

AUTOMÓVIL, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE. UNA VISIÓN DE LA SITUACIÓN

Jesús Casanova Kindelán, Dr. Ingeniero Industrial
Catedrático de Motores Térmicos. Dpto. Ingeniería Energética y Fluidomecánica
Director del Área de Energía y Medio Ambiente del INSIA

1. Introducción

El periodo que abarca desde finales del s. XIX, inicio de la aplicación de los motores de combustión interna a los automóviles, hasta los años 60 de este siglo, se distingue por ser el que se aportan de la mayor parte de las soluciones innovadoras que dan lugar a los motores de combustión interna como los conocemos actualmente.

Durante estos años, la investigación y el desarrollo tecnológico de estas máquinas no dan prioridad a la mejora de su rendimiento energético, que queda, casi siempre, en un segundo plano frente al incremento de su potencia específica, que es donde se pone el mayor énfasis. Esa aparente falta de interés por anteponer el rendimiento a otras prestaciones, puede justificarse por el bajo nivel de utilización que los motores de automoción terrestre tienen frente a otras plantas de potencia, unido a la necesidad de propulsar vehículos a velocidades cada vez más altas por razones fundamentalmente comerciales. En dicho periodo, la energía utilizada dependía sólo del petróleo, a excepción de los periodos de guerra cuando la escasez de suministro fomentó el desarrollo, de manera transitoria, de los combustibles sintéticos. Durante estos años, el mundo industrializado en general vivía con unos planteamientos de consumo de energía *sin límites*, el petróleo y el gas se consideraban abundan-

tes y eran unos claros sustitutos del carbón. Los productos de la combustión se acumulaban en una atmósfera, la cual se suponía también *ilimitada*.

En este estado de cosas se llega a finales de los años 60, cuando una serie de circunstancias hace que comience a cambiar la situación. La etapa moderna de la investigación y desarrollo de los motores de combustión interna, como plantas propulsoras en el transporte, puede considerarse que comprende el periodo desde el año 1970 hasta la actualidad. Este periodo 1970 - 2000 se caracteriza por la puesta en escena de tres grandes problemas:

(a) La "crisis de la energía" de 1973. Esta crisis tiene un efecto recurrente que se presenta cada cierto tiempo:

- La crisis de precios de 1973.
- La guerra Irán - Irak como trasfondo de la crisis de los años 1980/81.
- La "guerra del Golfo" de los años 1990/91.

(b) La aparición de medidas contra la *contaminación localizada* en ciertos estados de EE.UU. a finales de los 60, que después se traslada a Europa a causa, fundamentalmente, de los fenómenos asociados con la *lluvia ácida* y la *contaminación en grandes núcleos urbanos*.

(c) La preocupación por el *efecto invernadero* a finales de los años 80.

Se puede decir que, a partir de 1973, se hace patente un nuevo hecho: *la energía convencional es FINITA* y a partir de 1990 otro más sorprendente aún: *la atmósfera de la tierra es FINITA*. En la actualidad se trata de prever el futuro de los próximos 30 a 50 años que estará, con seguridad, caracterizado por dos cuestiones significativas:

- El acercamiento del fin de la disponibilidad de combustibles fósiles.
- El final de la expulsión de gases a la atmósfera por la actividad humana: emisiones contaminantes y de efecto invernadero.

2. El problema de la energía

A pesar de lo dicho, es conveniente tener en cuenta que aún dispondremos de la energía proveniente de combustibles fósiles durante bastante tiempo. Las reservas conocidas de petróleo representan más de 50 años al consumo actual y a un precio medio de 30 \$ el barril (actualmente menos de 20\$), pero se extienden hasta más de 100 años si se considera un incremento de su precio a medida que vaya escaseando, lo que iría rentabilizando pozos que actualmente no lo son al precio actual.

Tomando el periodo 1973 - 1990 como representativo, la tabla I muestra la evolución en la comercialización de productos derivados de fuentes fósiles (petróleo y gas natural), así como de sus reservas probadas (no teniendo en cuenta las posible o previsibles).

El sector del transporte en general, y el automóvil en particular, está en el centro

• *La parte de emisiones debidas al transporte es más significativa que su parte en el consumo de energía.* El transporte consume el 11 % del total de energía consumida, pero representa el 17 % del efecto invernadero debido a las emisiones energéticas.

Los países de la O.C.D.E. consumen el 90 % de los combustibles de automoción,

unidades en el mundo. El consumo de gasolina es del orden de 630 millones de toneladas al año (Mt/a) y el de gasóleo de 370 Mt/a. Es poco probable que los combustibles alternativos puedan desplazar a cualquiera de estos dos combustibles en el futuro inmediato.

