

# CLIMA Y ENERGIA EN ESPAÑA

## EL CAMBIO CLIMATICO PROPUESTAS PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA NACIONAL SOBRE EL CLIMA

José Santamarta\*

La eficiencia energética y las energías renovables permitirán a España alcanzar una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% para el año 2005 respecto a las de 1990. Pero para ello hace falta voluntad política y dinero.

*Abril de 1995*

«El Cambio Climático requiere soluciones integradas y mucho más ambiciosas de las, hasta la fecha, adoptadas por el Gobierno español. Como Ministro responsable del Medio Ambiente, éste será mi principal reto».

*José Borrell Fontelles, Ministro de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.*

«El Cambio Climático es el problema más serio al que se enfrenta nuestra civilización».

*Al Gore, Vicepresidente de Estados Unidos.*

«Un día nuestros hijos y nuestros nietos nos preguntarán: ¿Tomásteis las decisiones correctas en Berlín para asegurar nuestro futuro? ¿Utilizásteis las opciones económicas y técnicas existentes para garantizar una vida que merezca la pena en el siglo XXI y más allá?»

*Helmut Kohl, Canciller alemán.*

### 1. LA CONFERENCIA DE BERLIN

La *Primera Conferencia de las Partes de la Convención sobre el Cambio Climático*, en Berlín, entre el 28 de marzo y el 7 de abril, debería haber supuesto un paso adelante para adoptar compromisos y planes serios y rigurosos para reducir las emisiones de gases de invernadero. Pero como cabía esperar, y temer, de Berlín-95, como antes de Río-92,

no salió ningún compromiso firme ni plan concreto de acción, a pesar de que el más elemental principio de precaución aconseja actuar ahora. Mañana será mucho más costoso.

Pero al igual que hubo que esperar a que Inglaterra talase todos sus bosques para entrar en la era del carbón y de los combustibles fósiles al inicio de la revolución industrial, parece que ahora tiene que haber

\*José Santamarta es director de la revista *Gaia* y

miembro de la CODA.

alguna catástrofe ambiental y social para entrar en la era de la energía solar y de la economía ecológica.

España, con unas emisiones inferiores a la media de la Unión Europea, aunque superiores en un 35% a la media mundial, debería comprometerse a estabilizar sus emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2000 a los niveles de 1990, para posteriormente reducir las en un 20% para el año 2005 con respecto a las de 1990, cumpliendo las recomendaciones de la Conferencia de Toronto.

La CODA, al igual que Greenpeace y la mayoría de las organizaciones ecologistas, propone la estabilización de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2000 en los niveles de emisión de 1990 y la reducción posterior (20% para el año 2005 y 60% para el 2030). También es necesaria la prohibición inmediata de la producción y consumo de los CFCs, HCFCs, HFCs y bromuro de metilo. Por lo que se refiere al metano (CH<sub>4</sub>), para el año 2005 las emisiones antropogénicas se deben reducir en un 20% respecto a 1990. Las emisiones antropogénicas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se deben reducir en un 20% para el año 2005 y un 60% para el año 2030, respecto al año 1990. La reducción de la emisión de otras sustancias contaminantes, como el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), reducirá la cantidad de ozono troposférico (gas de invernadero) y permitirá que el principal sumidero del metano, la reacción con el radical hidroxilo (OH) en la troposfera (el OH reacciona con el CO), destruya la mayor parte de las emisiones de metano. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) frena el calentamiento (y es una de las causas de que el aumento de las temperaturas apenas se haya percibido), pero dados sus efectos perjudiciales (lluvias ácidas) es necesario disminuir las emisiones.

La eficiencia energética, un modelo de desarrollo menos intensivo en energía y un vigoroso plan para potenciar las energías renovables son la base para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Tales medidas son necesarias para evitar el cambio climático, pero también para reducir las emisiones de otras sustancias contaminantes, mejorar la competitividad, crear empleo con futuro (no como en la muy subvencionada minería de

carbón), reducir el déficit comercial (menores importaciones energéticas) y el déficit público (menores inversiones en autovías y centrales térmicas o nucleares, entre otras infraestructuras).

Igualmente se deben reducir los incendios forestales y la emisión de otros gases de invernadero, como el metano y el óxido nitroso, así como la producción y consumo de cemento, una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>, agravada por la construcción de autovías y otras infraestructuras. Cada tonelada de cemento consumida causa la emisión de 498 kilogramos de CO<sub>2</sub> (136 kilos de carbono).

Una política de repoblaciones forestales con especies autóctonas, en las zonas adecuadas, retiraría de la atmósfera grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, frenaría la erosión, las inundaciones y las sequías, dado el efecto esponja de los bosques. Pero los bosques y los mares, aún actuando como sumideros (*retiran* de la atmósfera en todo el mundo cerca de 4.000 millones de toneladas de carbono, de los 7.000 millones de toneladas emitidos anualmente), son incapaces de retirar la cantidad actual de CO<sub>2</sub> emitida anualmente. En España, según los datos del MOPTMA, los bosques solo *retiran* 4,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> de las 260 millones emitidas en 1990 (1).

La reducción del consumo de carne, del empleo de fertilizantes, de las fugas de metano en la minería de carbón y en la red de gasoductos, y de la cantidad de residuos, y una política forestal que reduzca la superficie afectada por incendios forestales, permitirá cumplir los objetivos de reducción de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. La fabricación de nailon o nylon es responsable de gran parte de las emisiones antropogénicas de óxido nitroso.

Nuestro país debería apoyar las posiciones más progresistas para frenar la destrucción de la capa de ozono y el cambio climático, rompiendo con la dinámica actual, de ser siempre uno de los países más conservadores en temas ambientales, tanto en el marco de la Unión Europea, como en los foros internacionales, como fue en Río-92 y en Berlín-95.

## 2. EL CAMBIO CLIMATICO

El dióxido de carbono presente en la atmósfera se ha incrementado en un 25% respecto al siglo pasado, y hoy añadimos cada año más de 7.000 millones de toneladas de carbono (12 gramos de carbono dan lugar a 44 gramos de CO<sub>2</sub>), acelerando el cambio climático, al que también contribuye el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarbonos (CFCs). La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, según el IPCC (2), ha aumentado de 280 ppmv (partes por millón en volumen) hacia 1800 a 360 ppmv en 1995, con un incremento anual del 0,5%; la concentración de metano en el mismo periodo pasó de 0,8 ppmv a 1,72, con un incremento anual del 0,9%. Por lo que se refiere al N<sub>2</sub>O, la concentración se elevó desde 288 ppbv (partes por mil millones) en 1800 a 310 ppbv en 1990, con un incremento anual del 0,25%. La concentración de CFCs está creciendo a un ritmo del 4% anual, aunque las limitaciones impuestas a la producción y el consumo en los países llamados desarrollados reducirá las emisiones en los próximos años.

El CO<sub>2</sub>, según el IPCC, permanece en la atmósfera unos 120 años, el N<sub>2</sub>O unos 132 años, el metano sólo 10,5 años, el CFC-11 unos 55 años y el CFC-12 alrededor de 116 años (2). Una molécula de metano contribuye al efecto invernadero, de forma directa, a lo largo de 100 años, tanto como 11 de CO<sub>2</sub> (35 veces más si el periodo considerado se reduce a 20 años); el N<sub>2</sub>O es 270 veces más potente que el CO<sub>2</sub> (a 100 años vista), el CFC-11 unas 3.400 veces más y el CFC-12 unas 7.100 veces más. Las cifras anteriores varían ligeramente cuando se toman en consideración también los efectos indirectos, sobre todo en el caso del metano, que para un periodo de solo 20 años es 63 veces más potente que el CO<sub>2</sub>, cifra que se reduce a 21 veces más para 100 años. La aportación del CO<sub>2</sub> al calentamiento global, según el IPCC, asciende al 55%, la de los CFCs al 24%, la del metano al 15% y la del N<sub>2</sub>O al 6%.

El cambio climático afectará de manera muy grave a los ecosistemas, a la agricultura, a la pesca y a los bosques. No habrá países perdedores y vencedores, todos seremos

perdedores. Miles de especies de animales y plantas pueden desaparecer, al no poder afrontar el aumento de la temperatura (unos 2 grados Celsius en el 2050 como mínimo, probablemente más), la subida en el nivel del mar (20 centímetros para el 2030 y de 60 a 70 cm en el 2100) y los cambios en las precipitaciones, entre otras variables. Todo el sistema mundial de parques nacionales y naturales está amenazado, al carecer de suficiente espacio como para poder permitir un desplazamiento de 400 kilómetros hacia los polos de las especies existentes, distancia necesaria para *adaptarse* al aumento de la temperatura.

Las incertidumbres acerca del cambio climático son todavía muy grandes, pero el más elemental principio de precaución aconseja reducir las emisiones de los gases de invernadero, más cuando los cambios requeridos deben hacerse en cualquier caso, pues son *justos y necesarios*, para la Tierra y para todos sus habitantes. La sociedad industrial está realizando un enorme e irresponsable experimento con la biosfera.

Las *realimentaciones* pueden dar muchas sorpresas, y la mayoría no van a ser positivas. ¿Qué papel tendrán las nubes? Los modelos climáticos son incapaces de dar una respuesta clara. Las nubes bajas reflejan el calor procedente del sol, pero las altas contribuirán al efecto invernadero. La disminución de las nieves y de los hielos reducirá el albedo o reflectividad de la Tierra, y consecuentemente se absorberá más radiación solar. La disminución de las emisiones de SO<sub>2</sub>, el aumento de las emisiones del metano del *permafrost* de la tundra, los efectos del adelgazamiento de la capa del ozono de la estratosfera en el fitoplancton, o la disminución de la solubilidad del CO<sub>2</sub> en los océanos al aumentar la temperatura del agua del mar, son algunas de las realimentaciones (feedbacks) que pueden acelerar el cambio climático.

