



## **INVESTIGA I+D+i 2011/2012**

### **GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE COMBUSTIBLES PARA EL FUTURO**

**Texto de D<sup>a</sup> Mercedes Ballesteros**

**Septiembre de 2011**

#### **SITUACION ENERGÉTICA DEL SECTOR DEL TRANSPORTE**

La Según las proyecciones de los expertos, para el período 2000-2030, la demanda mundial de energía aumentará a un ritmo aproximado del 1,8% anual. Los países industrializados experimentarán una ralentización del crecimiento de su demanda energética, que pasará a situarse a un nivel cercano al 0,4% anual en la Unión Europea (UE). A la inversa, la demanda energética de los países en vías de desarrollo crecerá rápidamente. Se espera que en 2030 más de la mitad de la demanda mundial de energía se origine en países en vías de desarrollo (hoy en día dicha demanda representa el 40%). El sistema energético mundial seguirá estando dominado por los combustibles fósiles, los cuales representarán casi el 90% del suministro total de energía en 2030. El petróleo se mantendrá como principal fuente de energía (34%), seguido del carbón (28%).

Se prevé que el mantenimiento del predominio de los combustibles fósiles implicará un incremento de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> superior al crecimiento del consumo de energía (2,1% anual por término medio). En 2030 las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> serán más del doble de las registradas en 1990. Con arreglo a las proyecciones para 2030, en la UE estas emisiones serán superiores a las registradas en 1990 en un 18%, mientras que en los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) el aumento será de cerca del 50%. Los países en vías de desarrollo, cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> sólo representaban un 30% del total en 1990, serán causantes en 2030 de más de la mitad de las emisiones mundiales.

Si analizamos cuál ha sido la evolución de la demanda de energía en la Unión Europea desde la mitad de la década de los ochenta, vemos que ha aumentado a un ritmo entre el 1 y el 2% anual. Pero no todos los sectores se han

comportado de la misma manera. Durante este periodo, aunque la tendencia general ha sido de aumento, la intensidad energética en la industria ha experimentado un descenso. Este hecho es consecuencia de que la tecnología es cada vez más eficiente y de los desplazamientos hacia actividades menos intensivas, que se ha visto contrarrestada con creces, por el auge del consumo en el sector residencial, comercial y de transporte.



**El creciente desarrollo social y económico de nuestra sociedad está propiciando un aumento muy importante en la movilidad y el transporte de las personas y de las mercancías. Este crecimiento es una de las causas de que haya aumentado nuestra dependencia de los derivados del petróleo y de que se hayan manifestado graves problemas de contaminación medioambiental.**

El sector del transporte es uno de los mayores consumidores de energía en el conjunto de los países desarrollados y se encuentra en continuo crecimiento. Actualmente la mitad de la población mundial es urbana, generando un incremento de movilidad sin precedentes. En concreto, el transporte constituye la gran incógnita energética del futuro de las sociedades desarrolladas. Supone un sector clave de nuestras economías, depende en un 98% del petróleo (cuyos precios no hacen más que incrementarse en los últimos años) y registra un importante crecimiento de la demanda de energía. Se prevé que en el próximo decenio seguirá creciendo en la Unión Europea en torno al 3% anual.

En el caso español, el aumento el crecimiento experimentado en el consumo de energía en el transporte ha sido espectacular, lo que nos ha llevado a tener una de las mayores intensidades energéticas en Europa en este sector, fruto de utilizar más el transporte por carretera que el ferrocarril y hacerlo con mayores recorridos que nuestros vecinos europeos.

Además, esta perspectiva de evolución contrasta con la necesidad reconocida de reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero (el transporte en la UE es responsable del 30% de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera) y, en particular, con los compromisos asumidos en Kyoto para que los países industrializados inicien sus programas de reducción durante la próxima década.

Durante las próximas décadas, y debido al desarrollo de los países emergentes, se prevé un fuerte crecimiento de la demanda de petróleo a escala mundial que, habida cuenta de la distribución de las reservas de petróleo conocidas, únicamente los países de Oriente Medio miembros de la OPEP serán capaces de satisfacer.