Los combustibles alternativos resultan atractivos para los usuarios si ven en ellos alguna ventaja económica, pero ello sólo es posible mediante un incremento de coste a nivel nacional. Además, algunos combustibles pueden mejorar el ambiente urbano, pero tener un efecto adverso en el medio ambiente global. En el caso de países no productores, se puede dirigir a los usuarios hacia la utilización de combustibles de origen nacional para reducir la dependencia del petróleo, pero pueden ser muy costosos los incentivos que ello requiera. Los usuarios, los proveedores de combustibles y los gobiernos, deben entender bien cuál es el contexto de los combustibles alternativos, para que con ello se puedan establecer de manera real los costes y los beneficios.

Tabla I. Petróleo y gas natural extraído y reservas probadas

			1973	1978	1990
Producido	Petróleo	Gtep/año	2,85	3,00	2,95
	Gas natural	Gtep/año	1,00	1,45	1,73
Reservas probadas	Petróleo	Gtep/año	90	87	135
	Gas natural	Gtep/año	43	64	104

(Gtep: Gigatoneladas equivalentes petróleo)

de la preocupación energética y del medio ambiente fundamentalmente por tres razones:

• *Su gran dependencia de combustibles derivados del petróleo hace que esté más implicado y a más corto plazo que otras actividades consumidoras de energía, donde su acomodación a otras fuentes es más sencilla.*

• *El consumo de energía en el transporte crece frente a otros sectores que decrecen.* A modo de ejemplo durante el periodo 1973 - 1990, Europa occidental incrementó su consumo de energía en el transporte más del 22 %, frente a poco más del 3 % de incremento total.

pero solo el 50 % de la energía mundial, la tabla II detalla esta situación para algunos países.

Tomando como referencia el año 1994, la figura 1, muestra el desglose de energía consumida en el mundo y la parte que corresponde al consumo de petróleo.

Es reconocido que el mercado internacional del petróleo domina hoy día el mercado total de energía, donde representa aproximadamente el 75 % en energía pero el 80% en valor, y está ligado muy directamente al transporte que consume más del 50 %. El transporte por carretera está dominado por los motores de combustión interna, con más de 600 millones de

3. El efecto sobre el ambiente

Volviendo al tema de la contaminación atmosférica, es conveniente en primer lugar considerar y distinguir los diferentes niveles de "sistemas de contaminación del aire" que pueden considerarse en general.

1) *Nivel local o próximo.* Es la contaminación de una zona reducida por un gas desagradable, maloliente o pernicioso para la salud. Es el caso de talleres, aparcamientos, interior de vehículos, etc. El monóxido de carbono es el más importante de los gases contaminantes a considerar por ser incoloro e inodoro y suele ser el más comúnmente reglamentado. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como límites aceptables los indicados en la tabla III.

2) *Nivel zonal.* Representa una zona más amplia que el lugar donde se produce la contaminación: un polígono industrial, un cierto entorno urbano, etc. Los efectos de la contaminación se presentan sobre la

Tabla II: Distribución de consumo de energía total y en transporte en algunos países (%)

País	Energía	Automoción
EE.UU. + Canadá	25	35
Europa occidental	15	25
Japón	5	5
Resto del mundo	55	15

