

# Los biocarburantes

## **Mercedes Ballesteros**

Responsable de la Unidad de biomasa del  
Centro de Investigaciones Energéticas,  
Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

Nota: La presente ponencia ha servido de base para la redacción del documento *“Automóvil y medio ambiente. Cuando lo verde sale a cuenta: la hora del consumidor”*, junto a las redactadas por los otros miembros de la Comisión de expertos en movilidad y medio ambiente.

# **LOS BIOCARBURANTES**

**Mercedes Ballesteros Perdices  
Jefe de la Unidad de Biomasa  
Departamento de Energía CIEMAT**

**Julio, 2008**

## INTRODUCCIÓN

El transporte es un sector clave para la economía europea. Se caracteriza por su elevado consumo de energía, por su alta dependencia del petróleo (cuyos precios se han triplicado en los últimos años y porque prácticamente todo el petróleo en Europa procede del exterior. Se prevé que en el próximo decenio la demanda de energía en el transporte seguirá creciendo en la Unión Europea en torno al 3% anual.

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

Pero este no es el único reto al que debe enfrentarse la Unión Europea. El transporte es responsable del 21% de las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global del Planeta. Por consiguiente, para cumplir los objetivos de reducción de estas emisiones suscritas por la Unión Europea en el protocolo de Kioto, es esencial encontrar soluciones para reducir las emisiones del transporte. Ante esta situación,, la política energética de la Unión Europea ha definido objetivos claros para reducir la alta dependencia energética de los productos petrolíferos y aumentar la seguridad del suministro de un combustible sostenible en el sector del transporte (1).

Los países en desarrollo se enfrentan a problemas similares en cuanto a la energía en el transporte. El aumento de los precios del petróleo está afectando negativamente a su balanza de pagos, son vulnerables por su dependencia de combustibles fósiles importados y deben hacer frente al problema de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Durante las últimas décadas, la población urbana mundial ha aumentado de manera alarmante, generando un incremento de movilidad sin precedentes. En los próximos años, 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.

Hoy más que nunca el abastecimiento regular de energía limpia y renovable se ha convertido en uno de los mayores desafíos de la Humanidad. Aunque se están introduciendo mejoras como consecuencia del uso de tecnologías que controlan la emisión de contaminantes convencionales, las emisiones de CO<sub>2</sub> siguen siendo una cuestión difícil de solucionar. Se debe, por tanto, buscar nuevos combustibles que sustituyan a los ya existentes, que resuelvan las necesidades energéticas de la población y que al mismo tiempo protejan el medio ambiente.

La Unión Europea, en el documento, el Libro Verde de la Comisión "Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético" (2) planteó el objetivo de sustituir por combustibles alternativos, en el horizonte del año 2020, hasta el 20% del carburante consumido por el sector del transporte por carretera, con el doble fin de incrementar la seguridad del abastecimiento y

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este objetivo supone 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. En la actualidad, sólo es necesario repostar cada 400 ó 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 tendrá que ser competitiva. La comodidad y el rendimiento de los automóviles, la seguridad del abastecimiento de combustible, el mantenimiento de un nivel bajo de impacto medioambiental y un elevado nivel de seguridad a un coste global reducido son requisitos que aunque nunca será posible satisfacer por completo de manera simultánea deben mantenerse en niveles similares a los actuales.

El potencial de penetración de cualquier combustible alternativo para el futuro debe evaluarse en función de diversos criterios como, su coste de producción, la evaluación de las inversiones en infraestructuras y equipos necesarias para su introducción y la 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 medioambiente, 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 nuevas alternativas que se adopten permitan avanzar en la reducción de las emisiones a la atmósfera de agentes contaminantes "convencionales" procedentes de los vehículos.

En la Comunicación de la Comisión Europea de 7/11/2001 (3) se establece que para el contexto europeo sólo existen tres combustibles alternativos que pueden desarrollarse hasta alcanzar una cuota superior del 5% del mercado total de combustibles de automoción en el horizonte del año 2020. Estas alternativas son:

- 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 gas natural (en el medio plazo y para utilizaciones concretas) y
- el hidrógeno (a largo plazo y con necesidad de grandes inversiones).

Los biocarburantes deben considerarse como una energía de transición que únicamente podrá sustituir una parte de los derivados del petróleo debido a problemas de abastecimiento de las materias primas. Sin embargo, 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 de diversificación en el sector del transporte en el futuro inmediato y su utilización se está impulsando en un gran número de países de cara a aumentar la seguridad de suministro y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los biocarburantes, además, pueden preparar el camino para posteriores avances como el hidrógeno.