Existe una tendencia en las sociedades desarrolladas a utilizar de manera masiva el transporte privado. Si se analiza la eficacia energética según los distintos medios de transporte motorizados pueden observarse significativas diferencias entre ellos (figura 1).

Con 6,19 kilogramos equivalentes de petróleo (kep) para cada 100 viajeros/km el automóvil privado se revela como el medio de transporte más ineficaz desde un punto de vista energético. El avión llega a los 5,73 kep, el sistema ferroviario se sitúa ligeramente por encima de los 3 kep por 100 viajeros/km, el metro en 3,24 y los ferrocarriles suburbanos de cercanías en 3,15. En este sentido cabe señalar al sector de los transportes, y en concreto el uso masivo del transporte privado, como una de las principales causas de la contaminación atmosférica. Este sector es el principal agente emisor de sustancias contaminantes (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Pb, etc.) que tienen importantes impactos ambientales. Como ejemplos más destacados cabe señalar que son las responsables del efecto invernadero y con él del cambio climático, afectan a la salud humana (se considera que la contaminación atmosférica es la causante directa del 6% del total de defunciones) y contribuyen a la lluvia ácida y al debilitamiento de la capa de ozono estratosférico.

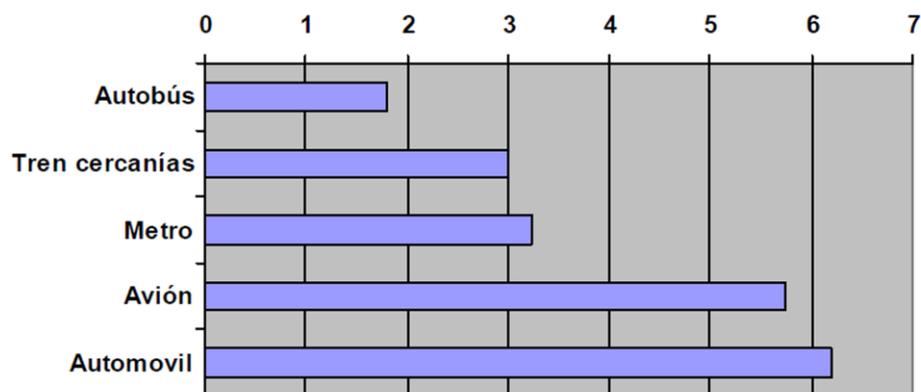


Figura 1.  
Consumo energético (en kilogramos equivalentes de petróleo) por cada 100 viajeros/km.

Si bien las autoridades sanitarias de los países desarrollados recomiendan límites para los distintos contaminantes, una gran parte de las áreas urbanas los rebasan en la mayoría de casos.

También la contaminación acústica de las ciudades se relaciona directamente con la evolución del uso de los medios de transporte y especialmente del vehículo privado. La problemática acústica es especialmente grave en las áreas de tráfico intenso situadas en medios urbanos. En la Unión Europea se calcula que el 30% de la población está sometida a niveles de ruido de tráfico que pueden ser molestos o perjudiciales para la salud ya que el ruido afecta al mecanismo del sueño y al sistema nervioso, así como al tejido social y a la comunicación.



**La movilidad basada en los medios de transporte motorizados y, más concretamente, en el vehículo privado, supone un alto coste ambiental en forma de consumo de energía procedente de recursos no renovables, en aumento de la contaminación atmosférica y acústica y en ocupación**

**del espacio. Pero, dado que la movilidad que proporciona el transporte es esencial para el desarrollo económico y el bienestar social, se deben encontrar soluciones para reducir los efectos negativos del uso del transporte sin reducir sus contribuciones positivas.**

**En este contexto, el desarrollo de combustibles alternativos a los derivados del petróleo es una de las prioridades de las políticas energéticas de los países desarrollados.**

Con la demanda creciente por movilizarse en países en vías de desarrollo y desarrollados, estos problemas llegarán a acentuarse cada vez más, y aunque se están introduciendo mejoras como consecuencia del uso de tecnologías que controlan la emisión de contaminantes convencionales, las emisiones de CO2 siguen siendo una cuestión difícil de solucionar. En palabras de la Comisión Europea "los esfuerzos emprendidos por la industria automovilística para rebajar las emisiones de CO2 de los turismos serán insuficientes para reducir y estabilizar la demanda energética del transporte".