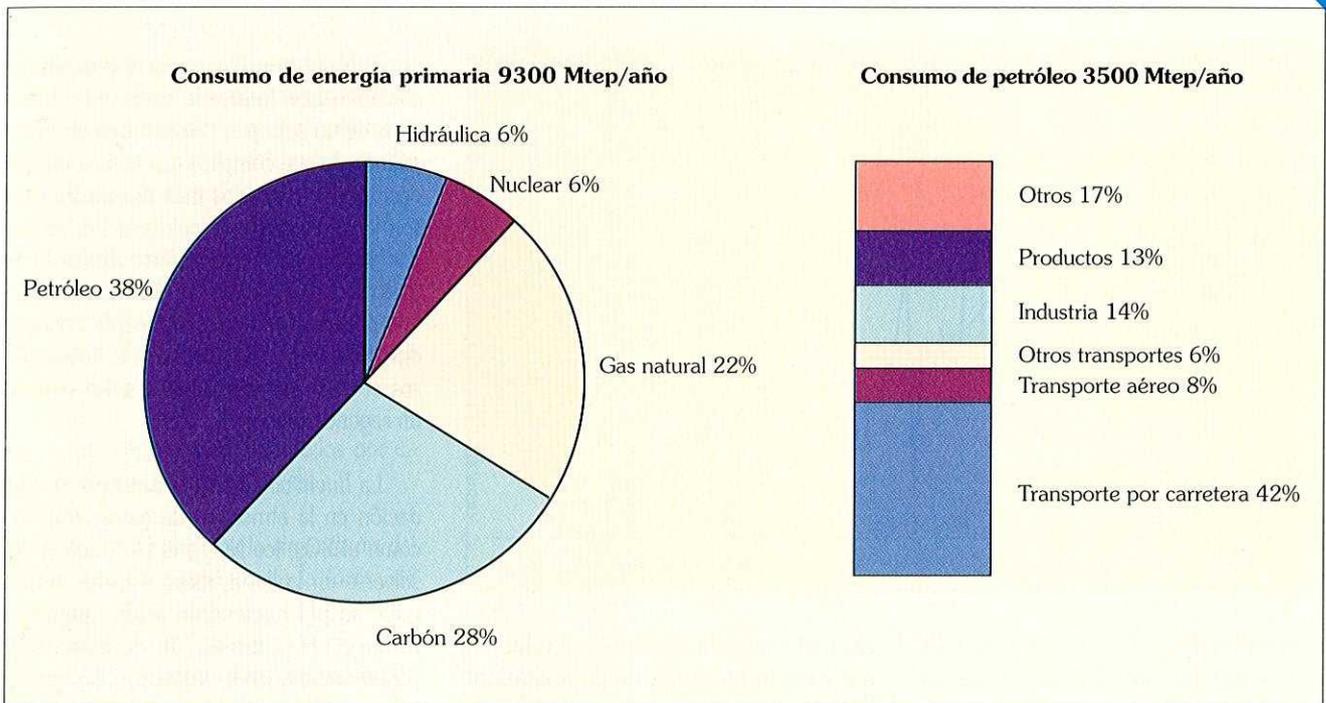


Fig. 1. Consumo de energía y de petróleo en el mundo

salud, la vegetación o la suciedad de edificios. Suele ser el nivel de efecto de ciertas emisiones industriales, pero no suele ser el caso del transporte.

3) *Nivel regional o de gran urbe.* Es el caso del ya clásico smog oxidante de Los Ángeles, Atenas o el de Londres en el siglo XIX. Es el caso de ciudades españolas como Madrid en ciertas épocas del año. Contribuyen a este tipo de contaminación tanto la combustión energética como los efluentes químicos industriales.

El nivel de contaminación está muy influenciado por condicionantes como:

- Tamaño de la aglomeración urbana.
- Tipo de urbanismo utilizado
- Situación geográfica: altitud, valles, etc.
- Condiciones meteorológicas: vientos, lluvias, etc.

Los gases contaminantes que se tienen en cuenta son, principalmente, el SO₂, los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂, englobados en el símbolo genérico NO_x), el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos

Tabla III. Límites de algunos gases contaminantes en la atmósfera

Gas contaminante	Contenido admisible
Monóxido de carbono (CO)	3 % en sangre
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0,04 ppm en el aire
Ozono (O ₃)	0,1 ppm /1 h ó 0,03 ppm/ 24 h
Gasolina	1000 ppm en el aire
Formaldehido (HCHO)	2 ppm en el aire
Acetaldehido (CH ₃ CHO)	100 ppm en el aire
Tolueno (C ₆ H ₅ CH ₃)	375 mg/m ³ de aire
Xileno (C ₆ H ₅ C ₂ H ₆)	435 mg/m ³ de aire
Aromáticos polinucleares (PAN)	300 µg/m ³ / 1 h. ó 80 µg/m ³ / 24 h.

Tabla IV. Porcentaje de población que habita en grandes urbes

País	%
Reino Unido	91,5
Venezuela	86,6
Chile	83,6
Alemania	81,0
Japón	76,5
España	75,8
EE.UU.	73,9

Tabla V. pH medio de la lluvia en zonas alejadas de zonas industriales

Zona del mundo	Intervalo de pH
Mauna Loa, Hawai	7 - 3,5
Jungfrauoch, Alpes suizos	6,8 - 3,8
Isla de Samoa, Océano Pacífico	5,4 - 5,0
Poker Flat, Alaska	5,6 - 4,3
Amazonas, Venezuela	5,7 - 4,2
Hielo polar	5,7 - 5,3
Lago Trout, Canadá	7,0 - 5,6
Cabo Grim, Tasmania	6,8 - 5,8
India	8,4 - 5,5
pH = 7 → neutro.	pH < 7 → ácido

inquemados (HC). También se enmarcan en este tipo las partículas en suspensión (aerosoles) principalmente de carbono, plomo y sulfatos. Este nivel es el más significativo y es el que se tuvo en cuenta a la hora de establecer las reglamentaciones para los vehículos automóviles en países como EE.UU o Japón. El elevado número de vehículos que transitan por los grandes núcleos urbanos es la causa de la cada vez más restrictiva legislación, si bien se impli-

ca en ello a otro buen número de vehículos que circulan por zonas de poca densidad de población, cuya emisión puntual es menos importante. Téngase en cuenta que en 1984 había en el mundo 34 ciudades de más de 5 millones de habitantes, pero que las previsiones de las Naciones Unidas para el año 2025 sitúan este número en 93. La tabla IV muestra el porcentaje de población que en a principios de los años 90 vivía en zonas urbanas en varios países

4) *Nivel transfronterizo*. Es cuando la contaminación implicada traspasa las fronteras de un solo país. Se entra en un nivel político, lo que complica mucho la toma de decisiones. Los casos más representativos son la *lluvia ácida*, la *acidificación de lagos y de suelos* y la *muerte de los bosques*, todos ellos fenómenos muy complicados, no suficientemente conocidos y de difícil cuantificación. En estos casos el efecto directo sobre la salud pasa a un segundo plano.

