Aedenat

Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza

CAMBIO CLIMATICO

Enero 1992

Presentación

Las consecuencias probables del cambio climático constituyen una amenaza de primer orden para la Humanidad. Sus efectos serán perceptibles en todo el mundo, pero los impactos más graves en términos de cantidad de afectados y de sufrimiento humano se darán casi con total seguridad en los países que menos pueden hacer por adaptarse al clima cambiante al carecer de recursos técnicos y económicos, es decir, en los conocidos eufemísticamente como "países en vías de desarrollo" y más crudamente como países pobres, Tercer Mundo o periferia del sistema mundial. Las consecuencias, sin embargo, tampoco van a ser baladíes para "nuestra" parte del mundo, tanto las directas de la variación del clima como las derivadas de la degradación progresiva de las condiciones de vida en el Tercer Mundo.

De todo ello trata el presente documento estructurado en dos bloques bien diferenciados. En el primero de ellos se analiza las causas y los impactos del cambio climático. En el segundo se exponen todo un conjunto de medidas que deberían llevarse a cabo para intentar paliar el problema.

El informe ha sido elaborado por Juan Carlos Rodriguez Murillo representante de la Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza (AEDENAT) en la Red de Acción del Clima (Climate Action Network).

La edición del documento ha contado con la colaboración de la Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental (CODA).

SUMARIO

EL CAMBIO CLIMATICO: CAUSAS E IMPACTOS 3

1. El problema y sus causas 3
   1.1. La influencia humana sobre el clima 6
   1.2. El efecto invernadero 7
   1.3. Los modelos climáticos y sus previsiones 10
   1.4. ¿Como será el clima del futuro? 13
   1.5. La amenaza de las retroalimentaciones 17
2. Impactos del cambio climático 18
   2.1. La subida del nivel del mar 19
   2.2. Agricultura y silvicultura 22
   2.3. Ecosistemas naturales terrestres 24
   2.4. Recursos hidráulicos 26
   2.5. Otros impactos 27

REFERENCIAS 29

LAS RESPUESTAS AL CAMBIO CLIMATICO 30

1. Medidas técnicas de prevención del cambio climático 33
   1.1. El sector energético 34
      1.1.1. Consumir menos energía: El ahorro energético 35
      1.1.2. Utilizar energías limpias: Las energías renovables . . . 37
      1.1.3. Producir electricidad mas eficientemente 39
      1.1.4. Usar otras fuentes de energía menos emisoras de CO_2. El papel de la energía nuclear 40
   1.2. La producción de CFCs 44
   1.3. La agricultura y la ganadería 45
   1.4. La silvicultura. Deforestación y reforestación. Otras actividades 47
2. Medidas económicas y políticas contra el cambio climático 51

3. La comunidad internacional y el cambio climático. Hacia una Convención sobre el clima 54

El caso del Estado español 56

REFERENCIAS 59

EL CAMBIO CLIMATICO: CAUSAS E IMPACTOS

1. El problema y sus causas

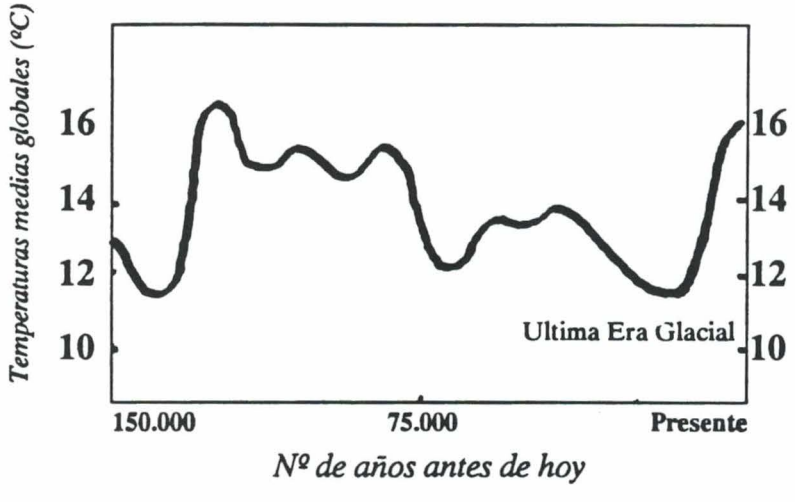
El clima de un lugar es un concepto estadístico, que viene dado por el comportamiento promedio de un cierto número de factores -temperatura,lluvias,vientos- a lo largo de un tiempo suficientemente largo para que este comportamiento promedio no varíe; por el contrario, lo que conocemos como tiempo -atmosférico- es el resultado de la situación de los anteriormente mencionados factores climáticos en un momento dado. De esta manera podemos tener un tiempo lluvioso en Madrid, lo que significa que hoy llueve, pero no por ello el clima de Madrid es lluvioso, ya que no llueve muy a menudo a lo largo de los años. Mientras el tiempo es cambiante, el clima ofrece un comportamiento estable, lo que sin duda favorece la adaptación al mismo de plantas y animales. El estudio del tiempo -Meteorología- y del clima -Climatología- constituyen dos ciencias fascinantes de por sí y con unas repercusiones prácticas directas y muy importantes; piénsese en lo que representan las previsiones meteorológicas para la navegación, la agricultura, etc.

Tanto el tiempo como el clima son el resultado de la interacción de la energía que nos llega del Sol con las diferentes partes que forman la Tierra: Atmósfera (aire), Hidrosfera (agua líquida), Litosfera (corteza terrestre sólida), Criosfera (hielo) y Biosfera (seres vivos). La energía solar es el motor de una grandiosa máquina del clima, donde todas las partes se relacionan e influyen mutuamente, y cuyos mecanismos y resultados -el clima- empezamos apenas a poder predecir. (Ref.1)

La estabilidad del clima no significa que éste no cambie; en toda la historia de la Tierra ha habido acusados cambios climáticos, que han de-

sencadenado radicales cambios ecológicos. Desde hace varios millones de años, la Tierra se vé sometida cada 10 ó 20.000 años a una era glacial que se prolonga cerca de 100.000 años, con un descenso de las temperaturas medias y un avance de los hielos, que llegan a cubrir permanentemente amplias zonas de Europa y Norteamérica; las eras glaciales se deben a cambios cíclicos de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, que ocasionan cambios en la distribución de la intensidad de la radiación solar que nos llega, y al efecto de los gases de invernadero en la atmósfera (ver mas adelante) (figura 1). Durante otras épocas la Tierra ha estado bastante más caliente que en la actualidad, como sucedió hace unos 100 millones de años, en el llamado período Cretáceo, con un clima cálido y húmedo en la mayor parte del planeta, una gran variedad de dinosaurios y carencia de hielos permanentes en las zonas polares.

Figura 1. Variación de la temperatura de la Tierra en los últimos 150.000 años (Fuente: "Chemical & Engineering News" 13-3-1989)

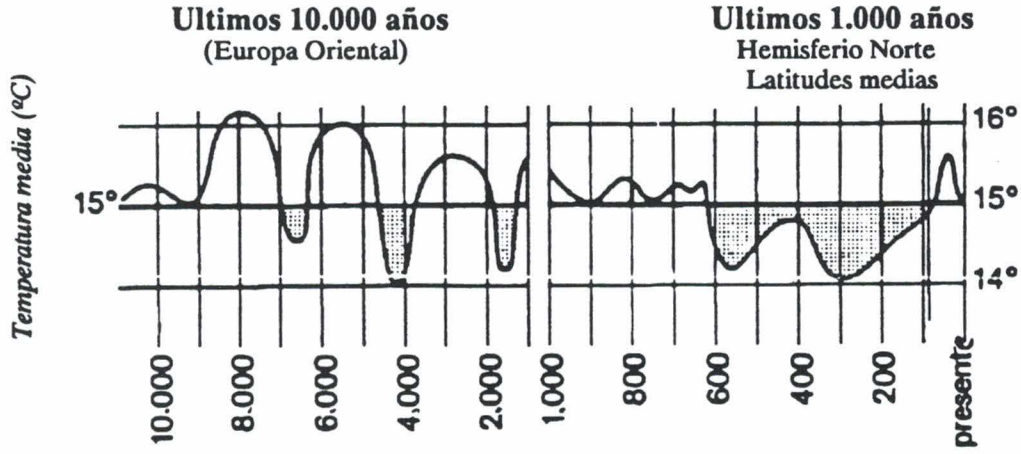


Pese a todos estos cambios, un hecho notable es que la Tierra ha permanecido a temperaturas propicias para los seres vivos (10-30ºC) desde la aparición de la vida en ella, hace unos 3.000 millones de años, a pesar del aumento que se ha producido desde entonces en la actividad solar, y de los importantes cambios en la composición atmosférica, distribución y relieve de mares y continentes, etc.

En intervalos temporales mas breves, es decir, dentro de las eras glacia-

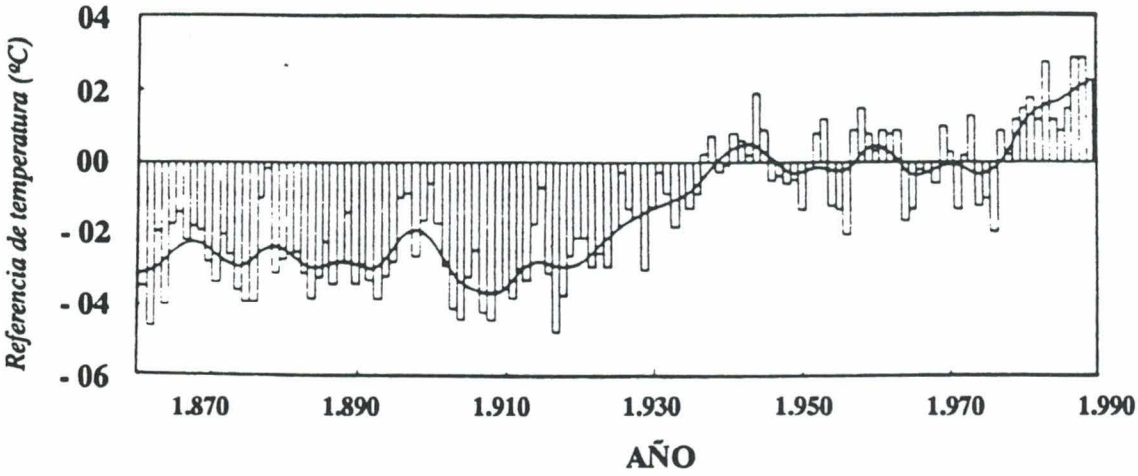
les e interglaciales, se dan también cambios climáticos notables, aunque menos marcados. Tras la última era glacial, con temperaturas medias de unos 5ºC inferiores a las actuales,hubo un período cálido y húmedo que alcanzó su punto culminante hace 6.000 años,con temperaturas medias 1.5-3ºC superiores a las actuales y un nivel del mar del orden de 3 metros por encima del presente. Este "período cálido del Holoceno" propició con seguridad el desarrollo de la actual civilización humana, que dió comienzo con el desarrollo de la agricultura y la ganadería. Desde entonces se han ido sucediendo los períodos cálidos y fríos (fig.2); mencionemos el período cálido medieval (años 900-1.100), con 1ºC mas de temperatura que en nuestro siglo; los viñedos en Europa se extendían entonces de 3 a 5º mas hacia el Norte y los vikingos establecieron colonias en Groenlandia. Los viñedos y los vikingos desaparecieron en los siglos sucesivos bajo el frío y los hielos de la "pequeña era glacial", que persistió hasta el siglo XIX, con temperaturas medias 1ºC bajo las actuales. El período álgido en Europa Occidental se dió entre 1550 y 1700, con témpanos cerca de Mallorca y el río Támesis helado de orilla a orilla 2 meses al año. Desde el final de este período frío las temperaturas están subiendo, aunque no de manera uniforme, como se aprecia en la figura 3.

Figura 2. Variación de la temperatura terrestre en los últimos 10.000 y 1.000 años (Fuente: Ref. 3)



La causa de estas variaciones climáticas "de pequeña escala" hasta tiempos recientes, parece ser la variación cíclica de la actividad solar, que aumenta y disminuye según dos períodos, uno de 80 y otro de 180 años;

Figura 3. Variación de la temperatura terrestre en los últimos 130 años.
La diferencia de temperatura representada es respecto a la media del período 1951-1980; los valores representados están suavizados (Fuente: IPCC, Ref. 2)



una mayor actividad del Sol conlleva un recalentamiento de la Tierra. Existen diversos fenómenos naturales, aparte de éste, que afectan al clima; así, las grandes erupciones volcánicas inyectan gran cantidad de aerosoles -pequeñas partículas líquidas o sólidas que flotan en el aire- en la estratosfera, donde pueden estar varios años bloqueando parte de la radiación solar y enfriando por tanto la Tierra. Por otra parte, un sistema tan complejo como es el del clima presenta una variabilidad natural, que no está relacionada con cambios perceptibles de las partes de la máquina del clima, sino mas bien con el carácter caótico de la interacción de éstas.

1.1 La influencia humana sobre el clima

Aparte de estos factores naturales, también el ser humano puede modificar el clima. Un ejemplo de la capacidad humana de modificar **localmente** el clima es el de las ciudades, mas cálido que el de sus alrededores, menos ventoso y mas seco. La deforestación de una zona lleva consigo un aumento de los extremos de temperatura en dicha zona, así como una desecación. La producción de aerosoles, tales como partículas de hollín, polvo, nieblas ácidas, etc. suele implicar un enfriamiento, al bloquear la luz solar.

Parece mas difícil imaginar como puede el ser humano alterar el clima **de todo el planeta**, considerando que está impulsado por energías muy superiores a las que puede generar la Humanidad. Sin embargo, ésto es lo que muchos científicos afirman que va a suceder o, incluso, que ya está sucediendo. Para comprender este hecho, debemos considerar el ya famoso "efecto invernadero".

1.2 El efecto invernadero

La temperatura de la Tierra depende, como el clima, de la compleja interacción de las partes constitutivas del planeta con la radiación solar. La temperatura, que mide la cantidad de energía interna que posee un cuerpo, depende fundamentalmente de cuánta energía nos llega del Sol y de cómo se absorbe, emite y refleja esta energía en la atmósfera y en la superficie del planeta. Estos procesos constituyen lo que podríamos llamar el balance energético de la Tierra; la radiación solar que llega a la superficie y es absorbida por ella, es reemitida como radiación infrarroja o de calor, de mayor longitud de onda. En la atmósfera terrestre existen una serie de gases en cantidades muy pequeñas, que tienen la propiedad de absorber esta radiación infrarroja, mientras que dejan pasar la radiación solar inicial de menor longitud de onda; como resultado, la Tierra está mas caliente que en ausencia de dichos gases, de forma similar, pero no idéntica, a lo que ocurre en un invernadero; de ahí el nombre dado a este fenómeno -efecto invernadero- y a los gases que lo originan -gases de invernadero-.