Las multinacionales del petróleo, del automóvil y otros sectores, y sus *intelectuales orgánicos*, *tratan de negar o empujar el cambio climático y sus consecuencias*. Combatir y frenar el cambio climático supone una auténtica revolución en el consumo y en la manera de producir, necesaria pero extraordinariamente difícil, dados los intere-

ses de las grandes multinacionales y los hábitos consumistas de una parte de la población. Tal cambio debe hacerse de una manera equitativa, y no a la manera usual de hacer pagar a quién no tiene ninguna culpa: los pueblos del Sur, excluidas las élites gobernantes, y las capas más desfavorecidas del Norte.

En el horizonte del año 2030 las emisiones globales de CO<sub>2</sub> deberían reducirse en un 60% como mínimo, a fin de estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y mitigar el calentamiento terrestre.

Por lo que se refiere a los países del Sur, a corto plazo cabe esperar un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los combustibles fósiles. En cualquier caso, dado el desigual reparto de las emisiones, no cabe exigir ningún compromiso firme de reducción de las emisiones procedentes de los combustibles fósiles o de los cultivos de arroz (emisión de CH<sub>4</sub>) a los países del Sur en el horizonte del año 2000, aunque la transferencia de tecnología, el aumento de la eficiencia energética y la penetración de las energías renovables, permitirían que las emisiones del Sur no crezcan excesivamente.

La energía nuclear de fisión, y también la fusión en un futuro aún lejano, presentadas como alternativas, deben ser descartadas, dados los peligros y los problemas causados por los residuos radiactivos, la seguridad de las centrales, la proliferación nuclear, las incertidumbres tecnológicas y los costes económicos.

Los países de la OCDE deberían reformar su sistema fiscal, introduciendo un nuevo impuesto sobre la energía (que afectase a los combustibles fósiles y a la energía nuclear), compensado por la reducción en otros impuestos que afectan a las clases populares o penalizan la creación de empleo, por lo que su efecto, en términos de ingresos fiscales, sería neutro, aunque contribuiría a aumentar la eficiencia energética. Igualmente hay que suprimir todas las subvenciones directas e indirectas al sector nuclear (también la investigación), a la minería del carbón y al consumo de algunos productos petrolíferos y de electricidad en sectores como el aluminio u otros. Tales subvenciones, cuyo coste de oportunidad es enorme, deben dedicarse

a aumentar la eficiencia y la penetración de la energía solar.

Las energías renovables, cuya contribución actual al balance energético mundial es de sólo el 14%, deben incrementar su aportación, hasta alcanzar el 60% en el año 2030. En el mismo periodo la eficiencia energética debería incrementarse en un 2,5% anual. Para el año 2100 las fuentes renovables deberán cubrir la totalidad de las necesidades energéticas.

Para el año 2005 todos los países industrializados cuyo consumo por habitante exceda los 80 gigajulios (80 GJ, unos 1900 kilogramos equivalentes de petróleo), deberían reducirlo al menos a ese nivel, y los países cuyo consumo por habitante sea aproximadamente de 80 GJ, no deberían incrementarlo. Tal propuesta es de la UICN, organismo del que forman parte ONGs, pero también la mayoría de los gobiernos, entre ellos el español (3). En los últimos 43 años, entre 1950 y 1993, la población mundial se ha duplicado (de 2.555 millones de personas en 1950 a 5.557 millones en 1993), el PNB mundial se ha multiplicado por 5 (de 4 billones de dólares de 1990 a 20 billones en 1993), las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la combustión de combustibles fósiles por 3,6 (de 1.620 millones de toneladas de carbono en 1950 a 5.904 en 1993), los intercambios internacionales por 12 (de 308.000 millones de dólares de 1990 en 1950 a 3.785.000 millones en 1993), la producción de automóviles por 4,2 (de 8 millones en 1950 a 34 millones en 1993), el consumo de fertilizantes por 9 (de 14 millones de toneladas en 1950 a 26 en 1993), el de gas natural por 12 (de 168 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) a 1.974 Mtep entre 1950 y 1993), y el de carbón por 2,3 (de 884 Mtep en 1950 a 2.081 en 1993).

El crecimiento de la producción y el consumo, al ritmo actual, es inviable. ¿Que pasaría con unas décadas más de crecimiento y de desarrollo, al ritmo actual? ¿Cómo compatibilizar el crecimiento económico, con todas sus consecuencias, con la amenaza del cambio climático y la pérdida de biodiversidad?

La completa reconversión del sistema económico es una condición básica para la sostenibilidad. El fin de la economía ecológica

es un nuevo sistema, basado fundamentalmente en el uso sostenible de los recursos renovables, para garantizar la satisfacción de las necesidades vitales de las generaciones actuales y futuras. La actividad económica deberá basarse cada vez más en el uso sostenible de los recursos renovables (como la energía solar o la agricultura biológica); el crecimiento indefinido del consumo y la producción material es inviable, y por razones de equidad y de supervivencia se deben eliminar las desigualdades entre países y dentro de cada país, utilizando todas las medidas posibles, desde los impuestos a las transferencias de recursos.

El desarrollo tecnológico puede y debe servir para alcanzar un nuevo modelo económico ecológico, menos intensivo en energía y otros recursos materiales. El desarrollo de las células fotovoltaicas y las nuevas tecnologías de la información son claros ejemplos. El trabajo a domicilio, merced a las nuevas tecnologías de la información (las llamadas autopistas de la información, correo electrónico, CD-ROM, entre otras), reducirá las necesidades de transporte y de infraestructuras.

### 3. LA SITUACION ESPAÑOLA

España emite a la atmósfera 256 millones de toneladas netas de dióxido de carbono (6,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante y año, 70 millones de toneladas de carbono, 1,8 toneladas de carbono por habitante), 2,1 millones de toneladas de CH<sub>4</sub> y 94.700 toneladas de N<sub>2</sub>O, según los datos del MOPTMA, aplicando el método IPCC/OCDE (1).

Entre 1980 y 1990 las emisiones de CO<sub>2</sub> han aumentado un 12%, y todo apunta a un crecimiento posterior, a no ser que cambie la política energética, forestal, de transportes y de residuos, entre otras actuaciones sectoriales, con influencia en las emisiones de gases de invernadero.

La administración quiere presentar como un logro ambiental un crecimiento de solo el 10% o el 15% para el periodo 1990-2000, cuando tal cifra responde a la mera lógica del mercado y es superior a la de la década anterior. Lo único cierto es que el gobierno no hace prácticamente nada por frenar el

crecimiento de las emisiones de gases de invernadero. Las diversas administraciones carecen de toda política real para aumentar la eficiencia en el uso de la energía y la participación de las energías renovables en el balance energético del país, e incluso llegan a incluir a la incineración de residuos dentro del plan de energías renovables.

España será uno de los países más perjudicados por el cambio climático: para el año 2050, según el Hadley Center, habría un aumento general de las temperaturas (unos 2,5 grados centígrados), más acusado en los veranos, las precipitaciones se reducirán en un 10% y la humedad del suelo en un 30%, y la práctica totalidad de los 3.000 kilómetros de playas desaparecerán, debido a la elevación del nivel del mar y a procesos erosivos (1).

El cambio climático supondrá más incendios forestales, más erosión y desertización, y más fenómenos tormentosos en el área mediterránea, como la llamada *gota fría*. La producción agrícola disminuirá sensiblemente, al igual que la producción hidroeléctrica, y nuestra principal industria, el turismo de *sol y playa*, se verá seriamente afectado, tanto por la desaparición de playas como por el aumento de las temperaturas en los países emisores del centro y el norte de Europa; con el calentamiento global, no tendrán necesidad de desplazarse a Canarias o al Mediterráneo. Todas las poblaciones costeras se verán afectadas por la subida del nivel del mar.

Dadas las consecuencias del cambio climático en España, cabría esperar una política beligerante por parte de la administración. Y sin embargo la política de la administración es de absoluta indiferencia, cuando no el más trasnochado desarrollismo, reclamando el derecho a contaminar más. Si todos los países asumiesen los argumentos defendidos por el gobierno español, las emisiones mundiales de gases de invernadero deberían crecer en un 50% para el año 2000.

En el periodo 1961-1994 se han quemado 2.320.000 hectáreas de superficie arbolada. El 18% del territorio sufre una erosión superior a las 50 toneladas anuales de suelo por hectárea, y sólo el 3% de la superficie del país está ocupada por bosques espesos. Entre 1940 y 1994 se han repoblado 2,9 millo-

nes de hectáreas con pinos y 450.000 hectáreas con eucaliptos, y prácticamente nada con frondosas autóctonas (4). Las repoblaciones con especies de crecimiento rápido, como las coníferas y los eucaliptos, reducen la biodiversidad y arden mucho mejor que las frondosas autóctonas (encinas, hayas, robles y alcornoques, entre otras).

Los incendios forestales contribuyen también al cambio climático, debido a la emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases de invernadero, como el N<sub>2</sub>O. Con el aumento de las temperaturas y la disminución de las lluvias y de la humedad del suelo, y la política forestal aplicada, aumentarán los incendios forestales, aumentando las emisiones de gases de invernadero, mientras se reduce el potencial de sumidero de nuestros bosques.