## **¿QUÉ SON LOS BIOCARBURANTES?**

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.

El término biocarburante 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 convencionales sin tener que efectuar modificaciones importantes.

Bajo el término biocarburante se recoge un amplio abanico de productos resultantes de procesos muy diversos y con un grado de desarrollo muy diferente. Algunos están todavía en etapa experimental, mientras que otros se comercializan desde hace décadas. Los productos utilizados actualmente, denominados “de primera generación”, pertenecen a dos grandes familias: el bioetanol obtenido de materias primas azucaradas o amiláceas y el biodiesel obtenido a partir de semillas oleaginosas.

Aunque el empleo de los biocarburantes de origen vegetal en la Unión Europea comenzó en la década de los ochenta, la utilización de estos productos es tan antigua como los motores de combustión. Cuando hace más de 100 años Rudolf Diesel diseñó el prototipo del motor que lleva su nombre lo hizo pensando en que funcionara con aceites vegetales. De hecho, en la primera demostración de funcionamiento, en la Feria de París de 1898, lo hizo funcionar con aceite de cacahuete. De la misma manera, cuando Henry Ford hizo el primer diseño de su automóvil Model T en 1908, esperaba utilizar el etanol como combustible.

Sin embargo, la rápida irrupción de un combustible barato, razonablemente eficiente y fácilmente disponible como el petróleo hizo que el

gasóleo y la gasolina se convirtieran en los combustibles más utilizados en el sector de la automoción. No es hasta la crisis del petróleo, en la década de los setenta, que el biodiesel y el bioetanol vuelven a aparecer en escena como resultado de las políticas energéticas para la búsqueda de alternativas a la dependencia de los combustibles fósiles, especialmente en Estados Unidos y Brasil. Durante el transcurso de la historia, los biocarburantes siempre han tenido la crisis de los recursos petrolíferos como motor de desarrollo.

Los aceites vegetales pueden obtenerse por procedimientos convencionales a partir de plantas oleaginosas de las que el girasol, soja, palma y colza parecen las más interesantes. Para su utilización en motores precisan de una preparación consistente en un desengomado y filtración previos. Las semillas son prensadas mecánicamente separándose el aceite y la torta. Normalmente se somete a las semillas a un calentamiento previo y a la acción de un solvente, con lo que se logran rendimientos de extracción de aceite cercanos al 100%. La torta, que se obtiene como residuo del prensado, tiene un alto contenido en proteína y se comercializa para alimentación animal ayudando a disminuir los costes del proceso de extracción.

Los aceites vegetales son moléculas grandes y ramificadas con gran viscosidad y, si se utilizan en los motores diesel convencionales, causan diversos problemas que obligan a la modificación de los motores. Para evitarlos se recurre a transformarlos químicamente mediante un proceso de transesterificación capaz de mejorar substancialmente las características como carburante de los aceites vegetales.

La obtención del BIODIESEL (Figura 1) se basa en la reacción con metanol o etanol (transesterificación) de las moléculas de triglicéridos para producir ésteres. De esta manera se consigue que las moléculas grandes y ramificadas iniciales, de elevada viscosidad y alta proporción de carbono se transformen en otras de cadena lineal, pequeñas, con menor viscosidad y porcentaje de carbono y de características físico-químicas y energéticas más similares al gasóleo de automoción.