El gas de invernadero fundamental es el dióxido de carbono (CO_2), que se origina al combinarse con el oxígeno cualquier sustancia orgánica. Todos los seres vivos emiten CO_2 en la respiración, que es el proceso por el cual extraemos de los alimentos la energía precisa para la vida; las plantas, además de respirar, absorben CO_2 de la atmósfera para su alimento. El CO_2 se viene también emitiendo en cantidades masivas desde que el ser humano comenzó a usar en gran escala los llamados combustibles fósiles -carbón, gas y petróleo-.

Existen otros gases en la atmósfera, en cantidades mas pequeñas aún, que contribuyen también al efecto invernadero. Por orden de importancia mencionaremos los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3) (Tabla 1).

Tabla 1. Principales gases de invernadero y sus características

	Dióxido de carbono	Metano	CFC-11	CFC-12	Oxido nitroso
Concentración atmosférica (partes por millón)	353	1,72	0,000280	0,000484	0,310
Concentración preindustrial (ppm)	280	0,8	0	0	0,288
Aumento anual	0,5%	0,9%	4%	4%	0,25%
Tiempo de residencia en la atmósfera (años)	50-200	10	65	130	150

Los CFCs son sustancias sintéticas -obtenidas por el ser humano-, que no existían en la Naturaleza antes de los años 30 de este siglo; desde entonces se han venido usando para refrigeración, en aerosoles, en la industria de los plásticos y como disolventes. Se han hecho famosos en los últimos años como responsables de la destrucción de la capa de ozono. El metano se produce al descomponerse los restos de animales y plantas en ausencia de aire, así como al quemarse la materia orgánica. El óxido nitroso se produce también en la combustión, pero sobre todo por la descomposición de compuestos con nitrógeno. En cuanto al ozono, mientras el que constituye la capa de ozono en la estratosfera nos proteje de los rayos ultravioleta (UV-B), el que está presente en la troposfera -la parte de la atmósfera mas cercana a la superficie terrestre- es, además de un gas de invernadero, un contaminante tóxico para los seres vivos, que contribuye a la lluvia ácida y al "smog" fotoquímico de muchas ciudades, debido a que se forma por reacciones entre contaminantes urbanos típicos -óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos como el metano-, con intervención de la luz solar. Además de estos

gases de invernadero hay que mencionar el papel fundamental del vapor de agua atmosférico, que es en términos absolutos el que mas radiación infrarroja (IR) absorbe. A pesar de ello, la cantidad de vapor de agua en la atmósfera no está afectada directamente por la acción humana, al no afectar ésta de forma perceptible a las fuentes y sumideros del vapor de agua.

La capacidad de estos gases de atrapar el calor -lo que se conoce técnicamente como "forzamiento radiativo"- depende de su concentración en la atmósfera y de su capacidad de absorción -por molécula de gas- de la radiación IR. De esta manera, una molécula de un CFC contribuye al efecto invernadero como unas 10.000 moléculas de CO_2, ya que aquella molécula absorbe mucho mas la radiación IR que la de CO_2. El calentamiento que va a ocasionar un gas de invernadero a lo largo de un cierto número de años depende de su forzamiento radiativo, pero también del tiempo que pase en la atmósfera. En efecto, los gases de invernadero se emiten, de forma natural y por acción humana, en diferentes procesos -"fuentes"-, pero también existen procesos que los retiran de la atmósfera -"sumideros"-; una molécula de metano que se emite, pasa en la atmósfera unos 10 años como media, antes de desaparecer. Una molécula de un CFC, como el CFC-11, requiere 65 años para desaparecer; estos tiempos se conocen como "tiempo de residencia" de cada gas. Cuanto mas largo sea este tiempo de residencia, la retención del calor debida al gas se prolongará también mas. Las contribuciones relativas al calentamiento debidas a los gases de invernadero afectados por las actividades humanas se estiman en: CO_2 (56%), CFCs (24%), CH_4 (15%) y N_2O (5%). La contribución del Ozono no se conoce con precisión pero podría llegar al 10%.

El efecto invernadero producido por los gases mencionados -fundamentalmente por el CO_2 y el vapor de agua- mantiene a la superficie terrestre unos 30ºC mas caliente de lo que estaría en ausencia de ellos. La presencia de los gases de invernadero es, pues, necesaria para mantener una temperatura -15ºC de media- que hace posible la vida.

El problema estriba en que, desde hace unos 200 años, el ser humano está aumentando de forma muy rápida la concentración de los gases de invernadero en la atmósfera, con lo cual aumenta la retención de calor por ésta -el forzamiento radiativo -, provocando el recalentamiento de la Tierra. Las actividades humanas, que analizaremos en otro capítulo, han significado un aumento de las emisiones naturales de estos gases, de forma que los sumideros existentes no pueden absorberlos a tanta velocidad como se emiten; de ahí que se acumulen en la atmósfera y se refuerce el efecto invernadero natural. Hay que hacer notar que, al igual que el clima, las concentraciones de los gases de invernadero han variado de forma natural a lo largo de la historia de la Tierra, siendo mínimas en las eras glaciales y aumentando en los períodos interglaciales; lo que resulta muy preocupante es la velocidad con que se está dando este aumento debido a la interferencia humana. Como veremos, este hecho dará lugar a un calentamiento global, que se reflejará en un aumento de la temperatura media de la Tierra y un cambio climático de una velocidad desconocida en la vida del planeta.

1.3 Los modelos climáticos y sus previsiones

La previsión del tiempo, incluso contando con satélites meteorológicos, observatorios y ordenadores, no es posible a mas de unos pocos días vista por la complejidad intrínseca del sistema que se analiza. Sin embargo, el carácter mas regular -estadístico- del clima posibilita su predicción a muy largo plazo; la situación es similar a intentar averiguar cara o cruz al tirar una moneda; no se puede predecir con seguridad lo que saldrá en la próxima tirada, pero sí que si se está un día -digamos- tirando la moneda, la mitad de las tiradas van a ser cara. De esta forma, puede ser posible predecir el efecto que causa y causará sobre el clima la acumulación de gases de invernadero.

Desde hace unos 25 años,se han comenzado a realizar estas predicciones climáticas usando "modelos climáticos" de ordenador. Lo que hace un modelo para predecir el clima es tomar en cuenta los elementos princi-

pales que determinan éste -energía recibida del Sol, balance energético de la Tierra, composición de la atmósfera-, junto con las leyes físicas y químicas que gobiernan el comportamiento de la materia. Con todo esto, es capaz de calcular como van cambiando en el tiempo los diferentes factores que definen el clima -temperatura, humedad atmosférica, humedad del suelo, velocidad y dirección de los vientos, precipitaciones, etc.-. Los modelos mas completos y refinados que existen se llaman "Modelos de Circulación Global (MCG)"; estos modelos dividen la superficie terrestre en un retículo de rectángulos y la atmósfera en varias capas, calculándose el tiempo meteorológico -o sea, los valores de la temperatura y los demás factores que se acaban de mencionar- en los vértices del retículo a cada tiempo que se elija. El volumen de cálculos matemáticos necesarios hace necesario utilizar los superordenadores mas rápidos existentes.

Las limitaciones de los modelos climáticos vienen de dos circunstancias. La primera es que los fenómenos atmosféricos que se dan en zonas menores que el tamaño de los rectángulos en que se divide a la Tierra en los MCG no pueden tomarse en cuenta en los modelos. Así, el fenómeno de las nubes -que se extienden en promedio unos pocos kilómetros cada una- no se puede imitar -o "modelar"- bien, ya que los rectángulos mencionados tienen dimensiones de cientos de kilómetros; se estima que pasarán décadas antes de contar con ordenadores que sean tan rápidos como para que los tiempos de cálculo de los MCG con rectángulos de unos pocos kilómetros sean razonables -horas o días en lugar de décadas-. El segundo problema de los modelos, éste mas fundamental, es la falta de conocimiento de la dinámica de las complejas interacciones que gobiernan el clima. En particular, la dinámica de los océanos está recogida en los modelos en forma muy simplificada. Los océanos distribuyen el calor por el planeta por medio de las corrientes oceánicas, que ejercen una influencia fundamental sobre el clima; además de eso, los océanos sirven como sumidero del CO_2 y suavizan las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas, gracias a la gran capacidad del agua para absorber calor, que luego desprende en tiempo frío.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, es necesaria una cuidadosa comprobación de los modelos para saber hasta que punto sus previsiones sobre el clima del futuro son fiables. Para ello, se calcula con los modelos el clima que existe en la actualidad, prediciendo las estaciones, con sus diferencias de temperatura y precipitaciones en verano y en invierno; los modelos calculan bien las temperaturas y menos bien otras variables como la humedad y las precipitaciones. Los MCG son capaces de predecir también lo que se conoce de los climas del pasado -eras glaciales e interglaciales-. Por otra parte, los diferentes modelos existentes se comparan entre sí; habitualmente esto se hace calculando una serie de variables, como temperatura, humedad, etc., durante 10 ó mas años, y comparando los valores medios que ofrecen los diferentes modelos, suponiendo que la concentración de CO_2 en la atmósfera aumenta al doble. Los distintos modelos dan resultados que varían en el grado de calentamiento, en la distribución de las lluvias, etc., pero todos coinciden en:

- Al doblarse la concentración de CO_2 en la atmósfera, la temperatura media de la superficie terrestre aumenta entre 1.5 y 5.5ºC según el modelo, con una probabilidad de 2/3 de que la temperatura aumente entre 2.5 y 4.5ºC. La duplicación de la concentración del CO_2 puede alcanzarse en el año 2.050 al ritmo actual de emisiones.

- El aumento de temperatura no es uniforme en la superficie terrestre, sino que es mayor en las altas latitudes -cerca de los polos- que en las bajas; algunos modelos predicen hasta 12ºC de aumento en invierno en la zona Artica.

- Todos los modelos predicen un aumento de las precipitaciones, que tampoco es uniforme -se preveen disminuciones-.

- Al tiempo que la superficie se calienta, la estratosfera se enfría; esto era de esperar, a fin de que se mantenga el balance energético. Este hecho puede tener graves consecuencias para la capa de ozono (ver 2ª parte de este capítulo).

Existe el convencimiento dentro de la comunidad científica de que, aunque un modelo matemático como los MCG no puede simular toda la complejidad del clima, sí puede revelar las consecuencias generales sobre el clima de la variación de un factor importante, como es la concentración de dióxido de carbono.

Desde un punto de vista práctico interesa conocer, mas allá de las características globales del cambio climático, cómo podrá cambiar el clima en una región del mundo o en un país. Para ello es necesario por una parte aumentar la resolución -disminuir el tamaño de los rectángulos-, y por otra incluir procesos como el ciclo hidrológico y la dinámica de las corrientes marinas y de la transmision de calor entre la superficie y las profundidades del mar; los modelos resultantes se denominan MCG acoplados con modelos oceánicos tridimensionales, y se encuentran aún relativamente poco desarrollados. Los resultados obtenidos hasta la fecha no modifican las conclusiones generales de los MCG. Se puede concluir afirmando que las previsiones de cambios climáticos regionales son bastante mas inciertas que las previsiones generales enunciadas anteriormente.

1.4 ¿Como será el clima del futuro?

El consenso científico oficial sobre el cambio climático está recogido en un informe (Ref.2) realizado por el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático, mas conocido por las siglas inglesas IPCC (Intergovernamental Panel on Climate Change), organismo que reune a la flor y nata de los científicos y de representantes de Gobiernos que se han ocupado de este problema. El IPCC se fundó en Noviembre de 1.988 a instancias de la Organización Meteorológica Mundial y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con la misión de a) evaluar la información científica sobre el cambio climático; b) evaluar los impactos de dicho cambio y c) formular estrategias de respuesta al mismo. En Mayo de 1990, el grupo de trabajo I del IPCC, encargado de la evaluación científica del cambio climático, emitió su informe, que nos sirve de

base para exponer como podría ser el clima del futuro.

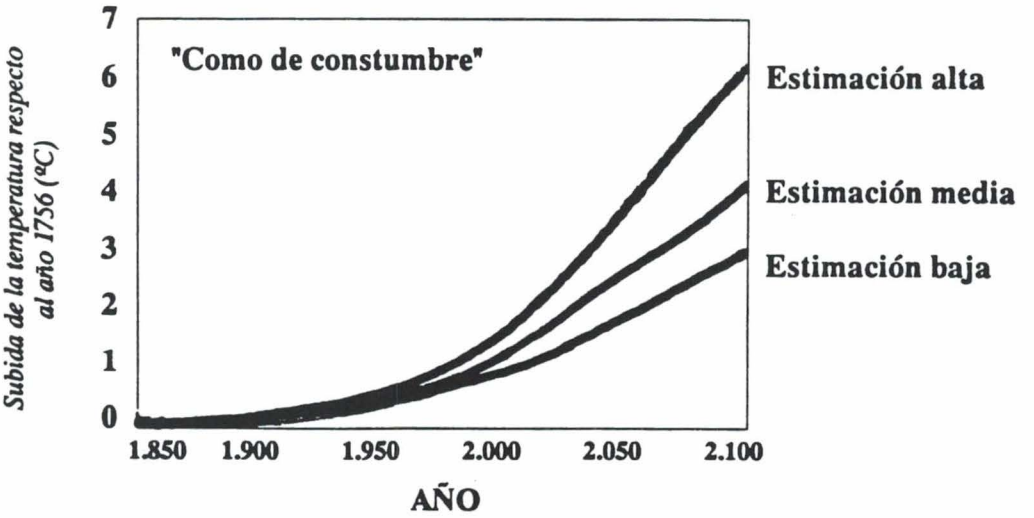
Una cuestión que preocupa bastante a la opinión pública es saber si el cambio climático provocado por la acción humana ha comenzado ya. Mucha gente y algunos científicos en particular comenzaron a pensar que sí en 1988, debido a la concurrencia de fenómenos meteorológicos extremados e inusuales -sequía prolongada en el Sahel, sequía y ola de calor en los EE.UU., huracanes en Europa-, con la década más cálida desde que se registran las temperaturas, y con un incremento comprobado de la temperatura media registrada en los últimos 100 años entre 0.3 y 0.6ºC (fig.3). Todos estos hechos, y muy particularmente el calentamiento terrestre en los 100 últimos años, son coherentes con lo que predicen los modelos climáticos, pero también están dentro de la variabilidad natural del clima que ya hemos mencionado, y, por consiguiente no podemos afirmar con certidumbre que el cambio climático se está dejando sentir ya; una detección inequívoca del calentamiento causado por el ser humano no es probable hasta dentro de 10 ó mas años. La gran mayoría de los científicos opinan, sin embargo, que esto no nos debería llevar a desentendernos del asunto, ya que de seguir emitiendo grandes cantidades de gases de invernadero, las consecuencias podrían llegar a ser catastróficas, como se expone en la parte 2 de este trabajo.