En España determinadas políticas gubernamentales pueden agravar aún más la crisis ambiental y el cambio climático. El Plan Director de Infraestructuras 1993-2007 (PDI), con un coste de 18.753.000 millones de pesetas, va encaminado a facilitar aún más el uso del automóvil privado, con 4.860 kilómetros de nuevas autopistas y autovías. Una vez finalizado el PDI en el año 2007 habrá en España 11.100 kilómetros de autopistas, 1.400 km de vías de conexión y 10.000 km de vías convencionales con plataforma superior a los 9 metros (5).

El uso desmedido del automóvil privado y de los camiones para el tráfico de mercancías, así como las infraestructuras necesarias para el transporte urbano e interurbano por carretera, es una de las causas principales de la degradación ambiental (contaminación atmosférica, emisiones que contribuyen al cambio climático, a la destrucción de la capa de ozono y a la deposición ácida, ruido, ocupación de suelo, fragmentación de hábitats, accidentes, despilfarro de recursos y energía, y residuos). El transporte emitió en 1990 un total de 63 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (6), el 24% de las emisiones brutas, y con tendencia creciente.

El PDI (7) no contempla ningún plan serio para relanzar el ferrocarril; si se excluye la alta velocidad, el PDI vía Presupuestos Generales del Estado sólo destina 1,3 billones de pesetas al ferrocarril para el periodo 1993-2007, cifra que contrasta con los 5,17 billones destinados a carreteras, casi 4 veces

más. El PDI del gobierno socialista llega a afirmar que «el ferrocarril, en su concepción clásica, parece un modo con escaso papel dentro del futuro sistema de transportes». Toda la política de los gobiernos de los últimos años ha ido destinada a favorecer al automóvil privado frente al ferrocarril (6).

La política energética plasmada en el Plan Energético Nacional incrementará en un 25% las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2000 (las últimas previsiones reducen tal incremento al 15% o al 10%), no reduce sensiblemente las emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, mantiene el programa nuclear y la dependencia de los combustibles fósiles, y no contempla seriamente ni el aumento de la eficiencia energética ni un mayor aporte de las energías renovables.

Los residuos aumentan, se vierten incontroladamente y se siguen construyendo incineradoras. Ninguna de las tres administraciones realiza una política seria para reducir la generación de residuos. Los residuos emitieron en España en 1990 un total de 2,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y 493.500 toneladas de CH<sub>4</sub>. Tales cifras no incluyen los residuos agrícolas, ganaderos y forestales.

#### 4. AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En 1994 el consumo mundial de energía superó los 9.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). La producción, transformación y consumo final de tal cantidad de energía es la causa principal de la degradación ambiental. El consumo está muy desigualmente repartido, pues los países del Norte, con el 25% de la población mundial, consumen el 66% de la energía, factor este último a tener en cuenta a la hora de repartir responsabilidades de la crisis ambiental causada por la energía.

En España en 1994 el consumo de energía primaria ascendió a 93 millones de Mtep, y el de energía final alcanzó las 63 Mtep. La producción, transformación y uso final de tal cantidad de energía también en España es la causa principal de la degradación ambiental: 9 centrales nucleares en funcionamiento y una cerrada definitivamente, un

grave problema de residuos radiactivos, cerca de un millar de embalses han anegado de forma irreversible 3.000 kilómetros cuadrados, en 1990 las emisiones netas del sector energético ascendieron a 222,9 millones de toneladas de dióxido de carbono, a 757.800 toneladas de metano, 20.900 toneladas de óxido de dinitrógeno, a 2,4 millones de toneladas de dióxido de azufre, 4,95 millones de monóxido de carbono y a 1,25 millones de toneladas de óxidos de nitrógeno (1).

La grave crisis ambiental, el agotamiento de los recursos y los desequilibrios entre el Norte y el Sur, son factores que obligan a acometer una nueva política energética. A corto plazo la prioridad es incrementar la eficiencia energética, pero ésta tiene unos límites económicos y termodinámicos, por lo que a más largo plazo sólo el desarrollo de las energías renovables permitirá resolver los grandes retos del futuro, como son el efecto invernadero, los residuos nucleares y las desigualdades Norte-Sur.

La energía nuclear es cara, peligrosa, contaminante, contribuye a la proliferación nuclear, no es alternativa al cambio climático y crea uno de los mayores problemas ambientales: los residuos radiactivos. La CO-DA, y el movimiento ecologista en su totalidad, propone el cierre de todas las centrales nucleares, y rechaza cualquier emplazamiento definitivo para los residuos radiactivos mientras no se deje de producirlos. Una vez cerradas todas las centrales nucleares los residuos radiactivos se han de mantener en la superficie. La energía nuclear es desde todos los puntos de vista la peor de las fuentes de energía.

Al ritmo actual de extracción, las reservas estimadas (no solo las conocidas o rentables en este momento) de carbón durarán 1.500 años, las de gas natural 120 y las de petróleo no menos de 60 años. La mejora de las tecnologías de extracción incrementará la duración de las reservas, al acceder a las zonas marítimas profundas. No existe, por tanto, un problema de agotamiento de los combustibles fósiles en un horizonte inmediato, aunque el consumo actual es 100.000 veces más rápido que su velocidad de formación, si bien la verdadera cuestión es la de los sumideros, especialmente la atmósfera, en la que se acumula el dióxido de car-

bono y otros gases de invernadero, con el subsiguiente calentamiento de la atmósfera.

El impacto de la demanda de electricidad sobre el medio ambiente (más de 13.000 TWh en todo el mundo y 157 TWh en España) en gran parte puede ser evitado con una política de decidido aumento de la eficiencia energética, de supresión de las subvenciones o de las tarifas artificialmente bajas, como en el caso del aluminio u otros productos intensivos en electricidad, y buscando las alternativas con menor impacto.

La fusión nuclear ni es alternativa, ni limpia, al producir tritio así como otros productos radiactivos, y puede contribuir a la carrera de armamentos. Los vastos recursos y medios hoy destinados a la investigación de la fusión y de la fisión, deber ser empleados para energías renovables, conservación y desarrollo de una economía basada en el hidrógeno como combustible secundario.

La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflictos. Al requerirse menos inversiones en nuevas centrales y en aumento de la oferta, la eficiencia ayuda a reducir la deuda externa, el déficit público, los tipos de interés y el déficit comercial.

Las tecnologías eficientes, desde ventanas aislantes o lámparas fluorescentes compactas a vehículos capaces de recorrer 100 kilómetros con tres o menos litros de gasolina, permiten ya hoy proporcionar los mismos servicios con la mitad del consumo energético, a un coste menor. A un coste medio de 7 pesetas por kWh se puede ahorrar hasta el 65% de la electricidad, proporcionando los mismos servicios, aunque con equipamientos más eficientes.

La cogeneración (producción simultánea de calor y electricidad), la mejora de los procesos y de los productos, el reciclaje y la reorientación de la producción hacia productos menos intensivos en energía, con mayor valor añadido, menos contaminantes, generadores de empleo y socialmente útiles, deben ser desarrollados. Tales cambios crearán empleos en la industria.

Los ahorros posibles en los usos domésti-

cos y en los servicios podrían reducir a la mitad los consumos, con medidas como el aislamiento térmico, electrodomésticos más eficientes y las lámparas fluorescentes compactas.

El cuadro 1 muestra el consumo real de energía primaria en España en 1990 (año de referencia para la Convención sobre el Cambio Climático) y en 1993 (último año con información disponible), en miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep), y sobre todo el consumo de energía primaria propuesto por la CODA para el año 2005. La propuesta de la CODA parte de dos premisas: el abandono de la energía nuclear en el horizonte del año 2005, y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% para el año 2005 respecto al año base de 1990. Para alcanzar tales objetivos es necesario aumentar la eficiencia energética, reducir los consumos energéticos más despilfarradores, y aumentar la participación de las energías renovables.

## 5. POLITICA DE TRANSPORTES

Los medios de transporte que más se han potenciado son los más intensivos en energía, es decir, el transporte por carretera y el aéreo, en menoscabo del ferrocarril, transporte público y medios no motorizados.

La reducción de los consumos unitarios de los vehículos, actuando sobre ellos o sobre la forma de utilizarlos, es necesario pero insuficiente. Tanto o más importante es la reorientación hacia los modos más eficientes, como el ferrocarril, el transporte público y los modos no motorizados, y las actuaciones encaminadas a reducir la demanda, con barrios donde viviendas, trabajo y servicios estén próximos en el espacio, aminorando la segregación espacial y social de las ciudades, y limitando el crecimiento de las grandes áreas metropolitanas.

Las propuestas de la CODA son, en primer lugar, reducir las necesidades de transporte, que no su posibilidad, y en segundo

CUADRO 1

Evolución de la demanda de energía primaria en España (1990-2005), en Ktep (miles de toneladas equivalentes de petróleo)			
Fuente energética	1990	1993	2005
Carbón	19.094	18.459	9.000
Petróleo	47.741	48.672	36.200
Gas Natural	5.000	5.829	17.100
Nuclear	14.138	14.609	—
Saldo internacional	-36	109	—
Hidráulica	2.203	2.067	3.440
Biomasa	3.672	3.786	4.235
Solar Baja Temperatura	41	43	210
Solar Media y Alta Temperatura	—	—	5
Fotovoltaica	0,2	0,7	110
Eólica	3	10	410
Geotermia	3	3,4	150
<b>TOTAL</b>	<b>91.859</b>	<b>93.588</b>	<b>70.860</b>

Metodología AIE.

