuerdo con lo previsto en la Convención, su Organismo ejecutivo aprobó en su segunda reunión en Ginebra de 1984 (160) un Protocolo para la financiación por parte de los Estados signatarios del «Programa concertado de seguimiento continuo y evaluación del transporte a larga distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa», EMEP. Este Programa, que ya existía dependiendo de la Comisión de las Naciones Unidas para Europa, pasa a vincularse, de acuerdo con lo previsto en el Convenio de Ginebra de 1979, con su

---

(155) Artículo 2.

(156) Artículo 6.

(157) Otro acuerdo internacional inocuo, por razones comprensibles, es la Convención cuadro europea sobre cooperación transfronteriza de las colectividades y autoridades territoriales de 21 de mayo de 1980.

(158) Aunque, de hecho, según hizo notar la delegación soviética en la primera reunión del Organismo ejecutivo, sólo se contempla expresamente este gas, por lo que la vigilancia e investigación sobre los otros contaminantes tiene sólo un carácter voluntario. Vid. KISS, *Pluies acides*, loc. cit., pág. 816, y WESTSTONE, *Long-Range Transboundary Air Pollution. Executive Body First Session*, «Environmental Policy and Law», vol. II, 1983, págs. 26 y ss.

(159) Artículo 1.b).

(160) Del 25 al 28 de septiembre de 1984.

Organo ejecutivo (161). El Programa se apoya fundamentalmente en la información facilitada por una red de estaciones de control que opera desde 1978 desde distintos países europeos, tanto del Este como del Oeste.

— La reunión de Ottawa de 1984.

Esta reunión, celebrada al margen de las organizaciones internacionales existentes, tuvo, no obstante, una importancia decisiva, dando lugar al denominado «Club del 30 por 100», expresión que alude al hecho de que los diez países asistentes se comprometieron a reducir en esta proporción sus emisiones de SO<sub>2</sub> en 1993, tomando como año base 1980. Algunas naciones mejoraron su compromiso y así Francia aceptó minorar sus emisiones en un 50 por 100 para el año 1990. Unos meses después, 21 naciones se habían adherido al «Club» (162).

La institucionalización de este acuerdo en el contexto de la Convención de Ginebra se produjo en 1985, con ocasión de la tercera reunión en Helsinki del Organo ejecutivo, en la que se aprobó un nuevo Protocolo que fue inmediatamente firmado por los 21 miembros del «Club del 30 por 100», por lo que entró en vigor en octubre del mismo año.

#### b) *La Comunidad Económica Europea.*

Por su escala territorial, la Comunidad está en condiciones de imponer una disciplina eficaz que afecte a las conductas de los ciudadanos de los Estados miembros, en el sentido de disminuir o suprimir las emisiones que den lugar a contaminación transfronteriza. Esta preocupación se recoge expresamente en algunas disposiciones de la CEE, pero, por lo común, aparece asociada a regulaciones que velan con carácter general por la limpieza de la atmósfera, por lo que resulta impropio realizar aquí un análisis exhaustivo de estas regulaciones, que solamente enunciaremos a continuación:

*Calidad del aire.*—Una atmósfera menos contaminada en cada uno de los países de la Comunidad favorecerá en principio la evita-

(161) Artículo 10.3.

(162) Vid. McCORMICK, *Acid Rain*, pág. 65.

ción de la contaminación transfronteriza, y en este sentido deben mencionarse la Directiva 80/779 (163) sobre valores límites y valores guías de calidad atmosférica para el SO<sub>2</sub> y las partículas en suspensión, así como la Directiva 82/884 sobre el plomo (164) y la 85/203 sobre NO<sub>2</sub> (165).

Pero sabemos que el mantenimiento de la calidad del aire en un país determinado no garantiza el que éste no contamine a otro si dispositivos del tipo de las altas chimeneas, al amparo de una meteorología favorable, desplazan hacia otro país la contaminación producida.