La predicción del clima futuro -hasta el año 2100 en el informe del IPCC- se lleva a cabo con los modelos climáticos mencionados; el resultado oscila entre 1.5 y 4.5ºC de aumento de la temperatura media al doblarse la concentración de CO_2 -mas exactamente, cuando todos los gases de invernadero juntos alcanzan unas cantidades que provocan un calentamiento adicional equivalente al producido por una duplicación del CO_2-.

La variación de las temperaturas en el tiempo depende de como vayan variando las concentraciones de los gases de invernadero en la atmósfera, lo que a su vez depende de como varíen las emisiones humanas de estos gases. Existen varios escenarios hipotéticos para tomar en cuenta 4

posibles variaciones de estas emisiones hasta el año 2.100; en el escenario "como de costumbre" (fig. 4) se prevee un aumento de la temperatura de 0.3ºC por década (0.2 a 0.5ºC), es decir, de 2.5 a 6ºC mas que la temperatura preindustrial -en el año 1.765- para el año 2090 -de 1.5 a 5ºC mas que la temperatura actual-. Conviene hacer notar que estas temperaturas serían las registradas, no las temperaturas de equilibrio a las que la Tierra llegará al responder al aumento de los gases de invernadero. Este es un punto importante, porque significa que el aumento total de la temperatura provocado al liberarse en la atmósfera un gas de este tipo tarda decenas de años en realizarse totalmente; se estima que en cualquier momento, el aumento de temperatura que todavía tiene que realizarse -pero que ya está "comprometido"- debido a las emisiones realizadas hasta dicho año puede oscilar entre un 25 y un 100% del aumento de temperatura ya registrado; este fenómeno de retraso se debe a la inercia térmica del mar, el cual tarda mucho tiempo en calentarse y alcanzar el equilibrio térmico con la atmósfera. Aún cuando se disminuyesen las emisiones de gases de invernadero hasta el punto de estabilizar las actuales concentraciones atmosféricas se ha calculado que con los ya emitidos en exceso las temperaturas podrían subir 1ºC o más (entre 0,2 y 2,5ºC) por encima de las actuales (Ref.3).

Figura 4. Aumento de la temperatura -con respecto a la temperatura preindustrial- predicha si las emisiones de CO_2 siguen la tendencia actual (escenario "como de constumbre" del IPCC) Ref. 2.



El calentamiento será mas rápido en el interior de los continentes que en las zonas costeras y los mares; en la Antártida y en parte de las costas del Atlántico Norte el calentamiento será mínimo. En las latitudes altas del Hemisferio Norte -lejos de las costas aludidas- el calentamiento en el invierno será hasta un 50-100% mayor que la media mundial (interior de Canadá, Escandinavia y Siberia).

En cuanto a las lluvias, estas aumentarán globalmente, aunque en ciertas zonas como el sur de Europa y el centro de América del Norte disminuirán en verano, al igual que la humedad del suelo; las predicciones a esta escala o a escala menor son poco seguras, particularmente en lo que se refiere a precipitaciones y a humedad del suelo. En la tabla 2 tenemos las previsiones del clima en el area del Mediterráneo para el año 2.030.

Tabla 2. Previsiones para el área mediterránea.
Año 2.030, escenario de emisiones "como de constumbre"; 0,8ºC de aumento de temperatura global sobre la actual. (Fuente: Ref. 2)

Aumento de temperatura	Verano: 1-2 ºC Invierno: 1 ºC
Lluvias	Verano: 5-15% menos Invierno: Probable aumento
Humedad del suelo	15-25% menos en verano

Si que puede afirmarse que aumentarán los días extremadamente calurosos y disminuirán los días muy fríos. No puede decirse si el tiempo será mas varible que hoy en día, y tampoco se pueden predecir los efectos concretos sobre los fenómenos meteorológicos habituales en una zona, tales como anticiclones y vientos dominantes, aunque los cambios podrían ser muy grandes.

Hay sin embargo indicaciones de que podrían darse cambios en el clima mas bruscos -e impredecibles- que los apuntados, debido al cambio súbito en la dirección de alguna de las corrientes oceánicas que influyen profundamente en el clima de por ejemplo, Europa Occidental y Escandinavia. Si la temperatura aumenta 4ºC en el casquete polar ártico, cosa que podría suceder antes del 2.050, éste puede comenzar a fundirse. Al fundirse el hielo, queda al descubierto la superficie del mar, que absorbe una proporción mucho mayor de la radación solar que el hielo y, por

consiguiente, se calienta mas, lo que favorece la fusión de mas hielo, etc. La fusión del casquete polar podría suponer un desplazamiento de unos 800 km hacia el norte de las zonas climáticas actuales del Hemisferio Norte, con consecuencias devastadoras para muchos ecosistemas.

Otra observación importante del informe del IPCC es que otros factores que pudieran afectar al clima en los próximos 100 años -variaciones en la energía del sol, aerosoles volcánicos o de origen humano, etc.- no serán lo bastante intensos ó rápidos para contrarrestar el calentamiento debido al efecto invernadero reforzado -en el caso de que estos otros factores tengan un efecto refrigerante-.

1.5 La amenaza de las retroalimentaciones

Una de las dificultades que existen a la hora de intentar predecir el clima con un MCG es calcular el efecto que el aumento de temperatura va a tener sobre las cantidades de gases de invernadero que se emiten o que se absorben. Por ejemplo, un aumento de temperatura produce una evaporación mayor, lo que origina una mayor cantidadad de vapor de agua en la atmósfera, lo que a su vez contribuye a aumentar la temperatura. Al contrario, un aumento en la concentración de CO_2 ejerce un efecto fertilizador sobre muchas plantas -aumentando la absorción de este gas por las mismas-, lo que hace que mayor cantidad de carbono se fije en las plantas, tendiendo a disminuir de esta forma la cantidad de CO_2 en la atmósfera, lo que contribuye a enfriar la Tierra. Los dos efectos explicados se conocen con el nombre de **retroalimentaciones**, siendo la primera "positiva" -al reforzar el calentamiento- y la segunda "negativa" -al debilitarlo-. Algunas de ellas son bien compremdidas y tenidas en cuenta en los MCG -como la retroalimentación positiva del vapor de agua mencionada-, pero la mayoría no se conocen lo suficiente; en algún caso, como ocurre con las nubes, se ignora si en un mundo mas caliente contribuirán a calentarlo aún mas o a enfriarlo. Lo preocupante de la existencia de retroalimentaciones es que la mayor parte de ellas actúan incrementando el calentamiento, es decir, tienen signo positivo -lo cual

en este caso es sumamente negativo-. Bromas aparte, el calentamiento real, tal como se reconoce en el informe del IPCC -por otra parte conservador y cauteloso a la hora de exponer conclusiones-, será probablemente mayor que el calculado; algún trabajo científico admite la posibilidad de una temperatura media 10ºC mayor que la actual para la segunda mitad del siglo que viene, lo que llevaría al clima terrestre a parecerse al de la era de los dinosaurios.

2. Impactos del cambio climático

Aparentemente,el hecho de que la temperatura media vaya a aumentar en este país 1ºC en invierno y unos 2ºC en verano para el año 2030 no parece grave. Las temperaturas pueden cambiar mas de un día para otro, por no hablar de las diferencias entre el día y la noche o entre estaciones. Sin embargo, si todos los días son 1ºC mas calurosos en promedio, esto supone una enorme cantidad de calor mas que en la actualidad. El efecto fundamental de este calentamiento sobre los seres vivos deriva del desplazamiento hacia los polos de las actuales zonas climáticas, así como de otro desplazamiento de los ecosistemas hacia altitudes mayores, pero existen otros impactos tanto o mas importantes que los causados por estos movimientos; para su mejor consideración se pueden dividir en impactos sobre las costas y ecosistemas asociados, sobre la agricultura y la silvicultura, sobre los ecosistemas naturales terrestres, sobre los recursos hidráulicos y otros no incluidos en los anteriores (sobre la salud, la contaminación atmosférica, etc.) (Ref.2).

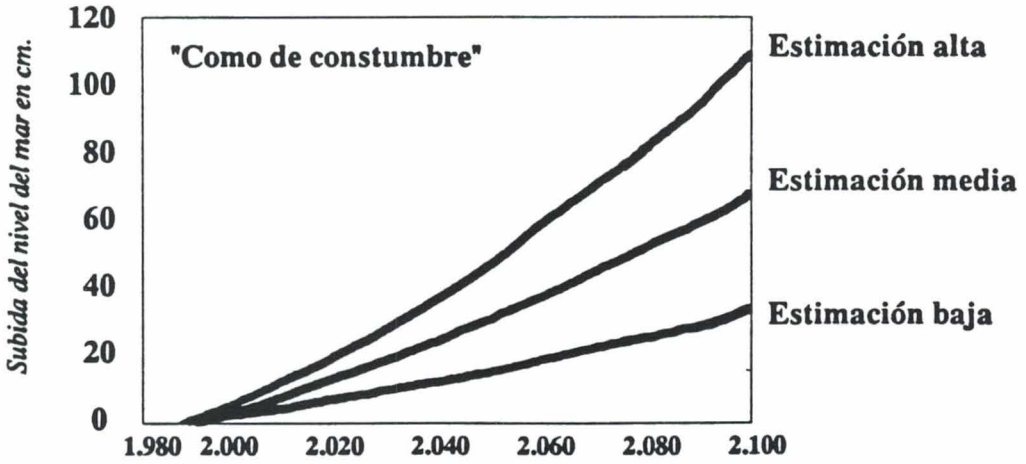
Los impactos negativos del calentamiento se deberán no tanto a la magnitud del mismo como a su velocidad, puesto que un cambio lento de temperaturas posibilita la adaptación de los ecosistemas, incluidas las sociedades humanas, sin excesivos traumas. Un ejemplo de lo dicho se puede encontrar en la transición de la última era glacial al período interglacial en el que nos encontramos, que duró unos 5000 años en el trans-

curso de los cuales la temperatura media aumentó 5ºC -aun cuando localmente pudo subir hasta 10ºC-, el nivel del mar subió 100 metros, y se produjo un masivo cambio de hábitats de los seres vivos, acompañado de extinciones de especies y evolución de las existentes. En los próximos 100 años, el aumento de la temperatura podría llegar a ser de 10 a 50 veces mas rápido; las consecuencias son difíciles de calcular, pero existen una serie de estudios que estiman las máximas velocidades de aumento en la temperatura y en el nivel del mar que pueden ser tolerables para los ecosistemas naturales y las personas en zonas costeras bajas (Ref.4). Así, una subida de la temperatura de mas de 1ºC cada 10 años ponen en peligro de destrucción a muchos ecosistemas naturales; una subida del nivel del mar de mas de 5 centímetros por década significaría un daño irreparable para muchas zonas costeras en los próximos 100 años; la previsión mas probable del IPCC supera estos umbrales críticos.

2.1 La subida del nivel del mar

El calentamiento terrestre provoca la subida del nivel del mar por la expansión del agua al calentarse, así como por la fusión de los glaciares. El grupo de trabajo I del IPCC ha estimado que en los últimos 100 años se ha producido una subida del nivel del mar de entre 10 y 20 cm en promedio; de continuar las emisiones como hasta ahora, el nivel del mar subirá 6 cm por década (entre 3 y 10 cm), y podría estar 1 metro sobre el nivel actual dentro de 100 años (fig. 5). Al igual que con la temperatura,

Figura 5. Subida del nivel del mar con respecto al actual en el escenario "como de constumbre" del IPCC (Fuente: Ref. 2)



la subida del mar no será igual en todas las costas, debido a factores geológicos (movimientos de subida y bajada de los continentes, etc.); también existe un retraso en la subida del mar respondiendo a un incremento en la cantidad de gases de invernadero en la atmósfera, lo que hace que los efectos de los gases emitidos ahora no se dejen sentir totalmente hasta dentro de varias décadas; aunque se redujeran las emisiones de estos gases drásticamente, el nivel del mar podría seguir subiendo sustancialmente durante décadas.

Al contrario de lo que se podría pensar, las grandes masas de hielo terrestre -los casquetes polares Artico y Antártico y Groenlandés- no están contribuyendo a esta subida del nivel del mar. Sin embargo, de continuar el calentamiento podría desaparecer el casquete Artico -lo que no afectaría al nivel del mar, al flotar sobre el mismo esta capa de hielo-, y podría llegar a romperse y fundirse el casquete Antártico Occidental, aunque no parece que esto vaya a suceder en un futuro cercano. De ocurrir esta fusión, el nivel del mar subiría mas de 5 m. en todo el mundo.

Las consecuencias para la Humanidad de una subida rápida del nivel del mar pueden empezarse a calibrar si se considera que la mitad de la población mundial habita en zonas costeras. Ya en la actualidad se está produciendo una destrucción generalizada por erosión de casi el 70% de las playas del mundo, debida en gran parte a esta subida del mar; una subida de 1 m en el nivel del mar supone como media la desaparición de 100 m de playa.

Un aumento del nivel del mar de esta magnitud podría inundar el 15% de la tierra de cultivo de Egipto y el 17% de la de Bangla Desh, afectando directamente a 5 y a más de 50 millones de personas respectivamente. Además de estos dos países, muchos otros perderían tierras, generalmente muy fértiles, en los grandes deltas del mundo: China, Vietnam, Myanmar -antes Birmania-, Pakistán, Nigeria, EE.UU., Italia, etc.

Otra consecuencia desastrosa es el empeoramiento de los efectos de las tormentas, al penetrar el mar mas profundamente tierra adentro como

consecuencia de las mismas. Las tormentas e inundaciones consiguientes son ya un problema en muchas zonas costeras bajas, y en paises como Bangla Desh alcanzan proporciones catastróficas, con cientos de miles de muertos.

Pero el destino mas incierto les espera quizás a varios estados insulares de los Océanos Indico -Islas Maldivas- y Pacífico -Kiribati, Tuvalu, Tokelau, Cocos, Marshall e islas Keeling-. Estos paises apenas sobresalen 2 ó 3 metros sobre el nivel del mar y pueden volverse inhabitables en un futuro próximo a no ser que se controle el calentamiento o se erijan obras de protección, que pueden ser imposibles de costear por estos paises de pocos recursos.