Fuente: Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales para 1990 y 1993, y CODA para el año 2005.



lugar tratar de que el mayor número de desplazamientos de personas y de mercancías tenga lugar en los modos de transporte más eficientes, como es el ferrocarril para los desplazamientos interurbanos, frente a los automóviles privados y camiones. El ferrocarril, al contrario de lo que propugna el PDI del gobierno, debería elevar su participación, hasta alcanzar el 30% del tráfico de mercancías (sólo el 5,8% en 1990) y el 25% de viajeros (7,3% en 1990) antes del año 2007. Tal participación puede alcanzarse sin grandes dificultades, pero para ello se requiere una clara voluntad política, materializada en las inversiones necesarias para mejorar el conjunto de la red, la seguridad, la gestión y los servicios, elevando las tarifas en una proporción inferior al del Índice de Precios al Consumo (6).

Una política decidida, clara y bien estructurada, para reducir la necesidad de desplazarse, que no su posibilidad, y para orientar la demanda hacia los modos más eficientes de transporte, significaría una sensible reducción del consumo de energía, de la contaminación atmosférica y del ruido, menor ocupación de espacio, reducción del tiempo empleado en desplazarse, menor número de accidentes, inversiones más reducidas en la infraestructura viaria y una mejora general de la habitabilidad de las ciudades.

Disminuir las necesidades de transporte, tanto en el número de desplazamientos como en la longitud de éstos, debería ser el norte que presida la política en el sector, lo que indudablemente no es fácil, dada la segregación espacial y social de las áreas metropolitanas, la inercia en los hábitos de vida, y sobre todo los intereses de las multinacionales del automóvil y de las empresas constructoras de infraestructuras.

Una política alternativa debería recuperar la ciudad, favorecer la proximidad entre el lugar de residencia y el trabajo, no permitir abrir ni un sólo hipermercado más, revitalizar el pequeño comercio de barrio próximo a nuestras viviendas y generador de miles de empleos, frenar la terciarización del centro de las ciudades, mezclar las actividades en lugar de segregadas en el espacio y poner coto a la tiranía del automóvil, recuperando calles, bulevares y plazas para caminantes, ciclistas y niños. La zonificación hoy carece

de sentido, pues la mayoría de las industrias y servicios apenas presentan problemas ambientales. Una ciudad con alta densidad, con viviendas, oficinas, comercios, guarderías, escuelas, hospitales y zonas verdes mezcladas, y drásticas restricciones del empleo del automóvil, es la mejor y única alternativa a los problemas actuales. ¿Utopía? La utopía es la generalización del automóvil con todas sus consecuencias ambientales, sociales y económicas.

El incremento de la accesibilidad del vehículo privado al centro de las ciudades, es una de las causas de la segregación espacial, y mas que dar respuestas a una demanda existente con anterioridad, la crean, permitiendo que las viviendas estén cada vez más alejadas del lugar de trabajo, de los centros comerciales, de enseñanza y de los servicios en general. Una política distinta al callejón sin salida de la práctica actual debería aumentar solo en lo imprescindible la oferta de nuevos medios de transporte, y dentro de éstos, beneficiar a los menos dañinos. Bajo este punto de vista la prioridad, en orden decreciente, sería la siguiente: el peatón, la bicicleta, el transporte público urbano menos contaminante (tranvía, trolebús), el ferrocarril, el autobús, y en último lugar el automóvil privado y el camión para el transporte de mercancías. Lo contrario de lo que ahora se hace.

El establecimiento de amplias áreas peatonales, sin aparcamientos subterráneos en sus proximidades, los carriles-bicicleta, un diseño urbano que favorezca a los no motorizados (peatones y ciclistas) y la mejora de la accesibilidad a los puntos de toma del transporte público, deben ir acompañadas de estrategias encaminadas a evitar las horas punta, causa principal del sobredimensionamiento de la infraestructura viaria, y su consecuente subutilización en horas valle, estableciendo la jornada continua (menos desplazamientos) y escalonando las horas de entrada y salida de centros laborales, escolares y comerciales, así como las vacaciones. Una economía ecológica, más local y menos orientada hacia mercados internacionales, reduce el flujo de mercancías y el absurdo de bienes producidos en un lugar para ser vendidos en otro país, mientras se importa un producto idéntico de un tercer país, úni-

camente porque los salarios son inferiores y los bajos costes de transporte no encarecen el producto.

El transporte por carretera no paga su coste real. El Estado, los gobiernos regionales y los municipios han hecho inversiones públicas para construir carreteras, autovías, vías de circunvalación y calles al servicio del automóvil. Por otro lado ni los fabricantes de vehículos ni los usuarios pagan directamente las «externalidades» que todos sufrimos, como la contaminación, el ruido, los accidentes de tráfico, las lluvias ácidas, el cambio climático o los residuos generados por los coches al final de su vida útil.

Tales factores deben ser tomados en consideración cuando se habla del déficit de los ferrocarriles, metro y transporte público en general. El llamado déficit del transporte público no se puede subsanar a través del aumento de las tarifas, que lo único que conseguirían es aumentar el número de motorizados, pues tal déficit queda ampliamente compensado por otras ventajas, como el ahorro energético, de ruido, de contaminación, de infraestructuras y de congestión.

En el caso de las grandes ciudades, en vez de construir nuevas y carísimas líneas de metro, se deberían construir líneas de tranvías, más eficientes, al no requerir servicios auxiliares (escaleras mecánicas, iluminación de túneles) más baratos (la infraestructura cuesta menos de la mitad que la del metro) y agradables y cómodos. El tranvía no contamina y es sin lugar a dudas el transporte público ideal, como han comprendido los gobiernos municipales de numerosas ciudades. Hoy más de 300 ciudades, en 26 países, cuentan con modernos sistemas de tranvías. A sus ventajas se une la de quitarle un poco de espacio al coche, que fue la única razón para su desaparición en los años en que el automóvil era visto como la quintaesencia de la libertad y de la movilidad. El tranvía es el medio más indicado para densidades medias comprendidas entre las 2.500 y las 8.000 plazas/hora en cada sentido, mientras que el autobús sólo es apropiado para densidades bajas (inferiores a 2.500 plazas/hora) y el metro sólo debería ser construido cuando las densidades superan las 12.000 plazas/hora/sentido. Una adecuada jerarquización de los medios de transporte públi-

co (taxis, microbuses, autobuses, tranvías, trolebuses, tranvía rápido o pre-metro, metro, ferrocarril, intercambiadores de transporte), complementada con los modos no motorizados, como el caminar y la bicicleta, y las nuevas tecnologías (fax, modem, las llamadas autopistas de la información, entre otras) permitiría reducir considerablemente el uso del automóvil, y consecuentemente la emisión de CO<sub>2</sub>.

Los trenes españoles son lentos y caros, debido a una política de desidia y de abandono por parte de la administración, gracias a la cual nuestro ferrocarril es el furgón de cola de Europa. De seguir la política actual el ferrocarril se extinguirá prácticamente como medio de transporte, con la única excepción del AVE en las líneas de gran densidad y los servicios de cercanías en las grandes áreas metropolitanas, como Madrid.

Las causas de la pérdida de competitividad son las altas tarifas y la baja velocidad, debido al perfil y al trazado de las líneas, y la ausencia de doble vía. Solo el 66% de la red está en línea recta, mientras que más de un 15% del trazado son curvas con radio menor de 500 metros, a la vez que casi el 80% está en rampa. Tan sólo el 16% de la red tiene doble vía, mientras que en Francia es el 44% y en Alemania el 43%.

El ferrocarril es el medio de transporte que menos energía consume, el más rápido, cómodo, seguro, el que menos contamina y menos espacio ocupa, características que lo convierten en el transporte ideal para el tráfico de mercancías y de pasajeros. Las razones para potenciar el ferrocarril son claras, y sin embargo el gobierno practica una sistemática política de abandono y cierre de líneas, destinando los únicos fondos disponibles a actuaciones faraónicas e innecesarias, pero muy vendibles a un electorado poco informado, como el AVE Madrid-Sevilla o las nuevas líneas contempladas en el PDI.

Las ventajas del caminar o de la bicicleta son tan evidentes que no es necesario justificarlas, y sin embargo parecería que son las peores alternativas, pues andar a pie o en bicicleta es una carrera de obstáculos, e incluso una forma de vivir peligrosamente. Pero para que los modos no motorizados sean viables hay que atenuar el tráfico privado, en-

sanchar las aceras, impedir que los coches aparquen en cualquier lugar, ampliar las áreas peatonales y no sólo en ciertas áreas comerciales de los centros históricos. Los ayuntamientos deben crear áreas peatonales en todos los barrios, concebidas como lugares de encuentro, de juego de los niños y de convivencia. En caso de conflicto entre el peatón y el automóvil, el peatón siempre tiene razón, y a este respecto es especialmente criticable el diseño de las glorietas y ciertas avenidas, donde el peatón ha de dar enormes rodeos para no entorpecer al automóvil, o el ancho de las aceras, siempre en función del coche, o los semáforos que obligan a cruzar a la carrera o con grave riesgo para la vida del no motorizado.

La bicicleta puede y debe entrar a formar parte de nuestra vida cotidiana, al igual que en otros países; para ello es necesario crear vías para bicicletas, aparcamientos, conexiones con las paradas de transporte público, mejorar las condiciones ambientales y sobre todo la seguridad.