*Contenido de los combustibles.*—Una prevención eficaz de la contaminación pasa por la eliminación en origen de las sustancias implicadas. En este sentido, deben mencionarse la Directiva 75/716 (166) sobre contenido de azufre en ciertos combustibles y la Directiva 76/611 (167) relativa al contenido en plomo de la gasolina.

*Escapes de los vehículos.*—La Directiva 70/220 (168) fijó por primera vez límites a las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos (169). La Directiva 77/102 (170) completa estas restricciones ampliándolas a los óxidos de nitrógeno. Sucesivas Directivas han acentuado estas limitaciones (171) que afectan, por supuesto, también a los vehículos diesel (172). Una nueva Directiva pretende establecer medidas más rigurosas para los vehículos de menor cilindrada en dos etapas: 1 de enero de 1991 y 1 de enero de 1993 (173).

*Protección de los bosques.*—Normas específicas de la CEE tienden a proteger los bosques contra los incendios, que consumen cada año 500.000 hectáreas, particularmente en la parte meridional

(163) De 15 de julio de 1980, D.O. núm. L 229/30-8-1980, rectificado en sentido más exigente por la Directiva 89/428, de 21 de junio, D.O. L 201/14-7-89.

(164) De 3 de diciembre de 1982, J.O. núm. L 378/31-12-1982.

(165) De 7-3-1985, J.O. núm. L 87/27-3-1985.

(166) De 24 de noviembre de 1975, J.O. núm. L 307/27-11-1975.

(167) De 29 de junio de 1978, J.O. núm. L 197/22-7-1978.

(168) De 20 de marzo, J.O. núm. L 76/6-4-1970.

(169) Reducidos por primera vez mediante la Directiva 74/290, J.O. núm. L 159/15-6-1974.

(170) De 28 de junio de 1977, J.O. núm. L 220/29-8-1977.

(171) Directivas 78/665, J.O. núm. L 223/14-4-1978; 83/351, J.O. núm. L 197/20-7-1983; 88/76, D.O. núm. L 36/9-2-1988.

(172) Directivas 72/306, J.O. núm. L 94/15-6-1977, y 88/436, D.O. núm. L 214/6-8-1988.

(173) COM (89) 257 final-SYN 115, D.O. núm. L 143/31-5-1989.

de la Comunidad. A estos efectos se ha creado un Comité Forestal Permanente (174), al que se han encomendado competencias preventivas y coordinadoras (175).

Otras medidas comunitarias tienen por objeto tutelar concretamente a los bosques de la Comunidad frente a los posibles efectos de la contaminación atmosférica, ayudando a los Estados miembros a conservar y restaurar la calidad de los suelos deteriorada por los sedimentos ácidos (176).

*Focos de emisiones contaminantes potencialmente importantes.* Una serie de instalaciones cuyas emisiones tienen previsible incidencia contaminadora, están sometidas a autorización previa de funcionamiento (177), lo que ya estaba previsto en las normativas nacionales. La Comunidad ha endurecido sus medidas en relación con los denominados grandes quemadores, responsables del grueso de la contaminación atmosférica europea y, por tanto, también de la transfronteriza, esperando reducir sus emisiones en un 60 por 100 de SO<sub>2</sub> y 40 por 100 de NO y polvo (178).

*Información.*—En el año 1975 la CEE estableció un procedimiento común de intercambio de información entre las distintas redes nacionales de vigilancia y control, en lo que concierne a los datos relativos a la contaminación atmosférica causada por compuestos sulfurosos y partículas (179), que fue mejorado en 1982 (180). Más ambición tiene el proyecto de creación del Organismo Europeo del Medio Ambiente y la Red Europea de Control e Información, denominados conjuntamente el «Sistema» (181).

Los acuerdos internacionales y las disposiciones de la CEE deben a su vez, para ser efectivos, ser instrumentados legalmente por los distintos Estados nacionales y también por las Comunidades Autónomas, poderes equivalentes y autoridades locales.

España ratificó en su día el Convenio de Ginebra de 1979 y pos-

(174) Decisión 89/307.