Los impactos de la subida del mar no se circunscriben a los expuestos; también se puede dar la contaminación de los acuíferos costeros y la salinización de grandes extensiones de tierra no inundada directamente por el mar.

Las zonas húmedas costeras -arrecifes de coral, manglares, marismas, etc.-, de importancia vital para la ecología y la economía de las zonas costeras, se encontrarán en peligro, no solo por la subida del mar sino por la imposibilidad en muchos casos de una "emigración" tierra adentro para no ser anegados por esta subida, al existir viviendas o infraestructuras humanas. Se ha calculado que el aumento de 1 m en el nivel del mar destruiría de un 50 a un 82% de las zonas húmedas de EE.UU. -de un 30 a un 66% si se permite emigrar a las zonas húmedas hacia el interior, salvo en lugares con mucha población e infraestructura-. Los efectos sobre los bancos pesqueros pueden ser graves, teniendo en cuenta que mas de las dos terceras partes de la pesca mundial pasa en estas zonas parte de su vida; otro factor que puede influir negativamente sobre la pesca son los cambios en estructura y distribución de los hábitats marinos como consecuencia del calentamiento. Los impactos previsibles sobre los ecosistemas marinos, salvo en el caso de los costeros, no se espera que sean tan importantes como sobre los terrestres, debido a la mayor liber-

tad de los organismos marinos para moverse a zonas mas favorables según vaya calentándose el mar.

2.2 Agricultura y silvicultura

El efecto de los cambios climáticos sobre la agricultura y la silvicultura puede ser muy grande, aunque las previsiones son muy inseguras, debido a la dificultad de predecir como será el clima de una región agrícola concreta; es necesario recalcar que esta incertidumbre existe igualmente cuando se trata de evaluar el resto de los impactos del cambio climático.

Los factores básicos a la hora de estudiar tales efectos son los extremos de temperatura y las precipitaciones -más en concreto, la humedad del suelo-; las incertidumbres son muy grandes a la hora de estimar ambos factores, en especial el segundo de ellos. A pesar de todo, sí se pueden mencionar ciertas consecuencias probables y otras meramente posibles, pero de repercusiones mundiales.

Es previsible un aumento de los días muy calurosos, lo que puede dañar a las cosechas. También se incrementará la pérdida de humedad del suelo al acelerarse la evapotranspiración (que comprende la evaporación del agua y la producción de agua por la transpiración de los seres vivos) de las plantas por el incremento de las temperaturas -se ha estimado que la humedad del suelo podría reducirse hasta un 50% si la lluvia disminuye sólo un 10% y la temperatura aumenta 1ºC-; esto disminuirá las cosechas y aumentará la frecuencia de sequías catastróficas; éste es el mayor impacto potencial del calentamiento sobre la agricultura.

Todos los modelos preveen un aumento de las precipitaciones, lo que en principio es bueno para el campo... siempre que el aumento no sea en forma muy irregular -lluvias torrenciales-, lo que aumentaría la erosión y las inundaciones. Además es probable que muchas de las zonas agrícolas que son hoy los graneros del mundo -sur de EE.UU., Australia Occidental, etc.- disminuyan su producción, al tener menos agua. El 75% de to-

das las exportaciones de cereales proviene de 3 paises -EE.UU., Canadá y Francia-; una reducción a causa del clima en las cosechas de estos paises disminuiría las reservas de cereales, aumentando los precios con consecuencias desastrosas para muchos países del Tercer Mundo que dependen de estos cereales para el sustento de su población.

El aumento de temperatura podría tener alguna consecuencia ventajosa en principio para la agricultura. Es conocido el hecho de que muchos vegetales crecen más al aumentar la concentración de CO_2 en el ambiente,aunque deben disponer para ello de cantidades adecuadas de agua y nutrientes. Este efecto de fertilización puede estar operando ya en los bosques, lo que representa una retroalimentación negativa -tendente a disminuir la concentración de CO_2-, que dificilmente podrá competir sin embargo con las emisiones procedentes de la deforestación y de los suelos degradados.

Las regiones del mundo mas vulnerables al cambio climático serán aquellas que sufran disminuciones en su producción agrícola y que, además, se encuentren con pocos recursos agropecuarios en relación a su población y con dificultades para adaptar las prácticas agrícolas a un clima cambiante. Al igual que en el caso de la pesca, los paises más afectados son países pobres de la llamada "periferia" del sistema mundial, situados en algunas regiones tropicales y subtropicales áridas (Magreb, gran parte de Africa, Este de Brasil) o húmedas (SE de Asia y Centroamérica).

Al desplazarse en latitud y en altura las zonas climáticas por efecto del calentamiento, las zonas de cultivo apropiadas para las diferentes plantas se desplazarán de la misma manera; por ejemplo, 1ºC de aumento de temperatura avanzará el límite de cultivo de los cereales 150-200 km hacia el norte y 150-200 m hacia mayores alturas. La agricultura podría extenderse a zonas hoy en día demasiado frías -fundamentalmente en el Hemisferio Norte, donde además es posible un aumento de las precipitaciones-, tales como el norte de Escandinavia y de Canadá y buena par-

te de Siberia. Sin embargo, esta expansión exigiría talas masivas de los bosques boreales que cubren estas regiones, lo que liberaría grandes cantidades de CO_2 y disminuiría un sumidero importante para este gas, agravando el efecto invernadero; por otra parte, se necesitarían suelos apropiados para los cultivos. Se puede concluir diciendo que no está claro que las cosechas de estas nuevas tierras compensen las pérdidas en las tradicionales.

Otros efectos negativos para la agricultura y la silvicultura serán:

- El recrudecimento de plagas, apareciendo insectos dañinos en zonas ahora demasiado frías para ellos.

- Los efectos combinados del calentamiento, la contaminación y el aumento de las radiaciones UV-B causado por el debilitamiento de la capa de ozono.

- La mayor frecuencia de los incendios forestales, lo que también aumentará las cantidades emitidas de gases de invernadero, además de las desastrosas consecuencias para los ecosistemas de los bosques.

En vista de todos los factores mencionados y de otros que constituyen problemas gravísimos -erosión, con pérdida constante de tierra de cultivo, desertización, etc.-, la conclusión del grupo de trabajo II del IPCC sobre este tema, en el sentido de que la producción mundial de alimentos puede mantenerse esencialmente al mismo nivel, con y sin cambio climático, parece mas bien la expresión de un deseo que el resultado de un análisis racional.

2.3 Ecosistemas naturales terrestres

Otra conclusión del grupo de trabajo II, más razonable que la anterior, es que "*los aumentos en las concentraciones atmosféricas de los gases de*

invernadero y los cambios climáticos previstos debidos a dichos aumentos constituyen una seria amenaza para los ecosistemas naturales terrestres y para los sistemas socioeconómicos asociados" (Ref.2).

El cambio climático afectará -puede estar afectando sensiblemente ya- a los ecosistemas por el aumento de la temperatura y por la variación de las precipitaciones, además de otros efectos indirectos exacerbados por la acción humana. La respuesta de los organismos a un cambio de clima es la emigración a climas más favorables, tal y como nos muestran los testimonios fósiles de plantas y animales. Un aumento de 2.5ºC, posible en los próximos 50 años, desplaza las zonas climáticas más de 400 m en altura y más de 300 km hacia los polos, y con ellas tienden a desplazarse las especies existentes en cada zona. Sin embargo, las especies que ocupan hoy día habitats restringidos a menos de 400 m de las cumbres montañosas y a menos de 300 km de distancia de, pongamos por caso, el Océano Glacial Artico, estarán "atrapadas" en un ambiente desfavorable y correrán riesgo de extinción. Muchas especies vegetales, aun teniendo espacio para emigrar, no lo podrán hacer con la suficiente velocidad, dada la velocidad excesiva del calentamiento. Las especies en mayor peligro de extinción serán aquellas que estén ya hoy en día fuera de su rango climático óptimo, que dispersen sus semillas con dificultad o a cortas distancias, que se reproduzcan con lentitud y, muy especialmente, las que se encuentren en lugares geográficos muy localizados -como islas, picos de montañas, zonas aisladas de vegetación, reservas y parques naturales, etc.-. Obstáculos añadidos para la migración de las especies que sean capaces de acometerla serán las barreras naturales -mares, montañas, zonas inhóspitas- y humanas, derivadas estas últimas del uso agropecuario y urbano de la tierra.

Algunos efectos globales predichos son la pérdida del 6% de los bosques y el aumento en un 25% de las praderas, con especial incidencia en los grandes bosques boreales de coníferas. Además, y aparte de la disminución de poblaciones y de extinción de especies al desplazarse los ecosistemas, las comunidades animales y vegetales no migrarán como un todo

compacto; las nuevas asociaciones de especies -comunidades- resultantes de la emigración no serán las originales, sino otras menos complejas y con un menor contenido de biomasa, lo que significa menor cantidad de carbono fijado en las plantas, o sea, un reforzamiento potencial del efecto invernadero -retroalimentación positiva-.

El efecto del calentamiento sobre la diversidad biológica será, pues, muy negativo, teniendo en cuenta además que muchas especies en peligro de extinción se sitúan en zonas muy localizadas, como islas o parques naturales, sin posibilidades de migración en muchos casos; se necesitará de la acción humana activa para tratar de salvar a las especies amenazadas.

Otros impactos negativos son similares a los que podrá experimentar la agricultura, como plagas y agentes patógenos propios de climas más cálidos, que actuarán sobre especies que no habrán tenido contacto anterior con ellos, e incendios forestales mas frecuentes y voraces.

Muchos ecosistemas naturales tienen, aparte de su valor ecológico intrínseco, un valor directo como fuente de productos naturales -comida, medicinas, y, sobre todo, madera y leña-, en particular en muchos países del Tercer Mundo. Los efectos del cambio climático sobre ecosistemas explotados ya excesivamente serán muy negativos para las personas que dependan de ellos para obtener algun producto.

2.4 Recursos hidráulicos

A pesar de la abundancia de agua dulce, su distribución en el mundo es sumamente irregular, y sujeta además a fluctuaciones estacionales y anuales muy acusadas. Según fuentes del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), unos 1.200 millones de personas -casi la tercera parte de la población de los paises pobres- no disponen de agua en condiciones sanitarias adecuadas. La contaminación del agua potable con aguas residuales domésticas y agrícolas causa gran número de enfermedades y mortalidad en el Tercer Mundo, en especial

entre los niños. La situación está empeorando; se calcula que en el año 2.000 muchos paises tendrán la mitad de agua per cápita que en 1.975.

Los recursos hidráulicos variarán en el curso del calentamiento de acuerdo con la variación de las precipitaciones. Se ha calculado que un aumento de 1 a 2ºC en las temperaturas, si viene acompañado de una reducción del 10-20% en las precipitaciones, ocasionaría una disminución en la escorrentía- agua que va a parar a ríos, lagos, etc.- de un 40 a un 70%, al incrementarse la evapotranspiración. Este hecho, junto con el aumento de la evaporación en ríos y lagos, disminuiría la cantidad de agua en estos, incluso con aumentos moderados de las precipitaciones. Las repercusiones serán importantes para la agricultura -que probablemente requerirá más agua para regadíos y tendrá menos disponible-, la producción de energía -con menor producción de energía hidroeléctrica- y el sector doméstico, así como para la calidad del agua, que al disminuir en cantidad verá aumentar la concentración de sus contaminantes.

Una consecuencia muy probable del calentamiento sobre el ciclo del agua será la mayor frecuencia e intensidad de los extremos de este ciclo, es decir, de las sequías y de las inundaciones. Este cambio del comportamiento de los caudales en las corrientes acuáticas deberá ser tomado en cuenta ya en el diseño de embalses, redes de distribución de agua y otras estructuras hidrológicas.

Las zonas del mundo más sensibles a los cambios en los regímenes hidráulicos son las que padecen sequías crónicas -el Sahel, por ejemplo-, y las que dependen de ríos sin regular, como gran parte del SE asiático.

2.5 Otros impactos

A pesar del carácter potencialmente catastrófico de los impactos considerados, es muy posible que los efectos más graves del cambio climático sean indirectos. Piénsese, por ejemplo, en las decenas de millones de personas desplazadas por las inundaciones y el mar, y en los conflictos

sociales y políticos consiguientes. O en la competencia por unas reservas de agua cada vez más escasas entre paises que comparten una misma cuenca hidrográfica. O en la conflictividad exacerbada por la escasez de alimentos y los movimientos de población debidos en parte al calentamiento terrestre.

Es necesario recordar también, aunque resulte duro, el contexto en el que se producirá este calentamiento: un consumo desbocado en el Norte, cuyas consecuencias ambientales sufre un Sur que carece de lo más imprescindible -alimentos y agua potable-; un aumento en el número de pobres y en la diferencia entre éstos y los pudientes, y una destrucción ambiental acelerada -erosión del suelo, deforestación, contaminación, pérdida de la diversidad biológica-. Las interrelaciones entre estos problemas y el incremento del efecto invernadero tienden a exacerbar los efectos negativos de aquellos.

Un ejemplo de los procesos de degradación atmosférica que podría tener efectos muy graves sobre la vida del planeta es la destrucción de la capa de ozono, causada principalmente por el uso de los CFCs a través de reacciones químicas en la estratosfera (Ref.5). Los CFCs son también los más potentes gases de invernadero existentes en la atmósfera en cantidades apreciables.

Se dá la circunstancia de que el aumento del calentamiento de la troposfera a través del efecto invernadero provoca el enfriamiento de la estratosfera; la temperatura de ésta podría llegar a niveles que harían posible la formación de las llamadas "nubes estratosféricas polares" fuera de las zonas polares. Es en estas nubes donde se dan las reacciones de destrucción del ozono que causan los famosos "agujeros" sobre las zonas polares; de extenderse fuera de ellas, podrían aparecer similares "agujeros" sobre lugares muy poblados, aumentando los niveles de radiación UV-B sobre tales areas con los perjuicios consiguientes.

Al igual que el calentamiento puede favorecer la destrucción de la capa de ozono, el aumento de radiación UV-B debido al debilitamiento de

dicha capa refuerza el calentamiento, ya que, por una parte llega más radiación a la superficie terrestre, y, por otro lado, el incremento de UV-B puede dañar seriamente al fitoplancton -muy sensible a los rayos ultravioleta-, disminuyendo su capacidad para absorber CO_2, lo que contribuye al aumento de la cantidad de éste en la atmósfera con el consiguiente incremento del efecto invernadero.