## 6. LAS ENERGIAS RENOVABLES

Las energías renovables podrían solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica. Las energías renovables podrían cubrir un tercio del consumo de electricidad y reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 20% para el año 2005.

Pero para ello es necesario invertir unos 80.000 millones de pesetas anuales, de los que 20.000 provendrían de fondos públicos. La vía actual, plasmada en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE), integrado en el Plan Energético Nacional, con unas inversiones ridículas en renovables, conducen a un callejón sin salida.

Las energías renovables cubrieron en 1993 el 6,5% por ciento del consumo energético español (6 Mtep sobre un total de 93 Mtep), correspondiendo el 36 por ciento a la hidráulica, el 62,3% (3,7 Mtep) a la biomasa y cantidades pequeñas, pero ya significativas, a las energías solar, geotérmica y eólica (8). En

tales cifras no se incluye el aporte solar directo, gracias al cual el consumo de calefacción y agua caliente en España es muy inferior al de otros países europeos situados en latitudes más frías.

Bajo la denominación de energías renovables, alternativas o blandas, se engloban una serie de fuentes energéticas que a veces no son nuevas, como la leña o las centrales hidroeléctricas, ni renovables en sentido estricto (geotermia), y que no siempre se utilizan de forma blanda o descentralizada, y su impacto ambiental puede llegar a ser importante, como los embalses para usos hidroeléctricos o los monocultivos para biocombustibles. Actualmente suministran un 20% del consumo mundial (4,3% en la Unión Europea) (9), siendo su potencial enorme, aunque dificultades de todo orden han retrasado su desarrollo en el pasado.

Con la excepción de la geotermia, la totalidad de las energías renovables derivan directa o indirectamente de la energía solar. Directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras. Las energías renovables, a lo largo de la historia y hasta bien entrado el siglo XIX, han cubierto la práctica totalidad de las necesidades energéticas del hombre. Sólo en los últimos cien años han sido superadas, primero por el empleo del carbón, y a partir de 1950 por el petróleo y en menor medida por el gas natural; la energía nuclear (427 centrales nucleares en 1994) cubre una parte insignificante del consumo mundial, y a pesar de algunas previsiones optimistas, su papel probablemente será siempre marginal.

Aún hoy, para más de dos mil millones de personas de los países del Sur, la principal fuente energética es la leña, afectada por una auténtica crisis energética, a causa de la deforestación y al rápido crecimiento demográfico. La biomasa, y fundamentalmente la leña, suministra un 14% del consumo mundial, cifra que en los países del Sur se eleva al 35% globalmente, aunque en Tanzania llega al 90% y en la India supera el 50%; en el país más rico, Estados Unidos, representa el 4% del consumo global, porcentaje superior al de la energía nuclear.

## 6.1. El potencial de las energías renovables en España

En 1993 había instalados en España 302.641 metros cuadrados de colectores solares (produjeron en 1993 el equivalente a 42.900 toneladas equivalentes de petróleo, tep), 4,7 Mwp de módulos fotovoltaicos con una producción en 1993 de 8,7 GWh, numerosos aerogeneradores eólicos con una potencia global de 51,7 Mwe (116,8 GWh en 1993), varios cientos de centrales hidroeléctricas con una potencia de 17.332 megavatios (25.173,4 GWh en 1993) y una decena de instalaciones geotérmicas con una producción de solo 3.400 tep en 1993.

El potencial de las energías renovables en España, aún con las limitaciones actuales de tecnología y costes económicos, es muy elevado. En el año 2005, si la Administración acometiese una decidida política de empleo de las energías renovables, éstas, excluyendo la hidráulica, podrían llegar a proporcionar 5,12 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). Tal cifra debería crecer rápidamente a partir del año 2005, para al-

canzar las 11 Mtep en el año 2020, excluyendo la energía hidráulica, cuyo aporte debería incrementar muy moderadamente, hasta alcanzar los 40 Twh (1 Twh = mil millones de kWh) en el año 2005.

Los cuadros 2 y 3 muestran el posible aporte de las energías renovables al balance energético español.

## 6.2. Desde la antigua Grecia a hoy

El uso pasivo de la energía solar se inició en un pasado muy lejano. En la antigua Grecia Sócrates señaló que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno, explicando que «en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra». En la época de los romanos, la garantía de los derechos al sol quedó incorporada en la ley romana, y así, el Código de Justiniano, recogiendo códigos anteriores,

**CUADRO 2**  
**EVOLUCION DEL APORTE DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN ESPAÑA**  
**EN MILES DE TONELADAS EQUIVALENTES DE PETRÓLEO (KTEP)**  
**Y EN PETAJULIOS (PJ)**

	1993	2005	2005	2020	2020
	KTEP	KTEP	PJ	KTEP	PJ
Hidráulica	2.067	3.440	144,0	3.530	147,8
Biomasa	3.786	4.235	177,3	5.800	242,8
Solar bajas temperaturas	43	210	8,8	420	17,6
Solar medias y altas temperaturas	—	5	0,2	50	2,1
Fotovoltaica	0,7	110	4,6	2.800	117,2
Eólica	10	410	17,2	1.050	44,0
Geotermia	3,4	150	6,3	450	18,8
<b>TOTAL</b>	<b>5.910,1</b>	<b>8.560</b>	<b>358,4</b>	<b>14.100</b>	<b>590,3</b>

Fuente: CODA

**CUADRO 3**  
**APORTACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A LA PRODUCCIÓN**  
**DE ELECTRICIDAD EN TWH**

	1993	2005	2020
Hidroeléctrica	25,2	40,0	41,0
Biomasa	0,1	2,3	3,1
Eólica	—	4,8	12,2
Fotovoltaica	—	1,3	32,5
Otras energías renovables	0,1	—	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>25,4</b>	<b>48,4</b>	<b>89,1</b>

Fuente: CODA

señalaba que «si un objeto está colocado en manera de ocultar el sol a un «heliocaminus», debe afirmarse que tal objeto crea sombra en un lugar donde la luz solar constituye una absoluta necesidad. Esto es así en violación del derecho del heliocaminus al sol». Arquímedes, 212 años antes de Cristo, según la leyenda, utilizó espejos incendiarios para destruir los barcos romanos que sitiaban Siracusa. Roger Bacon, en el siglo trece, propuso al Papa Clemente IV el empleo de espejos solares en las Cruzadas, pues «este espejo quemaría ferozmente cualquier cosa sobre la que se enfocara. Debemos pensar que el Anticristo utilizará estos espejos para incendiar ciudades, campos y armas».

En 1839, el científico francés Edmund Becquerel descubre el efecto fotovoltaico y en 1954 la Bell Telephone desarrolla las primeras células fotovoltaicas, aplicadas posteriormente por la NASA a los satélites espaciales Vanguard y Skylab, entre otros.

La llamada arquitectura bioclimática, heredera de saber de la arquitectura popular, es la adaptación de la edificación al clima local, reduciendo considerablemente el gasto en calefacción y refrigeración, respecto a la actual edificación. Es posible conseguir, con un consumo mínimo, edificios confortables y con oscilaciones de temperatura muy pequeñas a lo largo del año, aunque en el exterior las variaciones climáticas sean muy acusadas. El diseño, la orientación, el espe-

sor de los muros, el tamaño de las ventanas, los materiales de construcción empleados y el tipo de acristalamiento, son algunos de los elementos de la arquitectura solar pasiva, heredera de la mejor tradición arquitectónica. Inversiones que rara vez superan el diez por ciento del coste de la edificación, permiten ahorros energéticos de hasta un 80% del consumo, amortizándose rápidamente el sobrecoste inicial.

El uso de la energía solar en la edificación, presupone la desaparición de una única tipología constructiva, utilizada hoy desde las latitudes frías del norte de Europa hasta el Ecuador. Si la vivienda no se construye adaptada al clima, calentarla o refrigerarla siempre será un grave problema que costará grandes cantidades de energía y dinero.

### 6.3. Energía solar

La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y diez mil veces superior al consumo actual. El sol es la única fuente de materia orgánica y de energía vital en la Tierra, y aunque a veces nos pasa desapercibido, ya hoy estamos utilizando masivamente la energía solar, en forma de alimentos, leña o energía hidroeléctrica.

# TRES PLANES PARA MEJORAR



## UN PLAN PARA ACABAR CON LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

El Plan Nacional de Residuos Peligrosos in-



vertirá en colaboración con las Comunidades Autónomas 180.000 millones de pesetas de aquí al año 2000. El objetivo es reducir en origen un 40% de los 3,4 millones de toneladas anuales de residuos peligrosos que



se generan en nuestro país y tratar adecuadamente el resto. El Plan da prioridad a las actuaciones de reducción, reciclaje y reutilización. También incluye la construcción de una red estatal de depósitos de seguridad que completará las infraestructuras de tratamiento actuales. Con este plan, los residuos peligrosos estarán controlados.

## UN PLAN PARA LOS SUELOS CONTAMINADOS.



El Plan Nacional de Descontaminación de Suelos pre-

vé una inversión pública del Estado y de las Comunidades Autónomas de 132.888 millones de pesetas hasta el año 2005 para recuperar 275 emplazamientos contaminados. Da prioridad a los lugares ya identificados como de mayor riesgo para actuar sobre 38 millo-

# PARAR EL MEDIO AMBIENTE.



## A LIMPIAR LOS NADOS.

s de metros cúbicos de  
elo y más de 9 millones  
metros cúbicos de  
guas subterráneas. Du-  
nte ese período se estu-  
arán otros 1.650 em-  
azamientos contamina-  
s, que ya han sido loca-  
ados, para limpiarlos.  
te plan devolverá a los  
elos la posibilidad de  
s usos más diversos sin  
ligro para el entorno.