La *lluvia ácida* está causada por la oxidación en la atmósfera de gases emitidos como el SO_2 , los NO_x y el HCl, que al disolverse en la lluvia, nieve o niebla disminuye su pH haciéndolo ácido (químicamente el pH neutro es 7,0), depositándose posteriormente en la vegetación, las tierras y los edificios. No obstante, debido a la presencia de CO_2 en la atmósfera y al equilibrio químico entre dicho gas y el bicarbonato, la lluvia *pura* no es normalmente una solución acuosa totalmente neutra en casi ninguna parte de la tierra. Es realmente un electrolito con un pH medio de 5,6. Es muy difícil identificar las influencias antropogénicas en la acidez de las lluvias

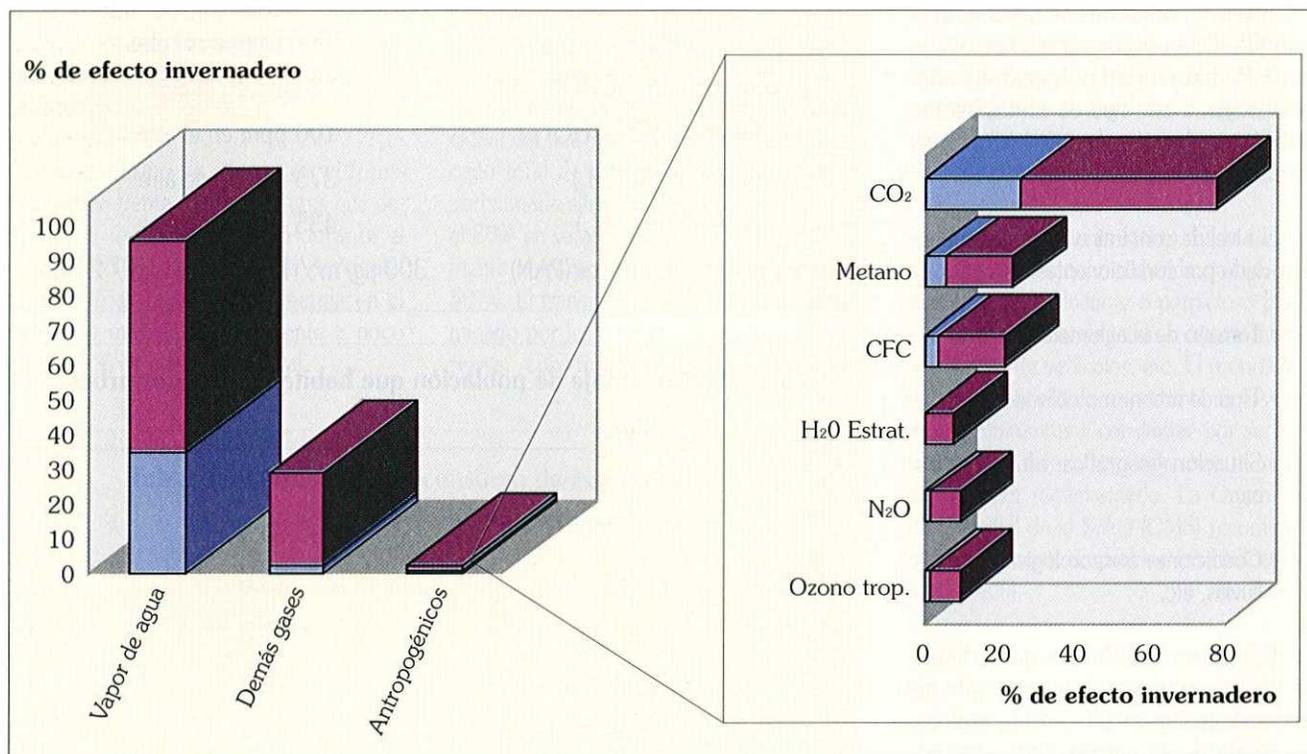


Fig. 2. Gases de efecto invernadero. Contribución porcentual al incremento de la temperatura del planeta de los generados por el hombre frente a los naturales

debido a las fluctuaciones naturales del pH; a modo de ejemplo se presenta la tabla V, donde aparecen los intervalos de pH medidos en diversas partes del mundo, todas ellas alejadas de zonas industriales

La lluvia ácida se presenta como una de las principales causas de la defoliación y muerte de los bosques en zonas de Europa central. Este efecto se relaciona actualmente con factores tan diversos como:

- Factores *climáticos* causados por ciclos periódicos de larga duración.

- Factores debidos a la *silvicultura* del propio bosque y cambios en la forma de realizarla

- Factores *patológicos* causados por hongos y bacterias, que, a su vez, se relacionan con la acidificación de la lluvia y la tierra.

- Factores *químicos* de los propios ácidos sobre la materia vegetal, cuya acción es tan compleja que incluyen factores tanto negativos, por inhibir ciertos mecanismos vitales de las plantas y crear elementos tóxicos para las raíces, como beneficiosos por aportar ciertos componentes útiles para el metabolismo vegetal.