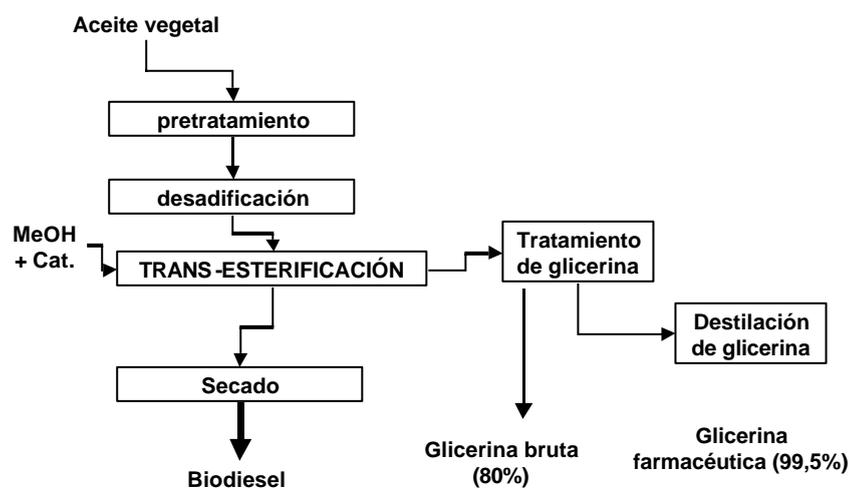


Figura 1. Proceso de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales

Son estos compuestos derivados, bien sea de los aceites vegetales, o de grasas animales, los que se engloban en la definición de biodiesel. Existe una cierta tendencia actualmente a incluir también en este concepto a las mezclas de estos ésteres con el gasóleo en distintas proporciones. Respecto a estas mezclas, una terminología usada consiste en nombrar a la mezcla con una B (de biodiesel) seguida de la proporción de biodiesel. Así por ejemplo, la mezcla B20 estaría formada por un 20% de biodiesel y un 80% de gasóleo. Actualmente en Europa existe la tendencia de utilizar el término FAME (del inglés "Fatty Acid Methyl Ester") en lugar de biodiesel.

El BIOETANOL puede producirse a partir de cualquier materia prima orgánica que contenga cantidades significativas de azúcares (caña de azúcar y remolacha) o compuestos que puedan ser transformados en azúcares como el almidón (cereales) o la celulosa (Figura 2).

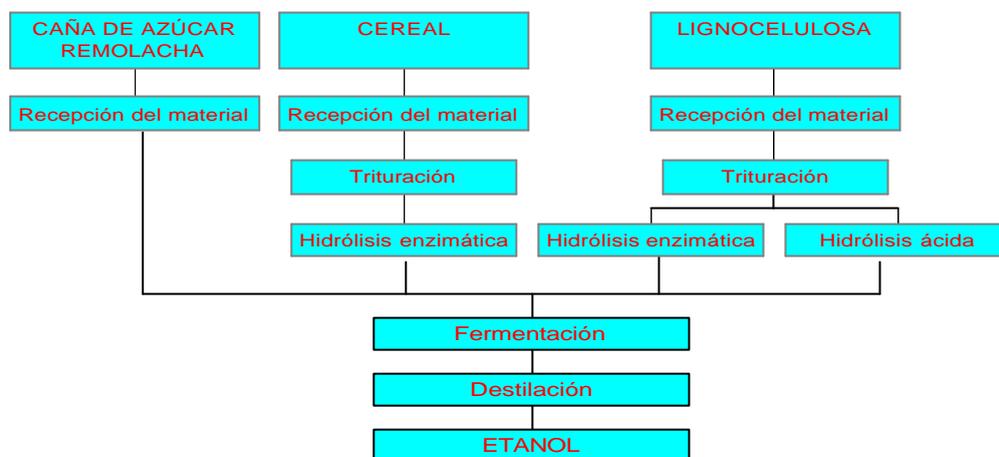


Figura 2. Proceso de producción de etanol en función de la materia prima

En la actualidad, el bioetanol se produce, a partir de la fermentación mediante levaduras de los azúcares (principalmente glucosa) contenidos en la materia prima, directamente o tras un proceso de hidrólisis.

El etanol además de poder mezclarse directamente con la gasolina o ser utilizado como combustible de automoción en estado puro, también puede incorporarse (como mejorador del índice de octano) a la gasolina tras haber sido transformado en ETBE mediante su síntesis con el isobutileno (subproducto de la destilación del petróleo).

## MERCADO MUNDIAL DE BIOCARBURANTES

Los biocarburos se presentan como una oportunidad para aumentar la seguridad energética de los países no productores de petróleo, reducir los gases que generan el efecto invernadero y generar múltiples beneficios para la agricultura y las poblaciones rurales. Pero para que los biocarburos de origen agrícola sean una alternativa energética real se necesita que en el conjunto de los procesos de obtención se consigan balances energéticos

positivos y que lleguen al mercado a un coste similar al de los productos derivados del petróleo a los que sustituyen.

La falta de cultivos específicos seleccionados para fines energéticos ha hecho que se utilicen los cultivos tradicionales, como los cereales, la remolacha o la caña de azúcar para la producción de bioetanol o el aceite de colza, girasol, palma o soja para la producción de biodiesel. Aunque las tecnologías de transformación a partir estas materia primas están disponibles comercialmente y han alcanzado un alto grado de madurez, es necesario seguir mejorando los procesos de transformación consiguiendo mayores rendimientos y mejorando la calidad de los co-productos con el fin de conseguir tecnologías más competitivas desde el punto de vista económico y energético.