## UN PLAN PARA QUE LAS AGUAS VUELVAN LIMPIAS A LOS RÍOS.

El Plan Nacional de  
Depuración de Aguas  
Residuales es  
el de mayor  
envergadu-  
ra econó-  
mica: Más de 1,8 bi-  
llones de pese-  
tas en el período  
1995-2005.  
Así podremos  
cumplir con las exi-  
gencias de la Unión Eu-  
ropea para depurar todas  
las aguas residuales.  
En colaboración con  
las Comunidades Au-

rónomas  
vamos a  
atender  
las nece-  
sidades de depuración de  
ese 60% de población que—  
todavía no limpia sus  
aguas. Con este  
gran esfuerzo,  
volverá la vida a  
nuestros ríos y a  
su entorno. El agua de  
sus cauces se podrá uti-  
lizar sin riesgos.



Ministerio de Obras Públicas, Transportes  
y Medio Ambiente

ACORTADO DISTANCIAS

Los mismos combustibles fósiles, cuya quema está en el origen del deterioro ambiental, no son otra cosa que energía solar almacenada a lo largo de millones de años. La fotosíntesis es hoy el empleo más importante de la energía solar, y la única fuente de materia orgánica, es decir, de alimentos y biomasa.

Aunque todas las fuentes energéticas, salvo la geotermia y la nuclear, proceden del sol, en la acepción actual el término solar tiene un significado restringido al empleo directo de la energía del sol, ya sea en forma de calor o de luz. El sol sale para todos cada día y seguirá enviándonos asombrosas cantidades de calor y de energía, ajeno al aprovechamiento que podamos hacer de ella. Su mayor virtud es también su mayor defecto, al tratarse de una forma de energía difusa y poco concentrada, y de ahí las dificultades que entraña el aprovechamiento directo de la radiación solar, en una sociedad en la que el consumo de energía se concentra en unas pocas fábricas industriales y grandes metrópolis.

La distribución de la radiación solar registra grandes variaciones geográficas, pues va desde dos kWh por m<sup>2</sup> y día en el norte de Europa a 8 kWh por m<sup>2</sup> en el desierto del Sahara. Igualmente importantes son las variaciones diarias y estacionales de la radiación solar, y sus dos componentes, la radiación directa y la difusa. La radiación directa es la recibida del sol cuando el cielo está despejado, y la difusa la que resulta de reflejarse en la atmósfera y las nubes. Algunos equipos utilizan ambas, y otros sólo la directa, como es el caso de las centrales de torre.

El aprovechamiento de la energía solar puede ser indirecto, a través del viento (eólica) y la evaporación del agua (hidráulica), entre otras formas, o directo, mediante la captación térmica activa o pasiva y merced a la captación fotónica. Ejemplos de esta última es la captación fotoquímica que realizan las plantas, el efecto fotoeléctrico, origen de las actuales células fotovoltaicas.

La producción de hidrógeno por fotólisis es un proceso aún inmaduro tecnológicamente y cuya viabilidad es necesario demostrar, lo que requerirá enormes inversiones en investigación; si algún día se llegará a pro-

ducir hidrógeno comercialmente, a precios competitivos, y a partir de dos factores tan abundantes como son el agua y la energía solar, los problemas energéticos y ambientales quedarían resueltos, pues el hidrógeno, a diferencia de otros combustibles, no es contaminante. Otra forma de producir hidrógeno es por electrólisis, pero éste es un proceso que requiere grandes cantidades de electricidad, la cual puede obtenerse merced a las células fotovoltaicas, almacenando de esta forma la energía solar. En cualquier caso en las próximas décadas entraremos en una economía basada en el hidrógeno como combustible secundario; su combustión apenas contamina. La energía primaria para su obtención será la solar u otras con características similares, como es el caso de la fusión (no la fisión) nuclear, aunque ésta puede plantear graves problemas ambientales, tecnológicos e incluso económicos, al igual que hoy sucede con la fisión del uranio. Los únicos impactos negativos se podrían dar en el caso hipotético de grandes centrales solares en el espacio, y en menor medida en las centrales de torre central, debido al empleo en éstas de sustancias potencialmente contaminantes, utilizadas para la acumulación y transmisión del calor. Otro posible efecto es el uso del territorio, debido a las grandes superficies requeridas, aunque un país como España podría resolver todas sus necesidades de electricidad con apenas 900 km<sup>2</sup>, el 0,2 % de su territorio. Todas las necesidades energéticas mundiales se podrían cubrir ocupando sólo unos 300.000 km<sup>2</sup> con células fotovoltaicas.

El colector solar plano, utilizado desde principios de siglo para calentar el agua hasta temperaturas de 80 grados centígrados, es la aplicación más común de la energía térmica del sol.

Países como Japón, Israel, Chipre o Grecia han instalado varios millones de unidades, si bien el momento actual de bajos precios del petróleo no es precisamente el más favorable. En países como España o Italia, producir agua caliente con colectores solares en 1995 sale más caro que hacerlo con productos derivados del petróleo, debido, probablemente, a que los colectores solares se hacen de forma artesanal y en pequeñas series, lo que sin duda encarece los costes.



Hoy existen en España 10 fabricantes de colectores para un mercado que no llega a los 10.000 m<sup>2</sup> anuales y a los 600 millones de pesetas.

Los elementos básicos de un colector solar plano son la cubierta transparente de vidrio y una placa absorbente, por la que circula el agua u otro fluido caloportador. Otros componentes del sistema son el aislamiento, la caja protectora y un depósito acumulador. Cada metro cuadrado de colector puede producir anualmente una cantidad de energía equivalente a cien kilogramos de petróleo. Las aplicaciones más extendidas son la generación de agua caliente para hogares, piscinas, hospitales, hoteles y procesos industriales, y la calefacción, empleos en los que se requiere calor a bajas temperaturas y que pueden llegar a representar más de una décima parte del consumo. A diferencia de las tecnologías convencionales para calentar el agua, las inversiones iniciales son elevadas y requieren un periodo de amortización comprendido entre 5 y 7 años, si bien, como es fácil deducir, el combustible es gratuito y los gastos de mantenimiento son bajos.

Más sofisticados que los colectores planos son los colectores de vacío y los colectores de concentración, más caros, pero capaces de lograr temperaturas más elevadas, lo que permite cubrir amplios segmentos de la demanda industrial e incluso producir electricidad. Los colectores solares de concentración lineal son espejos cilíndro-parabólicos, que disponen de un conducto en la línea focal por el que circula el fluido caloportador, capaz de alcanzar los 400 grados centígrados. Con tales temperaturas se puede producir electricidad y calor para procesos industriales. En Estados Unidos operan más de cien mil metros cuadrados de concentradores lineales, y la empresa «Luz International», lleva ya instaladas en California seis centrales para producir electricidad, con una potencia de 354 Mw eléctricos (1 Mw = 1000 Kw), y unos rendimientos satisfactorios. El coste del kWh asciende a 15 centavos de dólar, todavía superior al convencional, pero interesante en numerosas zonas alejadas de la red de distribución que tengan buena insolación. Las perspectivas son halagüeñas, a pesar de algunos fracasos,

como probó la quiebra de Luz en 1991 y su posterior venta.

Los colectores puntuales son espejos parabólicos en cuyo foco se dispone un receptor, en el que se produce el calentamiento del fluido de transferencia, posteriormente enviado a una turbina centralizada, o se instala directamente un motor. Más discutibles son las llamadas centrales solares de torre central consistentes en numerosos espejos de gran superficie (heliostatos) que, gracias a la orientación constante, concentran la radiación solar en un receptor de vapor situado en lo alto de una torre. Los resultados obtenidos hasta ahora en las centrales de Almería (España), Solar One en Dagett (EE UU), CES en Crimea y Themis en Francia, entre otras, no son muy alentadores. El desarrollo de heliostatos de bajo coste, utilizando nuevos materiales como el poliéster, la fibra de vidrio o las membranas tensionadas de fibra de grafito y receptores más fiables y eficientes, puede abrir nuevas posibilidades al empleo de la energía solar para la obtención de electricidad.

Los precios actuales de los colectores solares planos en España, duplican a los de otras fuentes competitivas. Claro que estos costes no toman en consideración los problemas ambientales, la dependencia energética y la necesidad de ir sustituyendo paulatinamente los combustibles fósiles por energías renovables. Un objetivo voluntarista, pero posible de alcanzar, sería tener instalados para el año 2005 un total de 3.230.000 m<sup>2</sup> de colectores solares. Tal cifra permitiría ahorrar 210 Ktep de otros combustibles (8,8 PJ). La inversión necesaria para alcanzar tal objetivo asciende a 150.000 Mpta, de los que 20.000 Mpta deberían de ser ayudas de la Administración.

La demanda potencialmente atendible con colectores solares planos asciende a 6,1 Mtep, aunque el objetivo propuesto sólo aspira a cubrir el 3% del consumo español de energía para bajas temperaturas. Alcanzar tal cifra implica un apoyo decidido de la Administración, y la obligación de instalar colectores solares planos en las viviendas de nueva construcción, con el fin de cubrir entre el 50 y el 75 % de las necesidades de ACS en las nuevas viviendas.