El impacto mediático y político que los problemas asociados con las lluvias ácidas han tenido en Europa ha sido muy importante. Para dar respuesta a este problema se han redactado las reglamentaciones anticontaminación que actúan en tres niveles:

- Emisiones de SO_2 y NO_x de grandes sistemas de combustión.
- Normativa mucho más suave para industrias de tamaño medio o calefacciones colectivas
- Extensión de la reglamentación al automóvil, de lo que realmente es una copia literal de la que en EE.UU. se obliga a cumplir a nivel "regional". Efectivamente, los contaminantes reglamentados a nivel regional son realmente los mismos que contribuyen a la lluvia ácida y al ozono nocivo para la vegetación, pero son problemas diferentes.

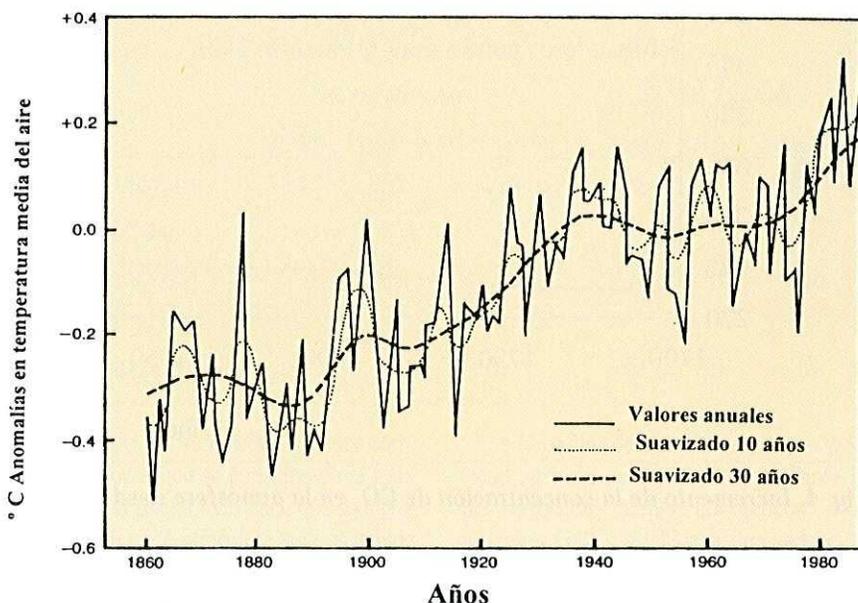


Fig. 3. Incremento de temperatura de la tierra

5) *Nivel planetario.* Entran en este nivel los problemas con la capa de *ozono troposférico* y el *efecto invernadero*, que se comenta con más detalle seguidamente.

4. El problema del CO_2

Es a principios de los 80 cuando se toma consciencia de que ciertos gases emitidos por la actividad humana (no directamente perjudiciales para la salud) pueden modificar el comportamiento de la atmósfera. Los más importantes son, por orden de prioridad y aparte del vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso (N_2O) y los hidrocarburos halogenados (CFCs). Sin ánimo entrar en detalle a explicar el efecto invernadero, se puede decir que es imprescindible para conservar la vida en la tierra, manteniéndola unos $33^\circ C$ más alta de la que tendría si no existiera, a causa del efecto de la reflexión de nuevo hacia la tierra de parte de la radiación, que, recibida del sol, es emitida por la superficie terrestre. Son varios los gases que contribuyen a este efecto en porcentajes como los que muestra la figura 2. Se ve que el más importante es el vapor de agua, que abunda en la atmósfera. El porcentaje del incremento de temperatura que puede considerarse causado por la actividad humana se calcula mediante modelos que suponen que el incremento de flujo de radiación terrestre calculado es sola-

mente causado por el hombre, o lo que es parecido, analizan el incremento de temperatura de la tierra, que ha sido de $0,45^\circ C$ en los últimos 100 años como muestra la figura 3.

Los contaminantes clásicos del transporte: CO , NO_x y HC (a excepción del metano), contribuyen indirectamente al efecto invernadero mediante su actuación sobre la concentración de ozono troposférico (nivel del suelo) y estratosférico. Su efecto es despreciable en motores de encendido provocado con catalizador y en motores diesel de última generación, por lo que el dióxido de carbono (CO_2) se erige como el más importante de los gases emitido por el transporte en lo que el efecto invernadero se refiere, aunque no sea razonable denominarle *gas contaminante* como en muchas ocasiones se hace.

Recientes estudios han demostrado que la cantidad de CO_2 en la atmósfera aumenta hoy día una media de $15 Gt/año$, habiendo ido creciendo desde el s. XVII como se muestra la figura 4, lo que equivale a un incremento en su concentración de $0,45\%$ al año a nivel del suelo, repartido de forma muy uniforme por todo el planeta. Sin embargo, la emisión antropogénica de CO_2 a la atmósfera es de unas $30 Gt/año$, la diferencia esta sujeta hoy día a un gran número de especulaciones.