(175) Reglamento núm. 3526/86, D.O. núm. L 326/21-12-1986, ampliado por el Reglamento núm. 3529/86, D.O. núm. L 165/10.

(176) Reglamento 3528/86, cit., y 1613/89, D.O. núm. L 165/8 15-6-89.

(177) Directiva 84/3660, de 20 de marzo de 1984, J.O. núm. L 186/16-7-1984.

(178) Vid. MARTÍN MATEO, *Disciplina ambiental de la CEE*, en «Anales del Centro de Alzira» (UNED), núm. 4/1986. La Directiva correspondiente ha sido finalmente aprobada en 1988. Directiva 88/609, de 24 de noviembre de 1988, D.O. L 336/7-12-88.

(179) Decisión de 24 de junio de 1975, J.O. núm. L 194/32 25-7-1975.

(180) Decisión 82/459, J.O. núm. L 210/1 19-7-1982, que deja sin efecto la correspondiente a 1975.

(181) Propuesta de Reglamento COM (89) final D.O. C 217/23-8-89.

teriormente el Protocolo de financiación de la red EMEP (182), aunque ya sabemos que, aparte de las contribuciones económicas, no se derivan de este acuerdo obligaciones específicas. No ha suscrito, sin embargo, el Protocolo correspondiente a la reducción del 30 por 100 del SO<sub>2</sub>.

En cuanto a la normativa comunitaria se han dictado las disposiciones precisas para su ejecución nacional, si bien queda por promulgar la correspondiente a los grandes quemadores, cuya aplicación implica grandes costes, dadas las características de nuestros carbones.

#### 4. LA PERECUACIÓN ECONÓMICA PENDIENTE

El pesimista signo de muchas de las consideraciones anteriormente realizadas enfatiza la lógica constatación de que sólo una estrategia de alcance planetario puede conducir a la adopción de medidas realmente adecuadas para abordar una problemática como la de la atmósfera que afecta a toda la Humanidad, aunque con características diferentes, en función del nivel de desarrollo de las distintas comunidades nacionales.

Las soluciones más realistas incluyen destacadamente la reducción del consumo global de energía, lo que ya se afrontó, aunque con distintas coordenadas, con ocasión de la crisis energética acaecida a raíz de la guerra del Kippur, en los años setenta (183).

En estos momentos, por distintas causas, existe, en las naciones occidentales al menos, con el respaldo unánime de los medios científicos, la convicción de que la canalización técnicamente inadecuada de aportes energéticos a partir de combustibles fósiles constituye la causa principal de los problemas que padecemos.

Parecería, por tanto, razonable el abordar el remedio de esta situación reduciendo drásticamente los consumos energéticos de la indicada procedencia, impidiéndose paralelamente la eliminación de la cubierta vegetal, especialmente en las zonas tropicales más sensibles.

Pero esta terapéutica, aun siendo evidentemente la adecuada, presenta para su aplicación dificultades notables y sería además, si se realizase simplistamente, profundamente injusta.

(182) «BOE» 18 de febrero de 1988.

(183) Me remito a mi monografía *Nuevo Derecho Energético*, Madrid, IEAL, 1982.



En efecto, los efectos indeseables de la transformación de la energía tienen su origen primordial en las actividades llevadas a cabo por los países industrializados, que son los que en mayor proporción utilizan estos recursos. Si bien estas naciones están en condiciones de reducir la producción energética sin disminuir sensiblemente su nivel de vida, no sucede lo mismo con las de la denominada zona Sur, que precisan indefectiblemente de nuevos aportes si quieren mejorar las condiciones de vida de sus ciudadanos.

La congelación universal del actual *statu quo* sería desde luego éticamente inadmisible y políticamente inviable. Pero es lo cierto que todos perderíamos con el mantenimiento inmodificado de la dinámica hoy en funcionamiento, y posiblemente más aún los menos ricos.

La Tierra, que no puede asimilar ya los resultados de los actuales consumos mundiales de energía (184), recibirá el impacto de incrementos notables, aunque se mantengan los actuales *ratios*, como consecuencia del previsible aumento de la población, 6.000 millones en el año 2000 y 8.000 en el 2025, según previsiones de las Naciones Unidas.