La producción de electricidad a partir de

células fotovoltaicas en 1995 es aún seis veces más cara que la obtenida en centrales de carbón, pero hace tan solo una década era dieciocho veces más. En 1960 el coste de instalar un solo vatio de células fotovoltaicas, excluyendo las baterías, transformadores y otros equipos auxiliares, ascendía a 2.000 dólares; en 1975 era ya sólo 30 dólares y en 1995 es de 5 dólares. Si en 1975 el kWh costaba alrededor de 1.200 pesetas, el precio actual está entre 40 y 60 pesetas (13, 25), lo que permite que el empleo de células fotovoltaicas para producir electricidad en lugares alejados de las redes de distribución ya compita con las alternativas existentes, como generadores eléctricos a partir del petróleo.

Hoy, en Estados Unidos la producción de un kWh cuesta de 4 a 8 centavos de dólar en una central de carbón, de 5 a 10 en una de petróleo y de 25 a 30 centavos utilizando células fotovoltaicas. En los próximos 3 años se espera reducir el coste del kWh a 12 centavos de dólar, a 10 para antes del año 2000 y a 4 centavos para el 2030. Claro que en los costes anteriores no se incluyen los resultados del deterioro causado al ambiente por las distintas maneras de producir la electricidad.

El efecto fotovoltaico, descubierto por Becquerel en 1839, consiste en la generación de una fuerza electromotriz en un dispositivo semiconductor, debido a la absorción de la radiación luminosa. Las células fotovoltaicas convierten la energía luminosa del sol en energía eléctrica, con un único inconveniente: el coste económico todavía muy elevado para la producción centralizada. Sin embargo, las células fotovoltaicas son ya competitivas en todos aquellos lugares alejados de la red y con una demanda reducida, como aldeas y viviendas sin electrificar, repetidores de televisión, balizas, agricultura, faros, y últimamente calculadoras y otros bienes de consumo. A lo largo de toda la década el mercado fotovoltaico creció a ritmos anuales superiores al 40%; entre 1971 y 1994 se han instalado en el mundo 515 megavatios de células fotovoltaicas.

Actualmente la mayoría de las células fotovoltaicas son de silicio monocristalino de gran pureza, material obtenido a partir de la arena, muy abundante en la naturaleza. La purificación del silicio es un proceso muy

costoso, debido a la dependencia del mercado de componentes electrónicos, que requiere una pureza (silicio de grado electrónico) superior a la requerida por las células fotovoltaicas. La obtención de silicio de grado solar, directamente del silicio metalúrgico, cuya pureza es del 98%, abarataría considerablemente los costes, al igual que la producción de células a partir del silicio amorfo u otros procedimientos, hoy en avanzado estado de investigación y cuyos resultados pueden ser decisivos en la próxima década. La multinacional BP produce células de alto rendimiento en su fábrica de Madrid, la denominada LGBG (Laser Grooved Buried Grid) Saturno. El apoyo institucional, abriendo nuevos mercados, puede acortar el tiempo necesario para la plena competitividad de las células fotovoltaicas.

La superficie ocupada no plantea problemas. En el área mediterránea se podrían producir 90 millones de kWh anuales por kilómetro cuadrado de superficie cubierta de células fotovoltaicas, y antes del año 2000, con los rendimientos previstos, se alcanzarán los 150 millones de kWh por km<sup>2</sup>. Por lo que se refiere al almacenamiento, la producción de hidrógeno por electrólisis y su posterior empleo para producir electricidad u otros usos, puede ser una óptima solución.

Para el año 2005 se podrían llegar a alcanzar los 500 Mwp, cifra importante si se comparan con los 5 megavatios de 1994, pero no descabellada, dadas las claras perspectivas de competitividad que se abren con las nuevas tecnologías. Tal cifra irá destinada a la electrificación rural, a señalización y comunicación, y a los usos agrícolas y ganaderos, aunque deberían igualmente instalarse algunas centrales destinadas al suministro a la red. En España, con una radiación solar diaria superior en la casi totalidad del territorio a 4 kWh por metro cuadrado, el potencial es inmenso. Sólo en los tejados de las viviendas españolas se podrían producir anualmente 180 Twh, cifra superior al consumo de 137 Twh en 1993.

Un objetivo viable sería llegar a producir 1,3 Twh fotovoltaicos en el año 2005, fecha a partir de la cual la fotovoltaica debería experimentar un rápido desarrollo, para alcanzar los 32,5 Twh en el año 2020. De alcanzarse tales cifras dejarían de emitirse a

la atmósfera en el año 2020 un total de 34 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (1,35 millones en el 2000), 97 mil toneladas de NO<sub>x</sub> y 96 mil toneladas de SO<sub>2</sub>, entre otras sustancias, siempre que la fotovoltaica sustituya al carbón en la generación eléctrica. Mayores beneficios se lograrían sustituyendo a la energía nuclear: 118 mil toneladas de residuos radiactivos en el año 2020 dejarían de producirse, sin incluir la minería del uranio, ahorrando igualmente problemas de seguridad y de proliferación nuclear. Para alcanzar tales objetivos se requerirán unas inversiones importantes, pero posibles: 185.000 Mpta entre 1996 y el año 2005, 13.000 millones de PTA anuales, al objeto de superar las actuales barreras tecnológicas y de economías de escala.

#### 6.4. Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina. La electricidad generada por una caída de agua depende de la cantidad y de la velocidad del agua que pasa a través de la turbina, cuya eficiencia puede llegar al 90%.

El aprovechamiento eléctrico del agua no produce un consumo físico de ésta, pero puede entrar en contradicción con otros usos agrícolas o de abastecimiento urbano, y sobre todo, las grandes centrales tienen un gran impacto ambiental. Las centrales hidroeléctricas en sí mismas no son contaminantes; sin embargo, su construcción produce numerosas alteraciones del territorio y de la fauna y flora: dificulta la migración de peces, la navegación fluvial y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, provoca una disminución del caudal del río, modifica el nivel de las capas freáticas, la composición del agua embalsada y el microclima, y origina la sumersión de tierras cultivables y el desplazamiento forzado de los habitantes de las zonas anegadas. En la mayoría de los casos es la forma más barata de producir electricidad, aunque los costes ambientales no han sido seriamente considerados.

El potencial eléctrico aún sin aprovechar es enorme. Apenas se utiliza el 17% del potencial a nivel mundial, con una gran dispa-

ridad según los países. Europa ya utiliza el 60% de su potencial técnicamente aprovechable. Al contrario, los países del tercer mundo solamente utilizan del 8% de su potencial hidráulico. En España el potencial adicional técnicamente desarrollable podría duplicar la producción actual, alcanzando los 65 Twh anuales, aunque los costes ambientales y sociales serían desproporcionados. Las minicentrales hidroeléctricas causan menos daños que los grandes proyectos, y podrían proporcionar electricidad a amplias zonas que carecen de ella.

La propuesta de la CODA no considera la construcción de ninguna nueva gran central, centrandose en la rehabilitación de las minicentrales cerradas, mejora de las existentes y aprovechamiento hidroeléctrico de los embalses que carecen de él. Tales acciones permitirían incrementar la producción anual en 6 ó 7 Twh, sin ningún impacto ambiental adicional, hasta alcanzar los 40 Twh en un año medio (ni muy seco ni especialmente lluvioso). Las inversiones necesarias ascienden a 250.000 Mpta.

#### 6.5. Energía eólica

La energía eólica es una variante de la energía solar, pues se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades de relieve de la superficie terrestre. Sólo una pequeña fracción de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinética del viento y sin embargo ésta alcanza cifras enormes, superiores en varias veces a todas las necesidades actuales de electricidad.

La potencia que se puede obtener con un generador eólico es proporcional al cubo de la velocidad del viento; al duplicarse la velocidad del viento la potencia se multiplica por ocho, y de ahí que la velocidad media del viento sea un factor determinante a la hora de analizar la posible viabilidad de un sistema eólico. La energía eólica es un recurso muy variable, tanto en el tiempo como en el lugar, pudiendo cambiar mucho en distancias muy reducidas. En general, las zonas costeras y las cumbres de las montañas son las más favorables y mejor dotadas para el aprovechamiento del viento con fines energéticos.

La conversión de la energía del viento en electricidad se realiza por medio de aerogeneradores, con tamaños que abarcan desde algunos vatios hasta los 4.000 kilovatios (4Mw). Los aerogeneradores se han desarrollado intensamente desde la crisis del petróleo en 1973, habiéndose construido desde entonces más de 100.000 máquinas. Actualmente la capacidad instalada asciende a 3000 Mw, equivalente a tres grandes centrales nucleares; California, en Estados Unidos, concentra más de la mitad de la potencia eólica instalada en el mundo. Otros países, además de Estados Unidos, han investigado y desarrollado intensamente la energía eólica en los últimos años, destacando Dinamarca, Holanda y Alemania.

En 1995 ya es competitiva la producción de electricidad con generadores eólicos de tamaño medio (de 150 a 300 kw) y en lugares donde la velocidad media del viento supera los 7 metros por segundo. Se espera que dentro de unos pocos años también las máquinas grandes (entre 1 y 2 Mw) lleguen a ser rentables. La energía eólica no contamina y su impacto ambiental es muy pequeño comparado con otras fuentes energéticas. De ahí la necesidad de acelerar su implantación en todas las localizaciones favorables, aunque procurando reducir las posibles repercusiones negativas, especialmente en las aves, en algunas localizaciones.