El Parlamento Europeo ha adoptado recientemente un objetivo, para el año 2020, de producción del 20% del consumo total de energía mediante fuentes renovables y un 10% del consumo energético en el transporte por carretera, con el doble fin de incrementar la seguridad del abastecimiento y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este objetivo del 10% del consumo energético en transporte plantea un desafío que supera con mucho las exigencias a las que se han visto enfrentadas en el pasado las industrias automovilística y petrolera, entre las que cabe señalar la reducción drástica de las emisiones de agentes contaminantes convencionales, la práctica eliminación del plomo y el azufre de los combustibles de automoción o la mejora significativa de la eficiencia energética.



**Encontrar combustibles libres de carbono en el sector del transporte ha sido, es y será, un reto mucho más grande que en la generación de energía eléctrica, donde la hidroelectricidad, la nuclear, eólica, solar y otras, son alternativas libres de carbón ampliamente utilizadas.**

Cualquier cambio radical que afecte al suministro de combustible o a la tecnología de los motores utilizados en el transporte por carretera supone un gran desafío. El grueso de la población se ha habituado a tener a su disposición un automóvil cuyo coste se ha abaratado enormemente con el paso del tiempo, como también lo ha hecho el del carburante. En la actualidad, sólo es necesario repostar cada 400-600 km, el carburante puede encontrarse en todas partes y la operación se realiza en algunos minutos. El automóvil puede servir tanto para que una persona haga sus compras en el supermercado del barrio, como para llevar a toda la familia de vacaciones. Además, no hay prácticamente ninguna restricción de seguridad que impida estacionar un automóvil, a pesar de que en su interior transporta una cantidad considerable de líquido altamente inflamable.

Para poder penetrar en el mercado, cualquier tecnología alternativa que implique cambios en los combustibles o en los motores habrá de ser competitiva. El potencial de penetración de cualquier combustible alternativo para el futuro debe evaluarse en función de diversos criterios como su coste de producción, necesidad de inversiones en infraestructuras y equipos y necesidad de incrementar la seguridad del abastecimiento energético. Pero también deberán responder a la necesidad de reducir el impacto del sector del transporte sobre el medio ambiente, en especial por lo que respecta al cambio climático. Cualquier solución a largo plazo tendrá que hacer posible la reducción, como mínimo, tanto de la dependencia del petróleo como de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, debe exigirse que las alternativas que se adopten permitan avanzar en la reducción de las emisiones a la atmósfera de agentes contaminantes "convencionales" procedentes de los vehículos.

La comodidad y el rendimiento de los automóviles, la seguridad del abastecimiento de combustible y el mantenimiento de un nivel bajo de impacto medioambiental y un elevado nivel de seguridad a un coste global reducido son requisitos que nunca será posible satisfacer por completo de manera simultánea. Las políticas que se adopten en el futuro tendrán que otorgar una mayor prioridad a la seguridad del abastecimiento energético y a la eficacia en el consumo de combustible que conduzca a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.



**La penetración de cualquier tecnología nueva en el sector del transporte depende, en lo fundamental, del elevado nivel de disponibilidad del combustible de que se trate. El establecimiento de sistemas de suministro de combustible con una cobertura amplia es especialmente costoso y sólo queda justificado cuando hay una demanda lo suficientemente alta (en otras palabras, cuando se produce la penetración del mercado).**

Este círculo vicioso dificulta cualquier innovación y, siendo realistas, implica que sólo cabe imaginar la introducción de combustibles alternativos que puedan satisfacer cuotas de mercado significativas a un nivel lo suficientemente amplio.