REFERENCIAS

1.- P. Hardy y otros: "El libro del clima", Biblioteca de divulgación científica "Muy Interesante", ediciones Orbis, Barcelona, 1.985.

2.- Informes de los grupos de trabajo I, II y III del IPCC, edición de la OMM y el PNUMA.

3.- F. Krause y otros: "Energy Policy in the Greenhouse", Vol.1, International Project for Sustainable Energy Paths (IPSEP).

4.- World Climate Programme: "Developing Policies for Responding to Climate Change", editado por la OMM y el PNUMA, Abril 1.988.

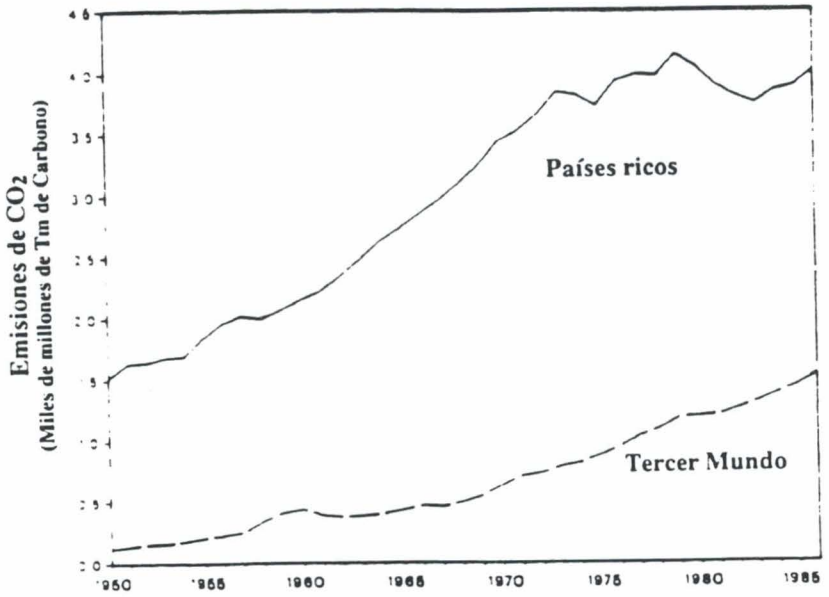
5.- John Gribbin: "El efecto invernadero y Gaia", ediciones Pirámide, colección "Ciencia Hoy", Madrid 1.991

LAS RESPUESTAS AL CAMBIO CLIMATICO

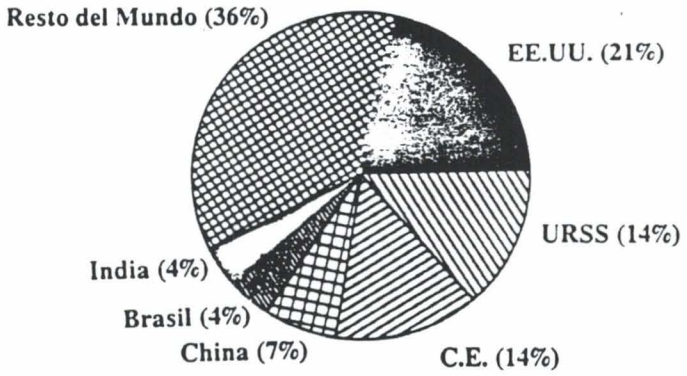
Las consecuencias probables del cambio climático constituyen una amenaza de primer orden para la Humanidad. Sus efectos serán perceptibles en todo el mundo, pero los impactos mas graves en términos de cantidad de afectados y de sufrimiento humano se darán casi con total seguridad en los países que menos pueden hacer por adaptarse al clima cambiante al carecer de recursos técnicos y económicos, es decir, en los conocidos eufemísticamente como "países en vías de desarrollo" y mas crudamente como países pobres, Tercer Mundo ó Periferia del sistema mundial. Las consecuencias, sin embargo, tampoco van a ser baladíes para "nuestra" parte del mundo, tanto las directas de la variación del clima como las derivadas de la degradación progresiva de las condiciones de vida en el Tercer Mundo.

Al menos dos terceras partes de los gases de invernadero que están contribuyendo al cambio climático se emiten en la "parte rica" del mundo, donde solo vive el 25% de la Humanidad; un habitante de un país rico emite en promedio seis veces mas cantidad de gases de invernadero que uno de un país pobre. Las diferencias entre los paises mas emisores (EE.UU., URSS) y los menos son mucho mas acentuadas todavía: Un habitante de los EE.UU. emite en promedio 20 veces mas cantidad de gases de invernadero que un nigeriano; la parte rica del mundo contribuye al calentamiento de forma abrumadoramente superior al Tercer Mundo (fig.1), lo que tiene su origen en el consumo desmedido de energías fósiles -carbón, petróleo y gas- y de recursos en esta parte del mundo en comparación con los países pobres. A la injusticia de este reparto desigual, consecuencia del saqueo de recursos naturales en todo el mundo, pero en beneficio de una minoría, se añade la injusticia de que los efectos negativos de este consumo desigual están recayendo sobre los que menos participan del mismo.

Figura 1. Emisiones de CO_2 de los países ricos y el Tercer Mundo
(En Miles de Millones de Tm de Carbono)



Contribuciones al calentamiento en los años 80 de las distintas regiones mundiales (Fuente: Ref. 12 del anterior capítulo)



A pesar de que el exceso de emisiones de gases de invernadero nos ha "comprometido" ya a un aumento de temperatura de hasta 2,5ºC (0,2-2,5ºC) y a una subida del nivel del mar de unos 30 cm, todavía existe la posibilidad de actuar para prevenir las consecuencias mas graves del cambio climático. La respuesta clave está en **reducir** las emisiones de gases de invernadero **-enfoque preventivo-**; si se quiere estabilizar la concentración atmosférica de estos gases para prevenir el cambio climático, el IPCC (ver Ref.1) ha estimado que harían falta las reducciones inmediatas de las emisiones contenidas en la Tabla 1. Como se ve, las reducciones son tanto mas grandes cuanto mayor es la vida del gas. Estas

reducciones drásticas de un día para otro son irrealizables, a menos que estemos dispuestos a arrostrar las consecuencias de una disminución de mas de la mitad en el consumo energético de la mañana a la noche, pero sí que resultan factibles reducciones progresivas, que permiten la estabilización de las concentraciones de estos gases y, presumiblemente, del clima, de aquí a mediados del siglo XXI; como se pondrá de manifiesto en el resto del capítulo, los recortes drásticos en las emisiones, necesarios para prevenir las peores consecuencias de un cambio climático muy rápido, exigirán cambios radicales en diversos campos de la actividad humana.

Tabla 1. Reducciones en las emisiones humanas de varios gases de invernadero necesarias para estabilizar sus concentraciones atmosféricas.(Fuente: IPCC Ref.1)

Dióxido de carbono	60% ó mayor
Metano	15-20%
Oxido Nitroso	70-80%
CFC-11	70-75%
CFC-12	75-85%
HCFC-22	40-50%

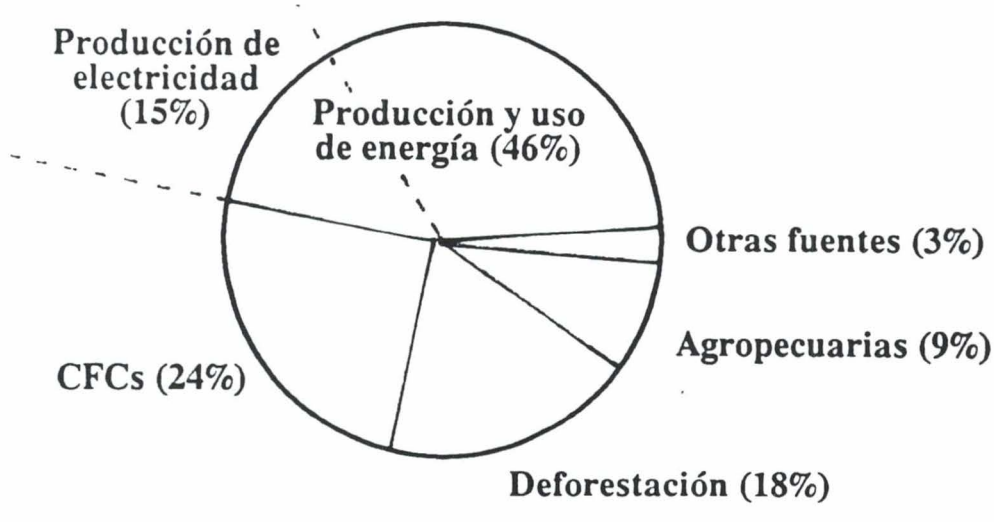
Además de las medidas preventivas, serán necesarias **medidas de adaptación** para paliar los efectos negativos de la subida de las temperaturas y del nivel del mar que son ya inevitables. Sin embargo, el limitarse a la adaptación, no tomando medidas radicales de corte de emisiones, no evitará las decenas de millones de refugiados ambientales por la subida del mar, ni la ruina potencial de muchos ecosistemas, ni el desastre en la agricultura y la ganadería de muchas zonas del mundo, entre otras consecuencias probables. En el peor de los casos -si actúan las retroalimentaciones mencionadas en otro capítulo de esta obra-, el mundo se enfrentaría a un desastre sin precedentes.

Las medidas de respuesta al cambio climático deben tener un carácter global, ya que la emisión de gases de invernadero se produce en todo el mundo y en relación con todas las actividades económicas fundamentales. Vamos a dividir estas medidas en técnicas, económicas y políticas.

1. Medidas técnicas de prevención del cambio climático

Las medidas preventivas del calentamiento suelen estudiarse considerando las actividades humanas que causan la emisión de gases de invernadero. Tales actividades se pueden dividir en: Producción y uso de la energía, actividades industriales no productoras de energía -fundamentalmente producción de CFCs-, agricultura y ganadería, deforestación y otras. Los porcentajes estimados de contribución de tales actividades al calentamiento están en la figura 2; se observa como la producción y uso de la energía es el mayor causante del calentamiento -del orden de un 50%-, por lo que le dedicaremos una atención especial.

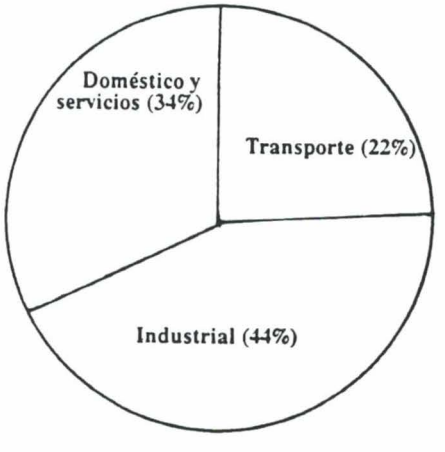
Figura 2. Contribución al calentamiento de diversas actividades humanas (Fuente: IPCC, Ref. 1)



1.1 El sector energético

La razón de la importancia de este sector en las emisiones de gases de invernadero estriba en el enorme consumo de combustibles fósiles en el mundo. Casi el 80% de la energía que consume el ser humano proviene de los combustibles fósiles petróleo, carbón y gas natural, todos los cuales contienen carbono (C); la energía se obtiene al combinarse estas sustancias o sus derivados con el oxígeno, combinación que produce fundamentalmente CO_2, el gas de invernadero mas importante; entre el 60 y el 80% del dióxido de carbono de origen humano (unas 8.700 millones de toneladas de C al año en 1.985, es decir, unas 5.200 millones de toneladas de C) procede de quemar combustibles fósiles; el 75% de éstos lo consume el 25% de la Humanidad que vive en el mundo rico. En la figura 3 se muestran las contribuciones relativas a las emisiones de CO_2 de la industria, transporte y hogares y servicios, calculadas con los datos de sus consumos de energías fósiles.

Figura 3. Emisiones de CO_2 de los sectores consumidores de energía
(Fuente: Ref. 6 y elaboración propia)



La producción y el uso de la energía provocan también la emisión de metano, debido a escapes de gas natural y a emanaciones de las minas de carbón -entre 40 y 100 millones de tm al año-, lo que constituye un 20% de todas las emisiones humanas de metano, según estimaciones. Asimismo se emite óxido nitroso, pero en proporciones pequeñas respecto a las emisiones procedentes del uso de abonos nitrogenados.

La reducción de emisiones de gases de invernadero en el sector energético implica un uso menor de los combustibles fósiles, que podría llegar hasta un 75% menos que en la actualidad. En un mundo donde la población aumenta rápidamente, y donde las tres cuartas partes de ella consumen seis veces menos energía que la cuarta parte restante -lo que unido a la poca eficiencia del consumo, implica una carencia de servicios energéticos mínimos, como luz y calor-, con un aumento del consumo de energía primaria de un 50% en los últimos 20 años -basado sobre todo en las energías fósiles-, esta proposición puede juzgarse como de cienciaficción o como una oscura conspiración anarco-ecologista para hundir al mundo en el caos y condenar al Tercer Mundo a la miseria definitiva y sin esperanza.

Y, sin embargo, estamos en condiciones de hacerlo. Los ejes fundamentales para reducir las emisiones energéticas de CO_2 son, por este orden, consumir menos energía y producir energía con fuentes que emitan menos CO_2 que las utilizadas hasta ahora.

1.1.1 Consumir menos energía: El ahorro energético

Una afirmación evidente, y que quizá por ser tan simple no parece suscitar muchas meditaciones, es que la gente no requiere petróleo, carbón o gas, y ni siquiera electricidad. Lo que necesitamos para hacernos la vida mas llevadera son cosas como tener la casa caliente en invierno, tener luz, podernos desplazar,y poder realizar trabajos arduos mecánicamente (Ref. 2). El quid de la cuestión es que estos **servicios energéticos** podemos obtenerlos gastando mucha menos energía que en la actualidad, adoptando tecnologías mas eficientes existentes en el mercado. Según A. Lovins, se puede alcanzar una eficiencia energética de 4 a mas de 10 veces mayor que la que existía en 1.973 -es decir, se podrían suministrar los mismos bienes y servicios que en 1.973 con una energía de 4 a mas de 10 veces mas pequeña que la utilizada en dicho año-, con un coste menor que el necesario para satisfacer la demanda energética que se produciría de no mejorar dicha eficiencia, dejando seguir las cosas "como de

costumbre" (Ref.3). Estas conclusiones se obtuvieron para EE.UU., pero resultan también aplicables al resto de los paises ricos.