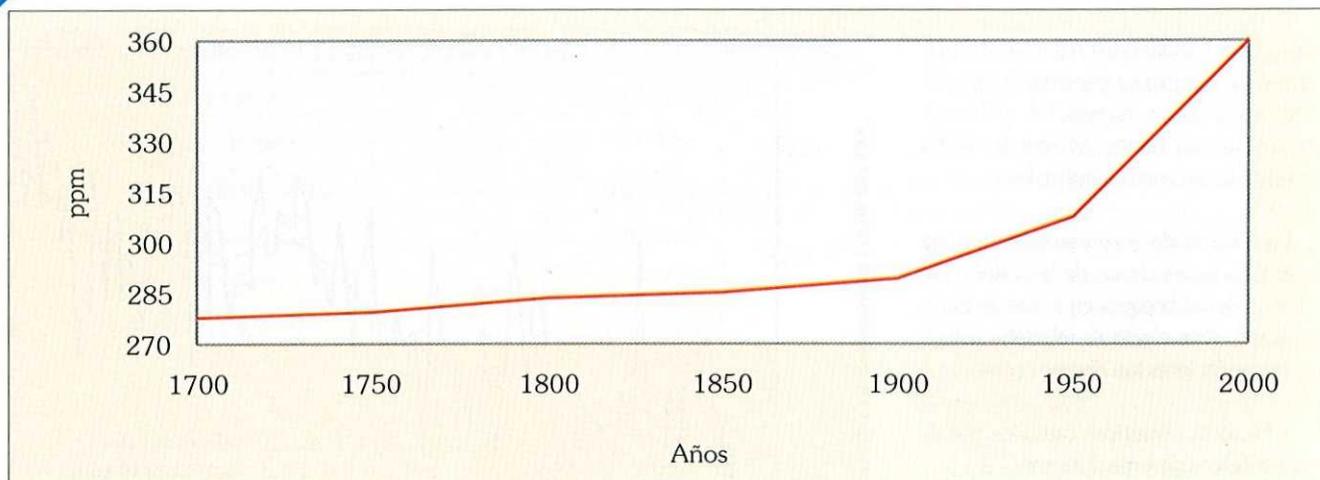


Fig. 4. Incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera desde 1700

El CO₂ emitido a la atmósfera en 1994, se distribuyó de la forma siguiente:

- Generación de electricidad 27 %
- Doméstico y pequeños consumidores 20 %
- Industria 20 %
- Combustión directa de biomasa 15 %
- Transporte 17 % (5 Gt/año)

La parte correspondiente al transporte se distribuye como sigue:

- Aéreo (civil y militar) 17 %
- Marítimo de larga distancia 6 %
- Vehículos pesados (camiones y autobuses) 33 %
- Vehículos ligeros (turismos y furgonetas) 32 %
- Barcos de corto alcance, ferroviario y otros 12 %

Las emisiones de CO₂ en el transporte por carretera están directamente ligadas al consumo de combustible. El CO₂ proviene totalmente del carbono del combustible en su reacción con el oxígeno del aire, estando la cantidad obtenida por cada kg de combustible consumido relacionada con el

porcentaje de carbono, hidrógeno y oxígeno que contenga en combustible. Es por ello que la reducción de emisiones de CO₂, y otros gases de efecto invernadero, está fuertemente unida a la reducción del consumo de combustible por vehículo, aunque también a la búsqueda de combustibles que, para la misma energía producida, generen menos CO₂ que los combustibles convencionales.

5. Líneas de actuación

De todo lo anterior puede deducirse que, cuando se trata del transporte, no es posible desligar entre sí asuntos de índole tan diversa como el consumo de energía, el tipo de energía utilizada, la contaminación, la acidificación de la atmósfera y el efecto invernadero.

En este estado de cosas, las propuestas de investigación y desarrollo sobre la energía y la contaminación asociada con el sector del transporte se dirigen en varias direcciones o ámbitos de aplicación, cada uno de ellos de una considerable extensión.

- Sistemas de propulsión nueva concepción y adaptación de otros no utilizados actualmente en propulsión de vehículos terrestres.

- Mejora de los vehículos.
- Nueva organización del transporte:

transporte público, intermodalidad, vehículos muy pequeños, etc.

- Nuevas energías para propulsión y diversificación de las mismas.
- Modificación de los hábitos de conducción.
- Tasas e imposiciones sobre el consumo.

En el sector del transporte por carretera en Europa (en lo que a emisiones contaminantes de efecto en la calidad del aire se refiere) existe un importante punto de inflexión marcado por el programa "Auto Oil I", recientemente terminado, el cual, reuniendo a participantes de la industria de vehículos y de la del petróleo, ha creado el marco de trabajo y las pautas para proponer un paquete de medidas para implementarlas a partir del año 2000. Estas medidas, basadas en el entendimiento de la situación real en Europa y de las tecnologías efectivamente disponibles, se agrupan en tres grupos:

- Endurecimiento de las normas de inspección y mantenimiento de vehículos en uso.
- Límites algo más estrictos para los vehículos nuevos.
- Nuevas especificaciones de los combustibles: reducción de azufre, reducción de componentes aromáticos, limi-

tación de porcentaje de benceno y aumento de componentes oxigenados destacan entre otras.