A continuación vamos a realizar un análisis de las ventajas e inconvenientes de estos combustibles y tecnologías alternativas, junto con otras opciones que, aunque quizás no parezcan muy prometedoras por el momento, también podrían contribuir, de manera más limitada en el futuro, si se dan los avances tecnológicos que hagan posible su utilización.

### **BIOCARBURANTES**

Desde que se produjo la primera crisis del petróleo en 1973, se ha considerado la biomasa como una fuente de energía alternativa al combustible fósil, cuyo uso se ha fomentado en diversos países. En este sentido, ha sido objeto de especial atención su potencial como materia prima para la producción de combustibles de automoción alternativos (al gasóleo o a la gasolina) ante la

situación de dependencia casi exclusiva del petróleo por parte del sector del transporte.



**Se definen como biocombustibles líquidos aquellos combustibles obtenidos a partir de biomasa que se encuentran en estado líquido en condiciones normales de presión y temperatura. Se emplean en calderas para la producción de calor y electricidad o en motores de combustión interna, en cuyo caso se denominan biocarburantes. Entre ellos se encuentran los aceites vegetales, el biodiesel, el bioetanol y los aceites de pirólisis.**

**El término biocarburante líquido engloba a todos aquellos combustibles líquidos derivados de la biomasa que tienen características parecidas a gasolinas y gasóleos, lo que permite su utilización en motores sin tener que efectuar modificaciones importantes. Aunque se consideran biocarburantes líquidos una amplia gama de productos (aceites vegetales, biometiléter, biometanol y su derivado el bioMTBE), el biodiesel y el bioetanol son los que se cuentan con un potencial de utilización más amplio y el sector de los biocarburantes a nivel mundial está constituido básicamente por estos productos. Los biocarburantes poseen ventajas medioambientales ya se considera que no existen emisiones netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, no contienen azufre y su utilización en mezclas con los combustibles fósiles supone reducciones importantes en las emisiones de los vehículos.**

Los materiales biológicos pueden utilizarse como combustible para el transporte por carretera de diversas maneras:

- Los aceites vegetales (colza, soja, girasol, etc.) pueden transformarse en un sustituto del gasóleo denominado biodiesel, que puede mezclarse con el gasóleo convencional o utilizarse en estado puro.
- La remolacha azucarera, los cereales y otros cultivos producen por fermentación un alcohol (bioetanol) que además de poder aditivarse directamente a la gasolina o ser utilizado como combustible de automoción en estado puro, también puede incorporarse a la gasolina tras haber sido transformado en ETBE mediante su síntesis con el isobutileno (subproducto de la destilación del petróleo).
- Los residuos orgánicos pueden ser transformados en energía utilizable como combustible de automoción. Los aceites usados (aceites de fritura) se pueden convertir en biodiesel, mientras que el estiércol y los residuos orgánicos de origen doméstico permiten producir biogás y los residuos vegetales son transformables en bioetanol. En la mayoría de los casos, las cantidades son limitadas, pero las materias primas son gratuitas y su utilización permitirá reducir los problemas de gestión de residuos (y los costes correspondientes).
- Los avances tecnológicos permiten suponer que, a medio plazo, podrían llegar a ser competitivos otros biocarburantes líquidos y gaseosos producidos mediante tratamiento termoquímico de la biomasa, entre los

que cabe mencionar el biodimetiléter, el biometanol, los bioaceites (obtenidos por pirólisis) y el hidrógeno.

En principio, los biocarburantes proporcionan una alternativa ideal ya que, al obtenerse a partir de cultivos que pueden producirse en los mismos países en los que se utilizarán los biocarburantes, contribuyen a la seguridad en el suministro. Además, su contenido de carbono procede de la atmósfera, motivo por el cual resultan neutros desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, en la actualidad su coste de producción es, en general, alto y requieren un consumo de energía directo e indirecto tanto para el cultivo de las cosechas como para la producción de los combustibles. Esta desventaja puede reducirse utilizando como combustible en el proceso de producción los residuos procedentes de los propios cultivos.

Los biocarburantes constituyen una opción que tiene que ser aprovechada ya que suponen la única alternativa renovable, a corto y medio plazo, y pueden utilizarse en los vehículos y los sistemas de distribución existentes, sin generar, prácticamente, coste adicional alguno.