En cuanto al Tercer Mundo, el trabajo de Goldemberg y colaboradores demuestra que es posible satisfacer las necesidades energéticas básicas del Tercer Mundo -hasta alcanzar en el 2.020 un nivel de servicios energéticos similar al de Europa Occidental en 1.970- aumentando sólo un 30% la energía per cápita que ahora consumen -de 1 a 1,3 kw/año-. Asimismo se explica como los países ricos pueden reducir de aquí a 2.030 su consumo per capita en la mitad -de 6,3 a 3,2 kw/año-, sin que eso disminuya el nivel de servicios existente (Ref. 4); globalmente el consumo energético mundial apenas variaría.

La tendencia de las economías de los paises desarrollados ha sido a una menor intensidad energética, en especial cuando la energía se ha ido encareciendo (la intensidad energética representa la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de PIB, o sea, la energía consumida dividida por el PIB). De esta manera el PIB de los EE.UU. creció mas de un 30% entre 1.973 y 1.987, mientras que el consumo de energía primaria no varió prácticamente. Esta tendencia debería continuar si se quiere que esquemas como el anterior de Goldemberg y colaboradores sean viables.

No tenemos espacio para mencionar los ahorros de energía posibles, aunque los ejemplos ofrecidos pueden dar una idea; en otro capítulo del presente texto se discute el tema mas extensamente. Solamente queremos destacar que el ahorro energético no comporta peor calidad de vida -sino todo lo contrario; piénsese en la mejora ambiental que supone dejar de quemar una cantidad enorme de combustibles fósiles-, que es una medida positiva, ambiental y económicamente -aún en el caso improbable de que no se diera un calentamiento en la Tierra-, y que, poniendo las condiciones adecuadas, las medidas para aumentar la eficiencia energética se pueden implantar con gran rapidez y dan resultados inmediatos. Tal y como se discutirá mas adelante, los problemas para la implan-

tación de medidas de eficiencia energética no son técnicos sino fundamentalmente económicos y políticos. Otra cuestión fundamental es que la eficiencia energética no comporta necesariamente un ahorro de energía. Por ejemplo, si adquirimos un coche que consume la mitad de combustible, pero lo utilizamos el doble, estamos gastando la misma energía. La conclusión es que el ahorro energético solo podrá realizarse con la máxima efectividad si, además de consumir la energía eficientemente, abandonamos o limitamos el uso innecesario de energía, cambiando la mentalidad consumista imperante.

1.1.2. Utilizar energías limpias: Las energías renovables

Naturalmente que a pesar de usar la energía eficientemente y no desperdiciarla como hacemos en la actualidad, todavía seguiremos necesitando grandes cantidades de energía. Por fortuna, existen en el mundo a nuestro alrededor ingentes cantidades de energía aprovechables, mas que suficientes para satisfacer nuestras necesidades. Estas fuentes energéticas no comportan la acumulación de CO_2 en la atmósfera, e incluso una de ellas -el uso de la energía contenida en la materia procedente de los seres vivos o biomasa- puede contribuir a retirar CO_2 de la atmósfera. Además son fuentes de energía que no se gastarán en un futuro previsible, ya que derivan en último extremo de la energía solar -energías solar, eólica, biomasa e hidráulica- ó de otras fuentes virtualmente inextinguibles, como es el calor terrestre -energía geotérmica- ó las interacciones gravitatorias -energía de las mareas-; de ahí les viene el nombre de energías renovables.

Las energias renovables han cubierto la práctica totalidad de las necesidades energéticas de la Humanidad hasta bien entrado el siglo XIX. En la actualidad se estima que proporcionan un 20% de la energía primaria mundial, es decir, cuatro veces mas que la energía nuclear, de la cual la mayor parte se usa como energía hidroeléctrica -25% de la electricidad producida en el mundo, frente a un 16% de origen nuclear- y el resto en forma de biomasa -que aún proporciona hoy en día el 35% de la energía

de los paises en desarrollo y el 4% de la de los EE.UU.-. Los recursos renovables potenciales son ingentes: Cada año nos llega del Sol unas 10.000 veces la energía consumida anualmente en el mundo.

La imagen tradicional de las energías renovables es simpática, pero al mismo tiempo se ven como algo un poco "cutre", campestre. Se piensa que son caras, con gran potencial en un futuro indefinido, pero incapaces de dar al "mundo moderno" toda la energía que éste presuntamente necesita.

Como de costumbre, la realidad es algo mas complicada. Los recursos renovables **sí** pueden proporcionar al mundo toda la energía que éste necesita sin los problemas ambientales y de seguridad de las fuentes de energía fósiles y nuclear, pero para ello es necesario que la energía se consuma de forma eficiente. En los EE.UU., un país caracterizado por un consumo energético -o mas bien un despilfarro- desmesurado, un estudio oficial (Ref. 5) concluye que en el año 2.030 los recursos renovables de EE.UU. podrían suministrar hasta el 70% de la energía requerida en este país.

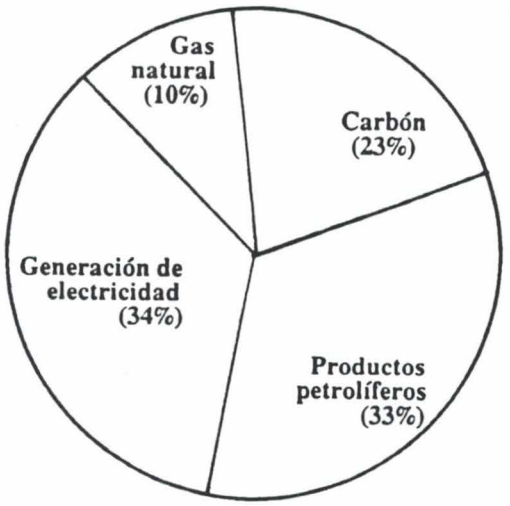
Las energías renovables existen ya a precios competitivos con las demás fuentes energéticas, a pesar de que en el precio de las energias fósiles y nuclear no se incluye el coste ambiental de las mismas, y las tecnologías aplicadas a las renovables están haciendo disminuir su precio con rapidez.

Los problemas reales de las energías renovables son problemas fundamentalmente en el marco de un modelo social y económico como el actual, y siguen siendo la dispersión -poca densidad- y el carácter intermitente de muchas de ellas. Las fuerzas fundamentales que se oponen a un desarrollo de las energías renovables son, como en el caso de la eficiencia energética, políticas y económicas, no técnicas.

1.1.3. Producir electricidad mas eficientemente

La eficiencia en el aprovechamiento de la energía para cubrir las necesidades humanas de luz, calor y trabajo se consigue sobre todo en el **uso final** de la energía, es decir, en la transformación de la energía -en forma de gas, derivado del petróleo, carbón ó electricidad- en luz, calor ó trabajo; a esta eficiencia nos referíamos al hablar de ahorro energético. Pero además existe la posibilidad de mejorar la eficiencia de los procesos de **transformación** de la energía. Un ejemplo muy importante lo da la producción de electricidad; como se ve en la figura 4, esta actividad causa la emisión del 34% del CO_2 procedente del sector energético. Por razones físicas, en una central térmica -que produce electricidad a partir del calor-, solo se transforma en electricidad una tercera parte, mas o menos, de la energía contenida en el combustible que quemamos; las otras dos terceras partes se pierden como calor.

Figura 4. Emisiones de CO_2 por fuentes de energía
Los porcentajes de gas, carbón y productos petrolíferos se refieren a los "usos finales" de estos combustibles, es decir, a usos distintos de la producción de electricidad (Fuente: Ref. 6 y elaboración propia)



Este calor podría aprovecharse, y de hecho se hace de forma masiva en el norte de Europa, para calefacción de hogares; de esta forma se pueden aprovechar las dos terceras partes ó mas de la energía, duplicando el rendimiento energético. A la inversa, existen muchas industrias e insta-

laciones que generan grandes cantidades de calor ó vapor para diversos usos, lo que puede usarse para generar electricidad; esta técnica es conocida con el nombre de cogeneración y se usa en muchas partes del mundo.

Además de este aprovechamiento del calor, existen tecnologías para producir electricidad con mayores rendimientos que en las centrales térmicas "clásicas", como son las turbinas de gas de ciclo combinado -hasta un 47% de rendimiento, disponibles comercialmente- y las pilas de combustible -hasta un 60% de rendimiento, pero solo en potencias pequeñas hasta la fecha- (Ref. 6).

1.1.4. Usar otras fuentes de energía menos emisoras de CO_2. El papel de la energía nuclear.

Los diferentes combustibles fósiles no emiten la misma cantidad de CO_2 al proporcionar una cantidad dada de energía; el que mas CO_2 produce es el carbón, seguido de los derivados del petróleo -aproximadamente un 20% menos- y terminando con el gas natural -un 45% menos de CO_2- Se ha sugerido una sustitución de carbón por gas natural para disminuir las emisiones de dióxido de carbono, teniendo en cuenta además que el gas es un combustible bastante limpio -pocas emisiones ácidas-, y eficiente; se ha estimado que la sustitución del carbón por gas natural en la producción de electricidad podría reducir las emisiones de CO_2 originadas en este proceso hasta en un 60%.

Las dificultades de lograr estas reducciones estriban en que el gas natural se compone en su mayor parte de metano, que es un gas de invernadero mucho mas potente que el propio CO_2. Se ha calculado que con solo un 3% de fugas, que es la proporción de pérdidas de gas natural en los EE.UU, la reducción obtenida en el efecto de calentamiento respecto al carbón es solo de un 20%. Pérdidas superiores podrían implicar un aumento y no una reducción del efecto invernadero. No hay que olvidar por otra parte el carácter no renovable y limitado por tanto del gas, así

como los impactos ambientales de su explotación y transporte; podríamos concluir que la sustitución de carbón por gas natural es una medida transitoria, siendo preciso controlar cuidadosamente los escapes, aunque puede contribuir a mantener el calentamiento dentro de límites tolerables mientras se generaliza el uso de fuentes renovables de energía.

La preocupación por los efectos del calentamiento terrestre ha servido para que el grupo de presión nuclear, en franco retroceso tras la virtual paralización de los programas nucleares en la mayor parte del mundo - debida a problemas económicos, a dificultades técnicas y a accidentes catastróficos que confirmaron los temores de científicos independientes, grupos ecologistas y opinión pública en general-, haya empezado a proclamar la necesidad de utilizar masivamente la energía nuclear para luchar contra el calentamiento. El principal argumento para ello es que las centrales nucleares no emiten gases de invernadero en el proceso de producción de electricidad, al igual que sucede con las energías renovables. En realidad sí que se emiten cantidades apreciables de CO_2 en el ciclo nuclear -en mayor medida que las emisiones asociadas a tecnologías de energías renovables-, aunque en cantidades muy pequeñas comparadas a las emitidas usando combustibles fósiles.

El uso masivo de energía nuclear por si solo no puede disminuir a medio plazo las emisiones de CO_2; es imperativo además un aumento de la eficiencia en el uso de la energía. Esto es así porque la energía nuclear solo proporciona electricidad, que no llega a representar el 15% de las contribuciones al efecto invernadero; por lo tanto aunque se llegara a producir toda la electricidad con centrales nucleares -lo que no es verosímil-, la desaparición de las emisiones procedentes del sector eléctrico se verían superadas ampliamente por el aumento de emisiones procedentes del uso directo de los combustibles fósiles, si se deja aumentar la producción de energía (fig.4).

Un trabajo de Keepin y Kats ha estudiado la eficacia de la opción nuclear para reducir las emisiones de CO_2. Suponen estos autores un creci-

miento "como de costumbre" en el consumo energético -que sería con esta hipótesis algo mas del doble que el actual en el 2.025-, y concluían que la sustitución de todas las centrales de carbón por energía nuclear para dicho año no impediría que siguieran aumentando las emisiones de dióxido de carbono. Además, significaría multiplicar por 10 el número de centrales nucleares existentes hoy en día, es decir comenzar a construir una nueva cada dos días y medio, con un coste estimado de 600 billones de pesetas, de los cuales casi la mitad le corresponderían al Tercer Mundo. Esto es irrealizable desde el punto de vista económico.

Admitiendo que se implementan masivamente medidas de eficiencia energética, cambiando el modelo energético a otro de baja energía con una demanda total de energía similar a la actual, tal y como propuso Goldemberg -ver sección 1.1.1.-, la sustitución de carbón por nucleares reduciría las emisiones de CO_2 en un 38% para el año 2.025, aunque haría falta multiplicar por 6 el número de centrales. Es decir, que la eficiencia energética es una condición necesaria para lograr este corte en las emisiones. Keepin y Kats demuestran que en EE.UU. un dólar invertido en aumentar la eficiencia energética ahorra unas siete veces la cantidad de electricidad que puede producirse invirtiendo un dólar en una central nuclear, es decir, que se deja de emitir unas siete veces mas CO_2 si invertimos en eficiencia energética que si lo hacemos en energía nuclear; en otras partes del mundo variarían las cantidades, en función del precio oficial de la electricidad nuclear, pero siempre resultaría mucho mas barata la eficiencia. El uso de recursos ingentes de dinero para un programa anticalentamiento basado en nucleares tendría como consecuencia casi segura el desviar fondos que se podrían dedicar de manera mucho mas efectiva a promover el ahorro energético vía eficiencia y las energías renovables (Ref.7).

Al lado de este argumento puramente económico están los problemas asociados al uso de la energía nuclear, que no han encontrado solución: Residuos, seguridad, proliferación nuclear, etc., además del carácter limitado de las reservas de uranio y de las consecuencias sociales del uso

masivo de esta fuente energética (Ref.8 y 9). Por tanto, concluimos que, en lo que se refiere al calentamiento de la Tierra, la energía nuclear no es la estrategia mas adecuada -mas bien es la menos adecuada de las posibles-; los problemas asociados a su uso aconsejan además su desaparición urgente como fuente de energía usada por el ser humano.

Existe otra fuente potencial de energía que no emitiría CO_2: La fusión nuclear. Sin entrar a analizar la conveniencia ó no del desarrollo de la fusión -que no será, en el caso de que acabe implantándose, una fuente energética ni tan ilimitada ni tan inocua ambientalmente como se suele afirmar, ver ref.9-, la fusión no representará una fuente viable de abastecimiento eléctrico hasta al menos la mitad del próximo siglo, según fuentes de la CE. Para entonces, y de no haber actuado antes, el mundo podría estar ya abocado -o experimentando- una catástrofe climática sin precedentes.