Ulteriores demandas energéticas aún con bajos niveles de calidad de vida vendrán determinadas por el traslado masivo del campo a la ciudad. A finales de siglo habrá 550 ciudades de más de un millón de habitantes, la mayor parte de las cuales se situarán en países en desarrollo (185). Como es lógico, las naciones del Tercer Mundo desean aproximar sus condiciones existenciales a las que hoy rigen en el área industrializada, que consume mucha más energía *per capita*, lo que presumiblemente se materialice pronto para los denominados «gigantes dormidos» que se aproximan ya a los umbrales del despegue económico. Precisamente teniendo en cuenta el caso de China, India y Brasil, algunos escenarios energéticos predicen un incremento de la demanda para el año 2020 dos a tres veces la actual (186), lo que sería ecológicamente catastrófico en las presentes condiciones técnicas de producción.

Como señaló el doctor Mostala TOLBA, Director del PNUMA, en su intervención inaugural de la Tercera Sesión del IPCC, en Washington, los incrementos de población y de necesidades económicas

---

(184) KELLY y KARAS, *The Heat Trap*, University of East Anglia, FOE, 1988.

(185) SCHNEIDER, *Los desafíos del futuro reclaman nuevas instituciones y solidaridad*, en «Tendencias Científicas y Sociales», núm. 12/1989, pág. 12.

(186) Vid. *Solutions to Global Warming. Some Questions and Answers*, Association for the Conservation of Energy, Londres, 1988.

sugiere que el Sur cuadruplicara su consumo de energía en las próximas décadas; por otra parte, recordaba que el mundo industrializado contribuye al 40 por 100 de las emisiones y que el ciudadano USA aportaba cinco toneladas al año, frente a dos los japoneses, y sólo una fracción los habitantes del mundo desarrollado.

Debe, además, computarse el negativo balance resultante de la tala de los bosques tropicales, que desaparecen, según la FAO, a un ritmo de once millones de hectáreas anuales con sólo dos millones replantadas.

La solución debe inevitablemente partir de una redistribución mundial de los beneficios y costos sociales de la energía (187), lo que desde luego dista de ser fácil, aunque ya hay sugerencias concretas en este sentido que van algo más allá de las vagas declaraciones de intenciones como la denominada «Propuesta de principios legales para la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible», elaborada por un grupo internacional de expertos en Derecho Ambiental, asesores de la denominada Comisión Brundtland (188).

Ya en 1984, con ocasión de la estrategia a aplicar para reducir la contaminación transfronteriza, se propuso por la República Federal de Alemania la creación de una especie de Plan Marshall a través del cual los países ricos canalizarían ayuda financiera a aquellos otros que no pudiesen reducir sus emisiones contaminantes por causas económicas (189). En la Conferencia de Toronto de 1988 sobre los cambios de la atmósfera se suscitó también la creación de un Fondo Mundial de la Atmósfera financiado parcialmente mediante una exacción sobre el consumo de combustibles fósiles en los países industrializados (190). En aplicación de este acuerdo, la reunión de Ottawa de expertos legales trató sobre un Fondo Mundial para estos fines, cuyos beneficiarios serían países en desarrollo (191).

(187) Desde esta perspectiva, vid. MOHMEVER, *The Social Costs of Energy Consumption*, Fraunhofer Institute Springer Verlag, 1988.

(188) Vid. *Nuestro futuro común*, Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, Alianza Editorial, Madrid, 1987, págs. 405 y ss. Informe que ha merecido críticas, por cierto, por su insuficiente tratamiento de la problemática de los países en desarrollo. Así, URQUIDI, *Aciertos y límites del Informe Brundland*, en «Tendencias Científicas y Sociales», núm. 13/1989, pág. 12.

(189) PARTH, *The Global Threat of Acid Rain*, pág. 68.

(190) Vid. Comisión de las Comunidades Europeas, Comunicación al Consejo sobre *El problema del efecto invernadero y la Comunidad*, COM 1988, 656 final 2, Bruselas, 16 de enero de 1989.