El carbón, y posteriormente la electricidad, dieron al traste con el aprovechamiento del viento hasta la crisis energética de 1973, año en que suben vertiginosamente los precios del petróleo y se inicia el renacimiento de una fuente cuya aportación en las próximas décadas, puede llegar a cubrir una décima parte de las necesidades de electricidad sin cambios en la gestión de la red de distribución. Las mejores zonas eólicas en España son, en orden decreciente, las siguientes: Islas Canarias, Zona del Estrecho, costa Gallega y valle del Ebro.

Alcanzar los 2.000 Mwe en el año 2005 es un objetivo ambicioso, pero factible técnica y económicamente, dadas las ventajas de la energía eólica: reducido impacto ambiental, recurso renovable, independencia de las importaciones e impacto positivo en la generación de empleo. Se debe desarrollar una industria capaz de producir en serie y a cos-

tes competitivos un total de 200 Mw anuales. Las inversiones totales para el periodo 1996-2005 ascienden a 300.000 Mpta, cantidad equivalente o inferior a la de una central nuclear de 1.000 Mwe.

Los costes de la eólica son ya casi competitivos con los de las energías convencionales: 180.000 PTA el Kw instalado y 9,2 PTA el Kwh en España, cifras superiores a las de Dinamarca o Estados Unidos. El coste medio europeo es de 1.575 dólares el Kw instalado, y de 8,2 centavos de dólar el KWh, y en EE UU entre 7 y 9 centavos.

En el año 2005 sería factible producir en España 4,8 Twh, y en el año 2020 se podrían alcanzar los 12,2 Twh. La meta a alcanzar es instalar 5.000 Mw eólicos en el año 2020.

Para el año 2030 la EWEA ha propuesto instalar un total de 100.000 Mw en la Comunidad Europea (10).

Cada KWh eólico permitiría ahorrar un kilogramo de CO<sub>2</sub>, entre otras sustancias contaminantes. Como recordaba la EWEA una turbina eólica, con un peso de 50 toneladas, nos ahorrará tener que quemar 500 toneladas anuales de carbón, y más de 10.000 toneladas a lo largo de la vida útil del generador eólico.

## 6.6. Energía geotérmica

El gradiente térmico resultante de las altas temperaturas del centro de la Tierra (superiores a los mil grados centígrados), genera una corriente de calor hacia la superficie, corriente que es la fuente de la energía geotérmica. El valor promedio del gradiente térmico es de 25 grados centígrados por cada kilómetro, siendo superior en algunas zonas sísmicas o volcánicas. Los flujos y gradientes térmicos anómalos alcanzan valores máximos en zonas que representan en torno a la décima parte de las tierras emergidas: costa del Pacífico en América, desde Alaska hasta Chile, occidente del Pacífico, desde Nueva Zelanda a Japón, el este de África y alrededor del Mediterráneo. El potencial geotérmico almacenado en los diez kilómetros exteriores de la corteza terrestre supera en 2.000 veces a las reservas mundiales de carbón.

La explotación comercial de la geotermia,

al margen de los tradicionales usos termales, comenzó a finales del siglo XIX en Lardarello (Italia), con la producción de electricidad.

Hoy son ya 17 los países que generan electricidad a partir de la geotermia, con una capacidad instalada de 6.000 Mw, equivalente a seis centrales nucleares de tamaño grande. Estados Unidos, Filipinas, México, Italia y Japón, en este orden, son los países con mayor producción geotérmica.

Actualmente, una profundidad de perforación de 3.000 metros constituye el máximo económicamente viable; otra de las limitaciones de la geotermia es que las aplicaciones de ésta, electricidad o calor para calefacciones e invernaderos, deben encontrarse en las proximidades del yacimiento en explotación.

La geotermia puede llegar a causar algún deterioro al ambiente, aunque la reinyección del agua empleada en la generación de electricidad minimiza los posibles riesgos.

Los países con mayores recursos, en orden de importancia, son China, Estados Unidos, Canadá, Indonesia, Perú y México.

El potencial geotérmico español es de 600 Ktep anuales, según una estimación muy conservadora del Instituto Geológico y Minero de España. Para el año 2005 se pretende llegar a las 150 Ktep (6,3 PJ), lo que requerirá unas inversiones de 60.000 Mpta. Los usos serían calefacción, agua caliente sanitaria e invernaderos, no contemplándose la producción de electricidad.

## 6.7. Biomasa

La utilización de la biomasa es tan antigua como el descubrimiento y el empleo del fuego para calentarse y preparar alimentos utilizando la leña. Aún hoy, la biomasa es la principal fuente de energía para usos domésticos empleada por más de 2.500 millones de personas en el Tercer Mundo.

Los empleos actuales son la combustión directa de la leña y los residuos agrícolas y la producción de alcohol como combustible para los automóviles en Brasil. Los recursos potenciales son ingentes, superando los 120.000 millones de toneladas anuales, re-

curso que en sus dos terceras partes corresponden a la producción de los bosques.

¿Es la biomasa una energía alternativa? A lo largo y ancho del planeta el consumo de leña está ocasionando una deforestación galopante. En el caso del Brasil se ha criticado el empleo de gran cantidad de tierras fértiles para producir alcohol que sustituya a la gasolina en los automóviles, cuando la mitad de la población de aquel país está subalimentada. Por otra parte, la combustión de la biomasa es contaminante. En el caso de la incineración de basuras, tal y como se viene haciendo con los residuos urbanos en la mayoría de las ciudades europeas y norteamericanas, la combustión emite a la atmósfera contaminantes, algunos de ellos cancerígenos, como las dioxinas.

También es muy discutible el uso de tierras fértiles para producir energía en vez de alimentos, tal y como se está haciendo en Brasil, o el empleo de leña sin proceder a reforestar las superficies taladas.

En España actualmente el potencial energético de los residuos asciende a 25,7 Mtep, para una cantidad que en toneladas físicas supera los 180 millones: 13 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos con un potencial de 1,7 Mtep, 10 millones de toneladas de lodos de depuradoras, 13,8 millones de toneladas de residuos industriales (2,5 Mtep), 17 Mt de residuos forestales (8,1 Mtep), 35 Mt de residuos agrícolas (12,1 Mtep), 30 Mt de mataderos y 62 Mt de residuos ganaderos (1,2 Mtep). El reciclaje y la reutilización de los residuos permitirá mejorar el medio ambiente, ahorrando importantes cantidades de energía y de materias primas, a la vez que se trata de suprimir la generación de residuos tóxicos y de reducir los envases. La incineración no es deseable, y probablemente tampoco la producción de biocombustibles, dadas sus repercusiones sobre la diversidad biológica, los suelos y el ciclo hidrológico.

## REFERENCIAS

1. MOPTMA: «Informe de España a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático». Madrid, 1994; «Programa Nacional sobre el Clima». Madrid, 1994.

2. IPCC: «Scientific Assessment of Climate Change». WMO/UNEP. Geneva, 1990; *Climate Change: the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, 1990; *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, 1992. Existe, parece, una versión traducida al castellano y editada por el MOPTMA en 1992, aunque no hay manera de encontrarla.

3. IUCN (1991). *Caring for the Earth*. Gland, Switzerland, October 1991.

Versión al castellano editada por la UICN en Gland, Suiza, 1992.

4. García Dori, M.A. (1994). *Análisis del sector forestal en España*. Greenpeace, Madrid.

5. MOPTMA (1994). *Plan Director de Infraestructuras 1993-2007*. Madrid.

6. Santamarta, J. (1993). *Transporte y medio ambiente*. Gaia, núm. 3; Martín Barajas, S. y Santamarta, J. (1993). *Incidencia ambiental y social del PDI 1993-2007 en el transporte interurbano*. CODA, Madrid.

7. Las referencias básicas utilizadas para elaborar las alternativas al PDI, son las siguientes: Comisión de las comunidades Europeas (1992). Libro Verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente. COM (92)46. Bruselas; Comisión de las Comunidades Europeas (1990). Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano. COM (90)218. Bruselas; Comisión de las Comunidades Europeas (1992). Infraestructura de transporte. COM(92)231. Bruselas; Nadis, S. y

MacKenzie, J.J. (1993). *Car Trouble*. World Resources Institute, Beacon Press, Boston; Renner, M. (1988). Rethinking the role of the automobile. Worldwatch Paper 84, Washington; Egli, R.A. (1991). Climate air traffic emissions. Environment, núm. 33; Lowe, M.D. (1990). Alternatives to the automobile: transport for livable cities. Worldwatch Paper 98, Washington; Lowe, M.D. (1991). Shaping cities: The environmental and human dimensions; Newman, P. y Kenworthy, J. (1989). Cities and automobile dependence: an international sourcebook. Gower, Aldershot; Global trends in motor vehicle use and emissions. Annual Review of energy, 15; UNEP (1991). Environmental Data Report, 1991-92. Blackwell, Oxford.

OECD (1988); Transport and environment. Paris.

8. IDAE (1993). Energías renovables en España; IDAE (1993). Anuario de proyectos, Madrid; IDAE (1993). Cuadernos estadísticos de las energías renovables en España. Madrid; Miner (1994). Las energías renovables en España. Madrid.

9. CEE (DG XVII) (1994). The European Renewable Energy Study. Brussels; Naciones Unidas. (1988). New and Renewable Sources of Energy for development. New York; CE (1988). Euroforum New Energies. Saarbrücken. IDAE (1989). Guía de las industrias de las energías renovables. Ministerio de Industria. Madrid.

10. EWEA (1990). Wind Energy in Europe. Time for Action. Bristol.



El ministro de Obras Públicas y Medio Ambiente, Josep Borrell, famoso por haber propuesto un aumento del 25 por ciento en las emisiones españolas de CO<sub>2</sub>.