Para terminar esta exposición de medidas técnicas de reducción de emisiones energéticas, mencionaremos la posibilidad de capturar el CO_2 que se desprende en los procesos de combustión por medios físicos ó químicos, impidiendo su liberación a la atmósfera. Los problemas se plantean a la hora de capturar emisiones de infinidad de pequeños focos emisores -casas, coches, etc.-, lo que haría aplicable esta captura solo en el caso de grandes centrales térmicas -apresando un 30% o menos de las emisiones totales de CO_2 como máximo-, con costes muy elevados y con el problema de encontrar un almacenamiento seguro para el CO_2 secuestrado.

A estas alturas ya debe haber quedado claro que el modelo energético vigente, basado en un consumo despilfarrador de recursos no renovables -combustibles fósiles y nucleares-, que ha sido caracterizado como "vía dura", no puede continuar por mucho mas tiempo debido simplemente al agotamiento de estos recursos. Pero mucho antes de llegar a este punto, la vía dura energética nos conducirá muy probablemente al colapso ambiental y económico; una buena parte de la Humanidad padece ya las

consecuencias de este modelo energético, que, además se ha mostrado incapaz hasta ahora de satisfacer las mas perentorias necesidades energéticas de los pobres.

Las medidas técnicas mas efectivas para reducir las emisiones de gases de invernadero exigen cambiar este modelo, adoptando un sistema energético sostenible a largo plazo, mucho mas eficiente que el actual y basado fundamentalmente en fuentes de energía renovables; este cambio es imperativo, aun cuando el calentamiento no fuera tan grave como sugieren las previsiones. La amenaza del cambio climático puede ser el factor decisivo que impulse esta transición hacia una vía energética blanda, si se consiguen vencer los obstáculos políticos y económicos que opone un sistema mundial orientado a la obtención de un beneficio inmediato -para algunos- a costa de un perjuicio a mas largo plazo para el ambiente y para la mayoría de las personas.

1.2. La producción de CFCs

Bajo este epígrafe incluimos las emisiones de CFCs y de otros compuestos análogos -halocarbonos-, si bien los usos de estos compuestos se reparten entre todos los sectores -industrial, servicios y doméstico y transporte-. Los CFCs han representado en los años 80 un 24% del total del aumento del forzamiento radiativo en esa década; estos gases fueron objeto en 1.987 del Protocolo de Montreal, debido a la destrucción de la capa de ozono que originan; el Protocolo preveía una reducción en la producción del 50% en 1.999. En 1.990 se revisó este acuerdo y se convino en eliminar totalmente la producción de CFCs para el año 2.000 como máximo. Incluso con este nuevo acuerdo, que suena muy radical, los CFCs ya emitidos seguirán calentando la atmósfera durante decenas de años -cerca del 40% de las moléculas emitidas seguirán estando en la atmósfera en el 2.100, aún cuando no se emita ni una mas-, y los CFCs ya emitidos y el mantenimiento de su uso hasta el año 2.000 podrían tener efectos imprevisibles sobre la capa de ozono.

Desde el punto de vista del cambio climático, los sustitutos propuestos para los CFCs -conocidos como HCFCs y HFCs- son gases de invernadero potentes, si bien menos que los CFCs al tener vidas mas breves en la atmósfera. Según el IPCC, estos sustitutos podrían suponer hasta el 10% del forzamiento radiativo adicional -o sea, del recalentamiento por acción humana- para el período 2.000-2.050. Resulta pues urgente desarrollar y utilizar sustitutivos de los CFCs que no repercutan tanto sobre el calentamiento terrestre.

1.3. La agricultura y la ganadería.

Las actividades agropecuarias contribuyen al calentamiento entre el 9 y el 14% según estimaciones. Las actividades agrícolas y ganaderas emiten del orden del 50% de todo el metano (CH_4) producido en el mundo -de un 75 a un 80% del producido por el ser humano-, sobre todo a través de la llamada fermentación anaerobia, producida por la acción de bacterias sobre la materia orgánica en ausencia de aire. Esta descomposición se da en particular en los campos de arroz inundados y en el intestino de los rumiantes, vacas sobre todo. Otra fuente importante de metano es la quema de biomasa con fines agrícolas -rastrojos, residuos y quema estacional de sabanas y praderas para cultivos; la deforestación se trata en la siguiente sección-. Finalmente, el uso de abonos nitrogenados causa la emisión de grandes cantidades de óxido nitroso (N_2O) -cerca de un tercio de las emisiones totales mundiales y un 75% de las de origen humano de este gas-.

Las fuentes y los sumideros de metano y óxido nitroso se conocen mal, pero si que está claro el aumento en las concentraciones atmósféricas de ambos gases -en especial del metano-, así como su contribución al calentamiento, que irá en aumento si no se toman medidas de control de las emisiones, debido al aumento de la población mundial, con el consiguiente crecimiento económico y de la actividad agrícola y ganadera.

La quema de biomasa con fines agrícolas puede representar del orden

de 1.200 millones de tm anuales de C emitidas -mas de la tercera parte de las emisiones totales debidas a la deforestación y a la quema y degradación de vegetación y suelos (Tabla 2)-. Además de las emisiones de CO_2, N_2O y CH_4 procedentes de la combustión, se emiten monóxido de carbono (CO), hidrocarburos y otros óxidos de nitrógeno (NOx), los cuales, junto con el metano producen del orden del 40% del ozono troposférico, de efectos nocivos para los seres vivos. En la temporada de quema, se producen en los paises tropicales lluvias tan ácidas como las que caen en el mundo industrializado, debido a los óxidos de nitrógeno y al ozono procedentes de la quema de biomasa. Varios de los contaminantes mencionados ejercen el efecto de eliminar de la atmósfera el compuesto OH, denominado "radical hidroxilo", que constituye un agente limpiador del aire, eliminando del mismo contaminantes como el metano; de esta forma contribuyen indirectamente al agravamiento del efecto invernadero.

Tabla 2. Emisiones de CO_2 procedentes de la quema y degradación de la biomasa debida al ser humano y de la quema de combustibles fósiles

Emisiones totales	8.700	
Emisiones netas	7.000	
Emisiones combust. fósiles	5.200	60% del total
Emisiones biomasa	3.500	40% del total
	(2.300 deforestación)	

Instituto Max Planck de Química. Las cifras son millones de toneladas de carbono en 1985. Las emisiones netas son menores que las globales porque existe un crecimiento de vegetación de reemplazo que absorbe parte del CO_2 emitido por la biomasa.

La reducción de emisiones en la agricultura y la ganadería se puede hacer en base a las siguientes medidas:

- Uso eficiente de los fertilizantes, usando cantidades menores. Uso de fertilizantes naturales -estiércol- y sintéticos con bajas emisiones de N_2O.

- Uso de especies de arroz de mayor rendimiento, mas rápido crecimiento y menor producción de deshechos.

- Mayor productividad del ganado vacuno, cambios en la dieta del ganado.

- Disminución del consumo de carne, en especial de ganado vacuno, en el mundo desarrollado.

- Cese de la quema de biomasa con fines agrícolas, aprovechando los residuos de las cosechas como combustible o abono.

El control de las emisiones de metano y óxido nitroso es necesario, especialmente en el caso del metano, pero debe hacerse sin dañar la productividad agrícola. El éxito en el control de estos gases va a depender en gran medida del éxito de las políticas de control de la población (ref.10).

1.4. La silvicultura. Deforestación y reforestación. Otras actividades.

La deforestación, vía tala o quema, es, independientemente del calentamiento terrestre, uno de los problemas fundamentales del ambiente mundial. El problema se plantea sobre todo en los bosques tropicales, que cubren unos 20 millones de km^2, en su casi totalidad de países del Tercer Mundo. Allí se encuentran casi la mitad de las especies conocidas de animales y plantas, que constituyen una reserva inestimable de material genético, materias primas y medicinas. Los bosques tropicales regulan el clima de las regiones tropicales e influyen en el de zonas muy alejadas; de ellos dependen muchos pueblos indígenas y recolectores para su existencia.

Estos bosques están desapareciendo al ritmo de casi un 2% anual; en la década de los 80 se han perdido mas de 1.000.000 de km^2 de bosque -el doble de la superficie del Estado español-, aumentando la superficie deforestada anualmente desde 7.5 millones de Has en 1980 hasta cerca de 13 millones en 1989 de bosque tropical cerrado. Solo se ha reforestado en el mismo período el 10% de esta superficie. Contrariamente a lo que

podría parecer, una zona deforestada, aún abandonada a sí misma, puede tardar un tiempo muy largo -1.000 ó mas años- en recuperar la biodiversidad habitual; después de su destrucción, y aunque se forme nueva vegetación en forma de bosque secundario, la selva contiene menos biomasa, y pierde por tanto gran parte de la capacidad para fijar carbono que tenía anteriormente, lo que constituye un factor de agravamiento del efecto invernadero.

La deforestación causó la emisión de unos 2.300 millones de tm de C en 1.989, lo que equivale a un 30% de todo el CO_2, aunque las estimaciones varían mucho, además de emitirse otros gases de invernadero y contaminantes mencionados en la sección anterior. Globalmente, la deforestación contribuye al calentamiento en un 18%.

Una de las raíces del problema está en la distribución injusta de la tierra en el Tercer Mundo, que empuja a una población creciente a la tala de la selva para sobrevivir. Dependiendo de los países, se dan otras causas como la explotación incontrolada de la madera, la expansión de la ganadería y diversos proyectos industriales a gran escala; todas estas actividades se suelen realizar con fines de exportación a los países ricos, a fin de pagar los intereses de la deuda externa de los países tropicales. En 1.988, los países endeudados del Sur pagaron 54.000 millones de dólares mas a sus acreedores del Norte -en concepto de la deuda externa- de lo que recibieron de éstos en ayudas, préstamos públicos e inversión privada; la selva la destruyen los pobres pero se la "comen" los ricos. Muchas de las inversiones mencionadas se dirigen a proyectos de "desarrollo" de dudosa rentabilidad a largo plazo -embalses, carreteras, explotaciones mineras-, realizados a beneficio de multinacionales y que están suponiendo una destrucción masiva de la selva.

La solución al problema de la deforestación dependerá en primer lugar del establecimiento de un nuevo orden económico internacional que ponga fin al expolio del Sur por parte del Norte. Medidas mas concretas son el fomento del desarrollo sostenible de los países tropicales, plasma-

do en la conservación de los bosques a través de una explotación maderera mas racional que no los destruya, cultivos basados en los tradicionales de los pueblos de la selva, compatibles con la existencia de ésta, explotación de recursos como el caucho, frutas tropicales, etc., como se hace en las "reservas extractivas" brasileñas, reforestación de las areas degradadas y otras medidas similares.

Como ya se ha comentado, la explotaciones agrícola y forestal, que son factores importantes del calentamiento terrestre, pueden ser a su vez influidas negativamente por éste; una disminución de la productividad de los bosques -no solo de los tropicales- debida al cambio climático, implica una menor capacidad de fijación de carbono, lo que contribuye a aumentar la cantidad de éste en la atmósfera y a un mayor calentamiento. El incremento de las lluvias ácidas, causante entre otros factores de la degradación masiva de los bosques en países ricos, está empezando a afectar también a muchos bosques tropicales.

La reforestación a gran escala se ha propuesto como una medida barata y beneficiosa de compensar las emisiones de CO_2; de hecho existen proyectos de reforestación en el Tercer Mundo subvencionados por algunos propietarios de nuevas centrales térmicas -en EE.UU. y Holanda- que quieren compensar las emisiones de CO_2 de las centrales plantando árboles que absorban este gas. Los planes de reforestación deberían ser masivos; para absorber todo el carbono emitido en la CE en 1988 (736.2 millones de Tm) se necesitarían repoblar 1.600.000 km^2, lo que representa un área mas de tres veces superior a la del Estado español. La absorción de CO_2 se produce paulatinamente, al ir creciendo los árboles, cesando prácticamente al alcanzar éstos la madurez.

Programas de reforestación de esta magnitud son difíciles de implementar. Las consecuencias sociales de las repoblaciones masivas en el Tercer Mundo, donde sería mas sencillo y barato disponer de tierra, pueden ser muy graves si, como de costumbre, se ignoran las necesidades y problemas locales. La reforestación, llevada a cabo teniendo en cuenta los pro-

blemas apuntados, junto con el uso de la biomasa obtenida de los nuevos bosques para la producción sostenible de energía, puede contribuir a disminuir la velocidad de acumulación de CO_2 en la atmósfera, además de aportar otros beneficios, pero las prioridades para controlar el efecto invernadero son la reducción del uso de los combustibles fósiles y el fin de la deforestación.

Otras actividades humanas que contribuyen al efecto invernadero son la fabricación de cemento -por las emisiones de CO_2 que lleva asociadas- y los vertederos, que originan importantes emisiones de metano; la contribución al calentamiento de ambas se estima en un 3%. El metano de los vertederos se podría aprovechar para producir energía, como ya se hace en algunos lugares, reduciendo esta contribución al calentamiento.

De gran importancia para reducir el consumo energético es reducir el consumo superfluo de materiales que se da a través de los envases y productos de un solo uso, el empaquetado excesivo, etc. Se deberían abandonar los envases deshechables, potenciando la reutilización primero y el reciclaje en segundo lugar.

La exposición de medidas preventivas del cambio climático, junto con las características del mismo, demuestra el carácter global del problema y de sus soluciones. La filosofía de cualquier estrategia de respuesta debe ser la de minimizar los riesgos, adoptando un enfoque precautorio, es decir, ponerse en el peor de los casos posibles. En el caso concreto del cambio climático, esto significa conseguir la estabilización de las concentraciones atmosféricas de los gases de invernadero a unos niveles y en un período de tiempo que eviten el mayor daño posible a las personas y a los ecosistemas naturales; la existencia de incertidumbres respecto a la velocidad, magnitud y efectos del calentamiento no debería servir de excusa para no tomar medidas desde ahora mismo, dado que cuanto mas se espere, los impactos posibles serán mas graves y las medidas preventivas mas drásticas y mas difíciles de implementar.

Por fortuna, la práctica totalidad de las medidas para controlar el calen-

tamiento son positivas también por otras razones, y resultan además imprescindibles para salir del modelo de desarrollo mundial actual, absolutamente injusto e insostenible a medio plazo; incluso muchas de ellas serían rentables desde el punto de vista de la economía de mercado, aunque está en discusión cuánto se pueden recortar las emisiones sin coste económico. La gran cuestión subyacente es si el sistema capitalista mundial, basado en el intercambio desigual y en el beneficio a corto plazo, va a poder cambiar estructuralmente para enfrentarse a los problemas ambientales y sociales, y cómo lo va a hacer, preguntas que no podemos contestar aquí y ahora.