La subida espectacular de los precios de los productos alimentarios, ocurrida en los últimos meses, ha disparado las alarmas de algunos sectores, provocando numerosas voces de protesta, con una resonancia mediática importante. Una parte de estas voces (algunas de forma airada) han señalado como presuntos culpables de esta situación a los biocarburantes, a los que llegan a responsabilizar de las anunciadas subidas de los alimentos básicos.

El debate sobre los biocarburantes no se puede producir perdiendo de vista la situación energética actual. Aunque es necesario considerar de manera inaplazable la manera de modificar nuestras pautas de consumo y fomentar el ahorro energético, -aspecto muy importante y del que demasiado a menudo nos olvidamos-, partimos de una realidad muy concreta. Cientos de millones de coches se mueven en el mundo con derivados del petróleo y, nos guste o no, lo van a seguir haciendo durante los próximos años. Por lo tanto, es imprescindible que el análisis de los aspectos positivos y negativos de los biocarburantes lo hagamos comparándolo, punto por punto, con los derivados del petróleo y que las estrategias de los países respecto a los biocarburantes se basen en una evaluación minuciosa de las oportunidades y los costos económicos, medioambientales y sociales asociados.

La producción mundial de etanol como combustible fue, en el 2006, de cerca de 40.000 millones de litros (Figura 3). De esa cantidad, casi el 90% fue producido en Brasil y en Estados Unidos. Asimismo, cerca de 6.500 millones de litros de biodiesel fueron producidos en el 2006, de los cuales el 75% era producción de la Unión Europea.

Brasil es el mayor productor y consumidor mundial de etanol. Como respuesta a la crisis del petróleo de comienzos de la década de los 70, el gobierno brasileño creó el programa PROALCOOL<sup>1</sup> con el objetivo de aumentar la producción de alcohol de caña de azúcar para usarse como un sustituto de la gasolina. En sus inicios el programa promovió, mediante políticas públicas de beneficios económicos e incentivos fiscales, la sustitución de vehículos de gasolina por vehículos que utilizaran como combustible exclusivamente etanol hidratado. A finales de los años 80 y comienzo de los 90, el descenso en los precios del crudo hizo el mercado del bioetanol menos atractivo y el gobierno redujo las subvenciones, hasta que en 1989 acabó el programa de incentivos. Esto condujo a una nueva política que no promovía la utilización de vehículos para funcionar como bioetanol. En los últimos 15 años

---

<sup>1</sup> Decreto n° 76.593 de 14 de Noviembre de 1975

el etanol se emplea en mezclas con gasolina. En Brasil existe un parque automovilístico de más de 2 millones de vehículos adaptados para funcionar con bioetanol y 16 millones que utilizan mezclas de etanol/gasolina en un porcentaje que oscila entre el 22 y el 25%. El área dedicada al cultivo de caña de azúcar en los últimos años está aumentando de manera considerable para hacer frente a la demanda creciente tanto del mercado interno como de las demandas de terceros países.

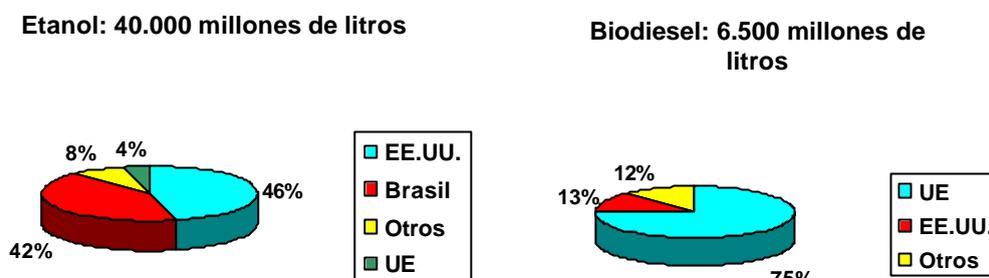


Figura 3. Producción mundial de biocarburantes en 2006

En Estados Unidos el bioetanol, producido a partir de maíz, comenzó a utilizarse como consecuencia de la aprobación en 1978 de la “Energy Tax Act”<sup>2</sup> que introdujo incentivos fiscales para su producción. No obstante, el verdadero impulso al mercado del bioetanol tiene su origen en la prohibición impuesta en algunos Estados del país, por cuestiones medioambientales, de formular las gasolinas con MTBE (metil-terciario-butil-éter), aditivo utilizado hasta el momento para elevar el índice de octano de las gasolinas reformuladas y cumplir los requerimientos ambientales exigidos en la “Clean Air Act”<sup>3</sup> de 1990. Como sustitutivo del MTBE comenzó a utilizarse bioetanol ya que permite mantener las especificaciones de la gasolina reformulada en lo que respecta al contenido en oxígeno. Actualmente se producen en Estados Unidos más de 16.000 millones de litros, lo que supone más del 2% del consumo total de gasolina, y la capacidad de producción de etanol está experimentando una expansión sin precedente, superando las cifras brasileñas. El nuevo objetivo energético de EE.UU. es reducir el consumo de gasolina en un 20% en la próxima década, lo que se llevará a cabo con un mayor incremento de la producción de bioetanol y de otros biocarburantes. El objetivo para 2017 supondrá producir 132.650 Millones de litros de bioetanol; cinco veces más que el actual objetivo de 28.425 millones en 2012 (5).