## **GAS NATURAL**

El gas natural está compuesto fundamentalmente de metano (CH<sub>4</sub>) y puede utilizarse como combustible en un motor convencional de gasolina, sin embargo, requiere un equipo especial de almacenamiento e inyección, motivo por el que, para su uso a gran escala, sería aconsejable utilizar automóviles especialmente fabricados en lugar de recurrir al acondicionamiento de los vehículos de gasolina ya existentes. Para permitir que los vehículos lleven el combustible necesario para gozar de una autonomía suficiente (+ 400 km), el almacenamiento del gas natural tendría que hacerse a altas presiones (200 bares) o en forma licuada a -162 °C.

En principio, el gas natural ofrece buenas perspectivas al tratarse de un combustible alternativo barato que posee un octanaje elevado, es limpio y no presenta problemas de cara a las futuras normas de emisión. Por otra parte, permite generar una cantidad de energía equivalente a la gasolina con una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> del 20-25%.

En Italia circulan 300.000 vehículos de gas natural gracias a una red de 300 puntos de aprovisionamiento de combustible. A esa cifra hay que sumar otros 50.000 vehículos que funcionan con gas natural en toda Europa, por lo general en áreas geográficas limitadas que cuentan con uno o varios puntos de aprovisionamiento exclusivos.



**Habida cuenta de que el gas natural habría de ser importado en su mayor parte, el incremento futuro del uso del gas no ofrecería ventaja alguna desde el punto de vista de la seguridad del abastecimiento.**

Por otra parte, el metano es un gas que produce un importante efecto invernadero. La ventaja teórica sobre la gasolina desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub> se desvanecería simplemente con que se produjeran algunas pérdidas de metano mínimas durante su distribución y almacenamiento o al repostar combustible. La experiencia de las flotas existentes indica que la ventaja real en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> se sitúa entre 15% y 20%, en lugar del 20-25% teórico.



**El transporte de gas natural comprimido requiere unas medidas de seguridad adecuadas. El establecimiento de una infraestructura suficiente de suministro de gas natural para vehículos de motor entrañará unos costes que dependerán de lo desarrollada que se encuentre la red de distribución de gas natural en los diferentes países y que deberá ser evaluada para cada caso concreto.**

## **HIDRÓGENO**

Durante los últimos años, el uso del hidrógeno como combustible potencial para vehículos de motor ha sido objeto de un intenso esfuerzo de investigación. Ello se debe, principalmente, a los requisitos establecidos por la legislación de EE.UU. para que los fabricantes de automóviles empiecen a comercializar "vehículos de emisión cero". Las pilas de combustible de hidrógeno, cuyo único "producto de combustión" es el agua, ofrecen esta posibilidad. El uso del hidrógeno como combustible de automoción no se limita a las pilas de combustible, ya que dicho gas también es un combustible perfecto para los motores de gasolina convencionales. Debido al coste mucho menor de los motores de combustión en comparación con las pilas de combustible, esta podría ser una opción más realista hasta que los avances futuros reduzcan de manera significativa el coste de las pilas de combustible o mejoren su rendimiento energético de conversión.

Son varios los fabricantes de automóviles importantes que realizan fuertes inversiones para desarrollar la tecnología del hidrógeno y de las pilas combustible y cabe esperar que en un futuro no muy lejano surjan las primeras cadenas de producción en serie de vehículos de pasajeros con motor de hidrógeno, siempre y cuando los avances previstos permitan reducir los costes de producción de los sistemas de pilas de combustible a la décima parte como mínimo.