6. Los nuevos combustibles

Centrando el estudio solo en la posible utilización de nuevos combustibles en el transporte, en primer lugar debe establecerse que, para establecer su comparación con los combustibles convencionales, ha de tomarse en consideración tanto la extracción y el proceso de producción, por su no despreciable influencia en el balance global de energía y contaminación. Como ejemplo, en la tabla VI se presentan resultados de consumo de energía incluyendo la utilizada en producción (separando la que proviene de combustibles fósiles convencionales de la que proviene de la biomasa) y la empleada en propulsión efectiva, tomando como base (100 %) el combustible una vez en el depósito del vehículo, para el caso de utilización en núcleos urbanos.

Considerando, con ánimo comparativo, el efecto que sobre la acidificación del medio ambiente (efecto sobre la vegetación) tienen los diversos combustibles convencionales y los que pueden ser considerados actualmente como alternativos en el entorno de Europa, se puede confeccionar la tabla VII, donde se presentan las emisiones, tanto en su combustión en los vehículos de transporte más apropiados, como en su producción. Se utiliza como unidad de medida el "equivalente NO₂" de forma que a la concentración de cualquier otro gas se le asigna un valor de ponderación en función de su contribución al pH de la lluvia con relación a dicho gas.

Teniendo en cuenta el efecto invernadero, es necesario tomar en consideración todos los gases que actúan en este sentido mediante el concepto de "equivalente CO₂" que se comentó anteriormente. La tabla VII muestra para los mismos combustibles sus emisiones específicas de gases de efecto invernadero

Los denominados biocombustibles provienen de biomasa vegetal, por lo que el

Tabla VI. Porcentajes de energía para producir y utilizada realmente en el transporte para varios combustibles.

	Convencionales			Biocombustibles		
	Gasóleo	Gasolina	Gas natural	Biogás	Etanol	Metiléster
Energía utilizada	114	121	114	30	8	34
<i>Convencional</i>						
Energía utilizada	0	0	0	174	246	146
<i>Biomasa</i>						
Energía en propulsión	35	18	32	35	35	35

CO₂ emitido en su combustión, es compensado por el que se consume en la fotosíntesis de la planta. Ello hace que su incremento neto en la atmósfera solo es debido a la energía de otro tipo consumida para su producción, y su efecto invernadero se realiza, sobre todo, por el efecto de otros gases producidos en su combustión. Los biocombustibles presentan un gran potencial para la diversificación y sustitución de los combustibles convencionales en el transporte además de por lo dicho, por varias otras razones:

- Disminución de la dependencia del petróleo, de vital importancia sobre todo en países no productores.

- Es una energía renovable, por lo que es, en principio inagotable. La limitación está en la productividad y la cantidad de suelo disponible.

- Permiten desarrollar una nueva actividad agrícola no alimentaria mediante la plantación de "cultivos energéticos". Los acuerdos GATT establecen una reducción de tierras dedicadas en Europa a la alimentación, mediante subvenciones a los agricultores.

- La retirada de biomasa vegetal de desbroce de bosques para producción de combustibles tiene la ventaja de evitar incendios y proliferación de plagas

Los procesos posibles de obtención de biocombustibles de materia vegetal, de aplicación en el transporte, son actualmente los siguientes:

- *Fermentación y destilación*, precedida de procesos de hidrólisis o similares. De esta forma se obtienen alcoholes como el etanol y el metanol, utilizables en moto-

Tabla VII. Emisiones de gases acidificantes y de efecto invernadero para varios combustibles convencionales y alternativos

Combustible	Gases acidificantes	Gases de e.invernadero
	Equivalente NO ₂ (g/MJ comb.)	Equivalente CO ₂ (g/MJ comb.)
Gasóleo	1950	110
Gasolina (catalizador)	250	112
Propano (G.L.P.)	350	80
Gas natural (Metano)	330	76
Biogás (Metano)	420	34
Metanol (de gas natural)	700	85
Etanol (de biomasa)	900	40
Metil éster (de aceites vegetales)	1000	30

res de encendido provocado modificados o en motores diesel con ciertas modificaciones y aditivados. Su posterior modificación produce éteres como el metil terbutil éter (MTBE) y el etil terbutil éter (ETBE) de características muy parecidas a las gasolinas.

- **Prensado, seguido de refinado** se obtienen aceites vegetales (triglicéridos de ácidos grasos) que pueden ser consumidos por motores diesel especialmente preparados, pero que, una vez tratados con metanol (*transesterificación*), dan lugar a metil-ésteres de ácidos grasos, cuya solubilidad en gasóleo, y similitud con éste, les hacen muy atractivos para su utilización en motores diesel sin modificaciones de importancia.