(191) *Statement of the meeting op.*, parágrafo 21.

La Comisión de las Comunidades Europeas contempla para la reducción del efecto invernadero el establecimiento de un Convenio Mundial que incluye nuevos planes de ayuda para que los países en desarrollo limiten sus emisiones de gases (192).

Se contemplan también compensaciones para reducir la deforestación, ya que las naciones con soberanía sobre las masas arbóreas más importantes para la Humanidad, caso de Brasil entre otras, asimilan mal que pese sobre ellas la conservación de un patrimonio natural que interesa a todos, máxime cuando sus condiciones económicas son precarias. Se da, además, la paradoja de que la destrucción de los bosques tropicales en el Tercer Mundo con una cadencia que puede provocar su total extinción a finales de este siglo, tiene por objeto conseguir espacios agrícolas para la obtención de productos con destino a los países industrializados (193).

Se ha barajado la posibilidad de que se cancele parte de la deuda internacional contraída por las naciones afectadas, a cambio de una especie de «bonos ambientales», aunque no me parece que se haya avanzado en esta línea que estimo realista, y que desde luego podría ser asumida al menos por el BID y otras instituciones financieras internacionales.

Se trataría con ello de aplicar a la ordenación del aprovechamiento de los recursos atmosféricos técnicas ya utilizadas para la regulación del uso de otros bienes comunes escasos, concretamente el agua, aprovechada libremente en condiciones de abundancia, pero cedida sólo mediante precio cuando no alcanza para todos, incorporando las tarifas los costes proporcionales de captación, transporte, potabilización y depuración.

El traslado parcial de estos mecanismos a la conservación de la atmósfera no supondría la derogación de la aplicación del principio «contaminantemente pagador» (194), sino su modulación en virtud de los postulados de solidaridad para los casos de las naciones menos ricas.

No es probable, sin embargo, que se asuma de buena gana el establecimiento de un sistema fiscal internacional que grave a las naciones en proporción a su PIB por habitante, una especie de im-

---

(192) *El problema del efecto invernadero*, cit., parágrafo 26.

(193) GRIBBIN, *El clima futuro*, Salvat, Barcelona, 1989, pág. 222.

(194) Como alegaban las autoridades suecas al oponerse en 1989 al establecimiento del Fondo de Ayuda propuesto por la R. F. Alemana.

puesto sobre la renta de escala mundial que trasvase recursos de los países ricos a los pobres con fines ambientales y de desarrollo.

Desgraciadamente, las medidas consideradas, aunque imprescindibles, no serían por sí solas suficientes. Se precisaría realizar importantes progresos científicos en el campo energético y de la producción alimenticia, pero, además, se requeriría la generalización de una nueva filosofía superadora de las tendencias hoy dominantes que gravitan sobre los recursos naturales más de lo razonable por la intensificación y generalización del consumo, lo que a su vez está ligado a la incentivación del progreso en la disposición de recursos económicos, tanto para los sujetos como para las organizaciones productivas (195). Pero debe reconocerse que no se visualiza en estos momentos un modelo alternativo; es más, el éxito a corto plazo del sistema capitalista le ha procurado una, al parecer, imparable expansión.

Efectivamente, podemos convenir con LAFONTAINE que los conflictos sociales del futuro no lo serán sólo entre capital y trabajo, sino también entre producción y ambiente, y que «la protección del medio ambiente comienza en los países industrializados, no en Brasil. Porque lo más importante es una reducción de la transformación de la energía» (196), pero realmente no está claro cómo puede ser asumida por el socialismo la superación de estas contradicciones.

---

(195) Me remito a mi trabajo *La Calidad de Vida como valor jurídico*, en el núm. 117 de esta REVISTA, 1988, págs. 51 y ss., y a la bibliografía allí citada.

(196) Declaraciones a «El País», 13-5-1989. Vid. también de este autor *La sociedad del futuro*, Madrid, 1989, págs. 61 y ss.