**Ahora bien, es preciso hacer hincapié en que el hidrógeno no es una fuente de energía sino un portador de energía. Cualquier procedimiento de generación de hidrógeno requiere el uso de fuentes de energía, como también ocurre con el otro principal portador de energía (la electricidad).**

Como en el caso de la electricidad, las ventajas que pueden derivarse del uso del hidrógeno como combustible, desde el punto de vista de la seguridad del abastecimiento y de las emisiones de gases de efecto invernadero, dependen de cuál sea el procedimiento de producción empleado. Si se recurre al carbón

como fuente de energía, se incrementarían las emisiones de CO<sub>2</sub>. Si la producción de hidrógeno se hace con energía no fósil se reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Todo lo anterior implica que a la hora de evaluar las ventajas de un eventual paso al hidrógeno como combustible de transporte es preciso contar con una serie de premisas en cuanto a la evolución a largo plazo de la política energética y ese es un ámbito en que el nivel de incertidumbre es, por el momento, muy elevado.**

El uso del hidrógeno como futuro portador de energía a gran escala presenta la ventaja (que también ofrece la electricidad) de permitir la generación a partir de cualquier fuente imaginable de energía, a la que se añade la característica (que no comparte la electricidad) de hacer posible su almacenamiento durante un período de tiempo. La mayor ventaja del hidrógeno como portador de energía es que ofrece un vínculo flexible y con capacidad de almacenamiento temporal con un mercado energético descentralizado basado en combustibles no fósiles. Aunque la distribución del hidrógeno mediante canalizaciones descansa en una tecnología completamente comprobada, la construcción de una amplia red de distribución (que implica grandes inversiones) dependerá de la existencia de una clientela lo suficientemente numerosa.

Hasta que llegue a ese momento, la distribución en contenedores a las estaciones de servicio constituye la alternativa más viable. El almacenamiento de una cantidad suficiente de combustible en los vehículos es uno de los problemas para los que todavía no se ha encontrado una solución satisfactoria. A volúmenes iguales, el hidrógeno sólo posee el 30% del contenido energético del gas natural y, por esa razón, los depósitos necesarios para almacenar una cantidad de combustible suficiente acaban siendo muy grandes y pesados. Aunque se están estudiando diversas técnicas para almacenar el hidrógeno a bordo de los automóviles, por el momento ninguna de ellas representa una alternativa seria a los depósitos de alta presión (hasta 350 bares).



**En conclusión, resulta obvio que las ventajas potenciales que ofrece el hidrógeno como combustible de automoción sólo podrán materializarse una vez que produzcan los avances tecnológicos necesarios en los ámbitos del almacenamiento del combustible y de la tecnología de las pilas de combustible, a los que habrán de sumarse costosas inversiones en instalaciones de producción y distribución.**

Mientras que el uso de otros combustibles alternativos pueden hacerse recurriendo a los vehículos existentes (biocarburantes), a los combustibles disponibles (gas natural) o a la infraestructura de distribución ya en funcionamiento (biocarburantes y, en parte, gas natural), el desarrollo e implantación de la tecnología del hidrógeno y las pilas de combustible tiene que partir de cero. Sin lugar a dudas, se trata de la alternativa a los automóviles convencionales de gasolina o gasóleo que representa el mayor

desafío y, por ello, la opinión más generalizada es que aún pasarán varios años antes de que sea posible la implantación comercial del hidrógeno como combustible de automoción a gran escala.

## **OTROS COMBUSTIBLES Y TECNOLOGÍAS**

a) Los **automóviles eléctricos** se vienen comercializando desde hace varios años pero, hasta ahora, no han conseguido suscitar gran interés en los consumidores.

La relación entre el tamaño y coste de las baterías y la energía que contienen no ha permitido fabricar un automóvil de tamaño, potencia y autonomía suficientes a un precio que el comprador esté dispuesto a pagar. Además, la lentitud en la recarga de las baterías, que suele producirse de noche, representa una desventaja a los ojos de los compradores potenciales. Tras varios intentos fallidos a lo largo de los últimos 20 años, los avances significativos que se están produciendo en la tecnología de las baterías (baterías de ión-litio) pueden permitir aumentar el atractivo de este tipo de automóviles para un abanico de compradores más amplio y llegar por fin al mercado en cantidades significativas. Es posible que los vehículos eléctricos permitan cubrir un segmento de mercado para el transporte a corta distancia, en el que es esencial la ausencia de ruido y emisiones, permitiendo los desplazamientos diarios al trabajo del 90% de la población que vive en las zonas urbanas, más del 50% de la población mundial en la actualidad.