- **Digestión anaeróbica** de productos orgánicos que da lugar al biogás, compuesto fundamentalmente por metano. Su aplicabilidad al transporte es escasa en general, pero resulta muy atractiva en motores estacionarios de aplicación agrícola.

- **Pirólisis rápida** de materia vegetal que produce un aceite de elevada acidez, poco estable y de difícil aplicación a motores convencionales, pero que su posterior tratamiento e hidrogenación puede dar lugar a productos muy parecidos a la gasolina o al gasóleo.

Otros sistemas de propulsión o combustibles alternativos para el transporte, como los vehículos eléctricos puros o el hidrógeno consumido en motores de encendido provocado, dependen de la producción de energía eléctrica (el hidrógeno no existe en la naturaleza y se obtiene mediante electricidad), por lo que su discusión queda fuera del alcance de este trabajo. Ambos sistemas son atractivos para dar respuesta a problemas de contaminación local o de grandes urbes, ya que su emisión es cero en el vehículo eléctrico y poco significativa (sólo vapor de agua y NO_x) en el caso del hidrógeno. Si bien, la emisión total será muy diferente según el procedimiento empleado para generar la energía eléctrica de la red nacional. La política nacional e internacional sobre producción eléctrica, condicionan su aplicabilidad al automóvil. La posibilidad de utilización de recursos hidráulicos, la aplicación de cen-

trales nucleares o las energías renovables implantadas o implantables, se deberán tener en cuenta en cada país o región para tomar decisiones en uno u otro sentido.

7. Conclusiones

La calidad del aire en Europa está mejorando en los últimos años como resultado de la aplicación de las nuevas legislaciones, pero el consumo de energía y, como consecuencia las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero no lo hacen al mismo ritmo. Las conclusiones de la reunión de Kioto deberán dar lugar a actuaciones en este sentido. Sobre todo, vista la importancia relativa del sector del transporte en varios países de Europa.

La energía proveniente de combustibles fósiles predomina actualmente es el transporte por carretera como fuente primaria. Esta situación no va a cambiar a corto ni a medio plazo, 15 a 20 años, pero la irrupción de combustibles como el gas natural, que no deja de ser fósil pero es muy abundante, y los biocombustibles, como reductores de emisión neta de CO₂, se irá extendiendo y generalizando poco a poco. En este último caso, mezclado en porcentajes más o menos significativos con los combustibles convencionales.

La reducción del consumo de energía y de las emisiones contaminantes en el transporte deberá ser una preocupación prioritaria, que se conducirá desde los órganos correspondientes de la Unión Europea: la Comisión Europea y el Parlamento, pero que deberá implicar a todos los protagonistas: productores (EUROPIA), fabricantes de vehículos (ACEA), autoridades locales y, por supuesto, los usuarios que normalmente suelen ser olvidados de manera directa.

Para que esto ocurra deberá tener lugar un cambio de mentalidad en todos los niveles, pero que implican fundamentalmente a las autoridades nacionales y locales con capacidad legislativa en esta materia, y a los propios usuarios, que deberán modificar sus hábitos en temas como pautas de conducción: forma sosegada de conducir, utilización de transportes co-

lectivos, etc., tamaño de los vehículos: más pequeños y menos pesados sin reducir seguridad, y reducción de velocidades medias con desviaciones típicas respecto a ella menores: mejores carreteras.

Bibliografía

- **Orselli, J.** "Energies nouvelles pour l'automobile". Paradigme. Francia. 1992.

- **R. Q. Riley** "Alternative Cars in the 21st Century" SAE Publications. EE.UU. 1994.

- **P. Degobert.** "Automobiles and Pollution" E. Technip. Francia. 1995

- "Atmospheric Emission Inventory Guidebook" C.E. 1997.

- **H. P. Lenz y R. Pischinger** "How Motorised Traffic Can Influence CO₂ Emissions" Proceedings del Congreso AVL'95: Engine and Environment" Graz (Austria). 1995.

- **M. Krämer.** "Vehicle, Driver, Environment. The Integrated Approach Towards the "Three-litre-Car"" Proceedings del Congreso AVL'95: Engine and Environment" Graz (Austria). 1995.

- **P. Miró** "Programa AUTO-OIL" Jornada sobre "El Automóvil y el Medio Ambiente ante el Reto del s. XXI". Madrid. 1997.

- "Application of Biologically Derived Products as Fuels or Additives in combustion Engines" Publicación EUR15647EN. 1994.

- "Alternative Fuels for Transport Fleets" Publicación de la DG XVII de la Comisión Europea. 1994.

- **F. Aparicio.** "Coche y medio ambiente. Una visión general" Monografía DOC. 96.001 de ASEPA. 1996.

- **F. Tinaut** y otros. "Posibilidades de utilización de biocombustibles en motores de automoción". Monografía DOC. 97.001 de ASEPA. 1997.