En lo que hace a las medidas técnicas comentadas, la cuestión no es si hay que tomar dichas medidas, sino mas bien cuales son las mejores formas de llevarlas a cabo con la mayor urgencia; de estos posibles instrumentos económicos, políticos y legislativos vamos a hablar ahora.

2. Medidas económicas y políticas contra el cambio climático.

Según el IPCC, "las medidas de prevención y de adaptación al cambio climático deben ser todo lo eficaces y rentables que sea posible desde el punto de vista económico". El punto de vista económico tradicional ha sido criticado con razón, ya que no toma en cuenta la destrucción de los recursos naturales (ref.5), pero a pesar de ello existen una serie de medidas que podrían ayudar a resolver el problema: Permisos negociables de emisiones, pago por derechos de emisiones, sanciones, normativas -estas cuatro medidas de carácter internacional- y, aplicadas a nivel estatal, subsidios y tasas ecológicas.

Los permisos negociables de emisiones se basan en fijar un límite global para las emisiones y en conceder a cada país una cuota de emisiones, de forma que no se sobrepase el límite global. Los países que quieran emi-

tir por encima de su cuota lo deben pagar, comprando las emisiones de mas a los paises que emitan por debajo de su cuota. De esta manera se crea un incentivo económico para limitar los gases de invernadero, tanto para el que compra como para el que vende los derechos de emisión; los países pobres -poco emisores- tienen un incentivo para polucionar poco, al poder vender sus derechos de emisión, mientras los países ricos tienen un desincentivo para seguir polucionando. Las dificultades están, en primer lugar, en establecer el límite global de emisiones y la cuota de cada país; lo mas justo sería conceder a cada persona la misma cantidad de emisiones per capita, pero si el límite global tiene que ser mucho menor que las emisiones actuales, esto implica que los países desarrollados deberían comprar muchos permisos de emisiones, lo cual no va a ser aceptado por la mayoría de ellos. Otro problema está en que, según demuestra la experiencia de las relaciones entre países ricos y pobres, las soluciones de "mercado puro" no funcionan en beneficio de ambas partes, sino que tienden a reforzar la situación actual de dominio económico y explotación, que son causas estructurales de la destrucción ambiental en el Tercer Mundo.

El pago de derechos por emisiones podría generar ingresos para un fondo de protección del clima, pero habría que definir la base y la cuantía del derecho que se habría de pagar por emitir.

Las sanciones se aplicarían a los países que no cumplieran los convenios acerca del clima, aunque las medidas de este tipo pueden causar tensiones. Por último, el papel de las normativas sobre tecnologías y actividades que emitan gases de invernadero será esencial, tanto a escala estatal como mundial.

Se estima imprescindible la constitución de un Fondo de Protección del Clima, para subvencionar las medidas preventivas y de adaptación al calentamiento. En efecto, no es posible reducir las emisiones de gases de invernadero y, al mismo tiempo, mejorar el nivel de vida de los países pobres usando las tecnologías a las que estos países tienen acceso, que

suelen ser las que ya están fuera de uso en los países ricos, y bastante ineficientes desde el punto de vista energético. Es posible técnicamente ayudar a los países pobres a dotarse de tecnologías que emitan pocos gases de invernadero, pero esto va a requerir una transferencia tecnológica sin precedentes del Norte al Sur. Sin una disminución radical de la deuda externa y un cambio de los términos de intercambio desigual Norte-Sur, hay pocas esperanzas de resolver este problema crucial.

Las medidas económicas contra el calentamiento deberán aplicarse tanto a escala internacional como en el interior de cada estado. A este nivel, se deberían aplicar tasas ecológicas, que tomaran en cuenta el impacto ambiental de las distintas fuentes de energía -impuesto sobre la energía y sobre el CO_2-; el aumento de precio de la energía es un factor esencial para estimular el ahorro, como han demostrado las crisis del petróleo de 1.973 y 1.979, además de favorecer la introducción de fuentes de energía de bajo impacto ambiental, como las renovables. En unos 8 países de Europa ya existe o se va a implantar un impuesto de este tipo, y en la CE se estudia aplicar una tasa ecológica equivalente a 10 $ por barril de petróleo. El dinero procedente de este impuesto se debería dedicar a fomentar la eficiencia energética y las energías renovables, a la implantación de medidas descontaminadoras y a nutrir el Fondo de Protección del Clima. En cuanto a los subsidios, habría que dirigir los que ahora se aplican a los combustibles fósiles y a la energía nuclear hacia el ahorro energético y las energías renovables.

Mención especial merecen los países de economía planificada -sobre todo la URSS, Europa del Este y China-. Estos paises se caracterizan por consumir mucha energía -1/3 del total mundial- para producir solamente 1/5 del valor de la producción mundial; la intensidad energética de estos países está entre las mayores del mundo. El consumo energético por cabeza -y, correspondientemente, las emisiones de CO_2-, son de las mayores del mundo; la razón fundamental es que estos países tienen mucha industria pesada, muy consumidora de energía, y usan tecnologías anticuadas. Esta situación de partida tan negativa hace, paradójicamente,

que estos países puedan realizar mejoras espectaculares en su eficiencia energética, si cuentan con ayuda de los países occidentales. El caso chino es diferente, porque aunque la intensidad energética es alta, el consumo por cabeza es bajo. Al igual que en el resto del Tercer Mundo, China necesitará aumentar sus emisiones en cierta medida para mejorar el nivel de vida de su población; el problema estriba en limitar en lo posible este aumento, aumentando la eficiencia energética, y en compensarlo con una reducción de emisiones en los países ricos.

Otras medidas necesarias para afrontar el cambio climático son la información a la población y una intensificación de la investigación sobre todos los aspectos del problema. Lo primero es importante porque todo el mundo puede verse afectado por el problema y porque las actitudes personales -limitación del consumo- son muy importantes a la hora de resolverlo; en cuanto a lo segundo, es obvio que un mejor conocimiento del cambio climático nos ayudará a evaluar los impactos y a elaborar mejor las estrategias de respuesta.

3. La comunidad internacional y el cambio climático. Hacia una Convención sobre el Clima.

Desde hace casi 100 años se conoce el riesgo de un aumento sustancial de temperatura en la Tierra por la emisión humana incontrolada de ciertos gases. Sin embargo, la cuestión del recalentamiento terrestre y el cambio climático consiguiente, irrumpió ante la opinión pública en 1.988, debido a la coincidencia de acontecimientos climáticos poco usuales, un calentamiento persistente durante los años 80, y diversos encuentros científicos sobre el tema, entre los cuales se destacó la conferencia de Toronto (1.988), donde por primera vez se recomendó disminuir las emisiones de CO_2.

En Octubre de 1.990 se celebró la 2ª Conferencia Mundial del Clima, precedida por casi dos años de trabajo del IPCC, del que ya hemos hablado. La conferencia confirmó las conclusiones del IPCC; los representantes de 137 países se comprometieron a dar una respuesta global sin mas dilaciones al cambio climático, reconociendo la responsabilidad de todos los países ante el problema, pero afirmando que "*los paises desarrollados deben tomar la iniciativa en la reducción de emisiones, ayudando al Tercer Mundo a afrontar el problema sin perjudicar los objetivos nacionales de desarrollo*". Como una primera etapa, se reconoció la necesidad de estabilizar las emisiones de gases de invernadero. La oposición de paises como EE.UU. impidió que se fijaran objetivos concretos respecto a las emisiones, con compromisos y calendario.

También se acordó la apertura de negociaciones para llegar a una "Convención Marco" sobre el cambio climático, con "compromisos adecuados", que debería firmarse en Río de Janeiro durante la Conferencia de las Naciones Unidas para el Ambiente y el Desarrollo (UNCED) en 1.992. La ONU constituyó a continuación el "Comité Intergubernamental Negociador para una Convención Marco sobre el Cambio Climático" (INC), que se ha reunido en dos ocasiones hasta la fecha (septiembre de 1.991). Hasta el momento, la casi totalidad de los países de Occidente, Japón, la EFTA y la CE, se han comprometido a estabilizar como mínimo sus emisiones de CO_2 para el año 2.000 en los niveles actuales, con países dispuestos a reducir sus emisiones hasta un 25-30% en el año 2.005, como Alemania. El mayor emisor del mundo, es decir, EE.UU., se sigue negando a comprometerse a una estabilización de las emisiones de CO_2 en una fecha dada, lo que constituye una excelente excusa para que países como India y China eludan cualquier compromiso en este sentido.

Como puede apreciarse, la situación actual no es demasiado positiva, a pesar de las iniciativas unilaterales de reducción de emisiones, ya que la solución del problema requiere un esfuerzo general y conjuntado. Los esquemas de reducción de emisiones propuestos para mantener el ca-

lentamiento dentro de límites tolerables para las personas y los ecosistemas en peligro (ver Ref.12 y capítulo 4 de la Ref.3), afirman que son necesarias reducciones de CO_2 del orden de un 75% para el año 2.030 en los países desarrollados y de un 50% en todo el mundo en su conjunto en el año 2.030 -el primero de los esquemas- y una reducción de un 70% en todo el mundo para el año 2.020 -el segundo de estos esquemas-. Para la mayoría de los grupos ecologistas que trabajan en este campo, agrupados en la **"Red de Acción del Clima"**, un mínimo absoluto necesario para la preservación del clima es que el conjunto de los países desarrollados alcancen el objetivo de la Conferencia de Toronto, que es un 20% de reducción de emisiones de CO_2 para el año 2.005. Se considera necesario, sin embargo, que cada país industrializado en concreto reduzca sus emisiones unilateralmente tanto como sea posible, para dar ejemplo, ganar tiempo y además compensar en lo posible el aumento de emisiones en el Tercer Mundo, ineludible a corto plazo.

El caso del Estado español

Las emisiones de CO_2 procedentes de combustibles fósiles en el Estado español se muestran en la tabla 3

Tabla 3. Emisiones de CO_2 1.987-1.990

	1.987	1.988	1.989	1.990
Millones de Tm de carbono	46,0	44,9	52,6	54,3(*)
Tm de carbono cabeza/año	1,20	1,17	1,33	1.37

Fuente: MIE (SGE y RM) -datos de consumo de energía-, Anuarios de El País y elaboración propia; solo se han considerado los usos finales de los combustibles y la producción eléctrica. (*) El consumo de carbón para usos finales de 1.990 ha sido estimado.

Las emisiones per capita son pequeñas en comparación con la media de la Comunidad Europea -aproximadamente 2,15 tonelads de carbono por cabeza y por año en 1.987-, pero mientras éstas se mantienen estabiliza-

das, las españolas están aumentando de manera importante. Además, no estamos considerando las emisiones debidas a los incendios forestales, que en el Estado español pueden suponer una contribución importante y que en casi todos los demás países de la CE es despreciable, ni las emisiones de CFCs -que se producen en España en grandes cantidades-, de metano, etc.

La política del gobierno español respecto al problema del cambio climático ha sido la obstaculización sistemática en la CE de cualquier medida, no ya de recorte de emisiones, sino de mero control de éstas. La excusa se basa en nuestras emisiones, relativamente bajas -para Europa- y que, sin embargo, superan notablemente la media mundial y, desde luego, la del Tercer Mundo -0,36 toneladas por cabeza y año-; también se arguyó en su momento que la reducción de emisiones constituiría "un suicidio económico para España". Una vez que la CE llegó al acuerdo de estabilizar las emisiones de CO_2 para el año 2.000, el Estado español aceptó dicho objetivo, que deja -de momento- en libertad a los países miembros con emisiones bajas para "adoptar objetivos y/o estrategias que correspondan a su desarrolo económico y social", aunque insiste en que debe aumentar la eficiencia energética de sus actividades económicas. Estudios independientes (Ref.11) demuestran, sin embargo, como es posible una reducción sustancial de emisiones de CO_2 en nuestro país -de un 12% en el año 2.000, con la posibilidad de alanzar el 20% en el 2.005-, prescindiendo de la energía nuclear y con costes mínimos.

La postura del Gobierno sigue invariable al escribir estas líneas. En el documento oficial que se prepara para presentar en la Conferencia Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED), ya mencionada, se puede leer que "*en el caso del CO_2, las medidas a desarrollar son aquellas que no comprometan el desarrollo económico y energético del país*" (30-8-91); no hay ningún compromiso de reducción, ni siquiera de estabilización de las emisiones. Al contrario, el nuevo Plan Energético Nacional (PEN) ,que marca los objetivos energéticos hasta el año 2.000, contempla el aumento de las emisiones de CO_2 hasta alcanzar la media

comunitaria, lo que puede implicar hasta un 50% mas de emisiones con respecto a 1.990. El país debe "desarrollarse" económica y energéticamente, aún a costa del medio natural, el clima del mundo y la solidaridad con todos sus habitantes.

REFERENCIAS

1.- Informes de los grupos de trabajo I, II y III al IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre los Cambios Climáticos), OMM y PNUMA, Junio de 1.990.

2.- Amory B. Lovins: "La alternativa Energética", colección "Amigos de la Tierra", Miraguano Ediciones, Madrid 1.979.

3.- "Global Warming: The Greenpeace Report", editado por J. Leggett, capítulo 10, Oxford University Press, 1.990

4.- J. Goldemberg y otros: "Energy for a Sustainable World", Wiley Eastern Ltd, 1988.

5.- Anuario 1.991 del Worldwatch Institute ("La situación en el mundo"), Ediciones Apóstrofe, editado por la Fundación Hogar del Empleado y el CIP, Junio 1.991.

6.- Revista "Investigación y Ciencia", Noviembre 1.990, no monográfico "La energía que la Tierra necesita".

7.- Ver referencia 3, cap.13.

8.- W.C. Patterson: "La Energía nuclear", H. Blume Ed., 1.982 Madrid.

9.- J. Puig y J. Corominas: "La ruta de la energía", Ed. Anthropos, 1.990.

10.- Ver referencia 3, cap. 16.

11.- "Energía 2.000: Plan Energético Alternativo para un crecimiento sostenido", AEDENAT e IU, Madrid, Abril 1.991.

12.- F.Krause y otros: "Energy policy in the Greenhouse", vol.1, International Project for Sustainable Energy Paths (IPSEP), editado por el EEB e IPSEP, El Cerrito (California, EE.UU), 1.989.

PUBLICADO CON LA COLABORACIÓN DEL ICONA

AEDENAT

ASOCIACIÓN ECOLOGISTA de DEFENSA de la NATURALEZA

C/ Campomanes nº 13

28013 Madrid

Teléfono: (91) 541 10 71

Telefax: (91) 571 71 08