**Si se producen avances significativos en la tecnología de las baterías, los automóviles eléctricos podrían suponer una alternativa para introducir las energías renovables en el transporte.**

b) Los **automóviles híbridos**, aunque no representan un combustible alternativo, son una de las posibles tecnologías alternativas para un futuro cercano. El diseño de los automóviles híbridos permite aprovechar los aspectos más positivos de los motores de combustión interna (gasolina o gasóleo) y de los vehículos eléctricos, evitando a un tiempo sus desventajas respectivas. **Estos automóviles están equipados de dos motores, uno de combustión y otro eléctrico.** Dependiendo de las circunstancias en que se produzca la conducción (carga, aceleración) el vehículo selecciona automáticamente el modo de funcionamiento más eficiente. Gracias a la recarga semicontinua que se produce durante la conducción, las baterías pueden ser mucho más pequeñas (y baratas) que en un automóvil eléctrico. Sin embargo, la presencia de dos sistemas motores, así como de algunas sofisticaciones técnicas adicionales como el frenado regenerativo, incrementa el coste (y el peso) de los vehículos. Es difícil prever si una producción en masa permitiría reducir o aproximar los precios a niveles en los que el ahorro de combustible justifique el coste adicional.

Obviamente, dicho ahorro depende de las circunstancias en las que se utilice el automóvil. Aunque los fabricantes de automóviles híbridos suelen señalar una reducción del consumo de combustible del 30%, dicho nivel sólo se alcanza en

condiciones de tráfico urbano, en las que el frenado y la aceleración son frecuentes y los motores funcionan gran parte del tiempo con cargas bajas. Por el contrario, la conducción constante a alta velocidad de un automóvil híbrido no ofrece ninguna ventaja en comparación con la de un automóvil tradicional.

c) El **metanol y el dimetiléter (DME)** son posibles combustibles alternativos, producidos, por lo general, a partir del gas natural aunque también podría producirse a partir de biomasa. El metanol puede utilizarse en motores de gasolina, mientras que el DME es un sustituto del gasóleo. El metanol ofrece pocas ventajas sobre el metano, a no ser la de su estado líquido que facilita el almacenamiento en los vehículos. En comparación con el uso directo del gas como combustible, cabe señalar que la pérdida de energía que se registra en la transformación del metano en metanol reduce la eficiencia de conjunto e incrementa las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Además, la alta toxicidad del metanol lo hace menos atractivo como combustible de automoción.

El DME posee unas propiedades físicas similares a las del gas licuado del petróleo (GLP), a saber, es gaseoso a temperatura ambiente, pero se licua al ser sometido a una presión de algunas atmósferas. Al tratarse de un combustible para motor diesel, ofrece una eficacia más alta que los combustibles para motores de gasolina, que podría bastar, de hecho, para compensar la pérdida de energía que se registra en el proceso de transformación del metano. Otra ventaja adicional del DME es que su quemado es más limpio, en comparación con el gasóleo, y plantea menos problemas de equipos de control de las emisiones. Por ello, ha suscitado el interés de los fabricantes de camiones y autobuses.

d) El **gas licuado de petróleo (GLP)** se ha venido utilizando como combustible de automoción durante décadas. Este carburante se obtiene tanto de la destilación del petróleo, como en forma de condensado de gas natural (fracción que se separa del metano durante la producción de dicho gas). Las cantidades resultantes dependen del tipo de petróleo crudo, del tipo y grado de refinamiento y de la especificidad de cada yacimiento de gas. La cuestión de hasta qué punto puede considerarse el GLP como combustible alternativo "auténtico" está abierta a debate.

El GLP es barato y ha gozado siempre de la consideración de combustible respetuoso del medio ambiente. Sin embargo, con el mayor grado de limpieza que están adquiriendo tanto la gasolina como el gasóleo, esa ventaja disminuye con rapidez.

Hay motivos para pensar que la aplicación de procesos de refinado más sofisticados y el incremento de la producción de gas natural aumentarán en el futuro la disponibilidad de GLP. De ser así, cabría prever un aumento limitado del GLP utilizado como combustible de automoción.

Una vez analizadas las diferentes alternativas tecnológicas para la sustitución total o parcial de los combustibles derivados del petróleo en el sector del transporte, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, sólo se contemplan tres gamas principales de combustibles alternativos que podrían

desarrollarse hasta alcanzar un nivel significativo del mercado total de combustibles de automoción de aquí a 2020: los biocarburantes (única opción renovable y aplicable en el corto plazo ya que pueden ser utilizados y distribuidos en los vehículos y sistemas disponibles actualmente), el coche eléctrico y el gas natural (en el medio plazo y para utilizaciones concretas) y el hidrógeno (a largo plazo y con necesidad de grandes inversiones).

## **RESUMEN**

El transporte constituye la gran incógnita energética del futuro. Es un sector clave de nuestras economías, depende en un 98% del petróleo y los precios del crudo se han triplicado en los últimos años. Además, registra un importante crecimiento de la demanda de energía y se prevé que en el próximo decenio seguirá creciendo. Este aumento en el consumo tiene graves consecuencias para la calidad del medio ambiente y para el cambio climático mundial.

El transporte es el responsable del 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, aunque se están introduciendo mejoras derivadas del uso de tecnologías que reducen su emisión, su aumento sigue siendo una cuestión difícil de solucionar.

Dado que la movilidad que proporciona el transporte es esencial para el desarrollo económico y el bienestar social, los responsables de formular políticas energéticas buscan soluciones para reducir los efectos negativos del uso del transporte sin reducir sus contribuciones positivas. Entre las estrategias para la diversificación energética en el transporte (utilización de gases licuados del petróleo, gas natural, electricidad, hidrógeno, etc.), la utilización de biocarburantes derivados de la biomasa vegetal es la opción más sencilla, efectiva y realista a corto plazo.

El uso de hidrógeno, procedente de fuentes totalmente libres de carbono o con un contenido muy bajo, en vehículos con pilas de combustible podría eliminar el dióxido de carbono prácticamente en su totalidad del sector del transporte a largo plazo. Sin embargo, la adopción del hidrógeno requerirá grandes inversiones en infraestructuras. Además, a pesar de que los recientes avances en tecnologías de pilas de hidrógeno han sido impresionantes, éstas siguen siendo muy caras.

En cuanto al gas natural, en este caso comprimido (GNC), también permite una gran reducción de emisiones contaminantes y ruido. Al igual que los autobuses de hidrógeno, los vehículos de GNC necesitan una planta en la que llenar los depósitos a una presión suficiente para las necesidades del motor lo que limita, por el momento, su uso generalizado.

Puesto que los biocarburantes, obtenidos a partir de biomasa, son los únicos productos renovables que pueden integrarse fácilmente en los actuales sistemas de distribución de combustibles, constituyen una de las pocas alternativas razonables de diversificación en el sector del transporte en el futuro inmediato, y por lo tanto deben representar una prioridad de las futuras

políticas energéticas de cara a aumentar la seguridad de suministro y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, pueden preparar el camino para posteriores avances como el hidrógeno.

El término biocombustible engloba a todos aquellos combustibles líquidos o gaseosos derivados de la biomasa vegetal. Se trata, por tanto, de combustibles de origen vegetal que tienen características parecidas a las de los combustibles fósiles, lo que permite su utilización en motores sin tener que efectuar modificaciones importantes. Además no contienen azufre, uno de los principales causantes de la lluvia ácida, ni contribuyen a aumentar la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera.

La producción de biocombustibles puede, también, generar beneficios económicos, crear más empleo, reducir las facturas de las importaciones de energía y abrir nuevos mercados potenciales de exportación en numerosos países en desarrollo.

El fomento del uso de biocombustibles, respetando al mismo tiempo las prácticas sostenibles en la agricultura, podría crear nuevas oportunidades de desarrollo rural sostenible.