La Unión Europea también apoya la utilización de biocarburantes con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, impulsar la descarbonización de los combustibles de transporte, diversificar las fuentes de abastecimiento y desarrollar alternativas al petróleo a largo plazo.

La aprobación de la Directiva 2003/30/CE, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables (6) insta a los Estados miembros para que tomen las medidas necesarias para asegurar que en el año

<sup>2</sup> Ley Pública 95-618, 92 Stat. 3174, aprobada por el Congreso de EE.UU. el 9 de noviembre de 1978 como parte de la National Energy Law.

<sup>3</sup> Legislación que regula en EE.UU. las emisiones contaminantes.

2005 un porcentaje mínimo del 2% del combustible para el transporte vendido en su territorio sea biocarburantes. Esta cantidad deberá aumentar progresivamente, de manera que la sustitución alcance el 5,75% en el año 2010. Así, si no se arbitran medidas de ahorro energético, las previsiones indican que en el año 2010 se consumirán en Europa unos 304 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) en el sector del transporte, y la contribución prevista de biocarburantes en ese año debería estar en torno a los 17,5 Mtep, lo que supondrá dedicar unos 18 millones de hectáreas, de una superficie cultivable de 100 millones para los 25 Estados miembros.

El objetivo de 2005 no se ha alcanzado, sin embargo la Comisión Europea ha adoptado una ambiciosa estrategia comunitaria para los biocarburantes (7) dotada de una serie de posibles medidas basadas en el mercado y de carácter legislativo e investigador para potenciar la producción de combustibles a partir de materias primas agrícolas. El documento, que viene a sumarse al Plan de Acción sobre la biomasa adoptado en diciembre de 2005 (8), fija tres metas principales: promover los biocarburantes tanto en la Unión Europea como en los países en desarrollo; preparar su uso a gran escala, mejorando su competitividad en cuanto al coste e incrementando la investigación sobre combustibles de «segunda generación» y apoyar a aquellos países en desarrollo en los que la producción de biocarburantes podría estimular el crecimiento económico sostenible. Extender su uso será sumamente beneficioso por reducir la dependencia de Europa de las importaciones de combustibles fósiles, aminorar las emisiones de gases de efecto invernadero, proporcionar nuevas salidas a los agricultores y abrir nuevas posibilidades económicas en varios países en desarrollo.

Los biocarburantes que no respeten los criterios de sostenibilidad que se establezcan no podrán beneficiarse de los apoyos públicos otorgados a través de las medidas europeas o nacionales y no contabilizarán para el cumplimiento de los objetivos de sustitución obligatoria. En la actualidad, los incentivos para el uso de biocarburantes no tienen en cuenta los beneficios reales en términos de gases de efecto invernadero de los diferentes biocarburantes y su proceso de producción. Vincular los beneficios en términos de gases de efecto invernadero a los incentivos para el suministro de biocarburantes fomentaría la utilización de biocarburantes de segunda generación.

En España, el Plan de Energías Renovables (9) revisó los objetivos del anterior Plan de Fomento de la Energías Renovables para adecuarse a la nueva Directiva y considera la producción de un total de 2.250.000 tep de biocarburantes en el horizonte del año 2010, de los que el 62% corresponderá a producción de biodiesel (1.218 ktep de aceites vegetales puros y 200 ktep de aceites usados) y el 38% restante a bioetanol (550 ktep de cereales y biomasa y 200 ktep de alcohol vínico). En España, los biocarburantes gozan de una exención total sobre impuestos especiales, conforme dispone la Ley 53/2002 de 30 de diciembre de 2002. Dicho impuesto es modulable, en función de la evolución comparativa de los costes de producción de los productos petrolíferos y los biocarburantes.

A pesar de estas medidas, el consumo de biocarburantes en España representó únicamente el 0,53% del mercado nacional de gasolinas y gasóleos

para el transporte en 2006. La reciente reforma de la Ley de Hidrocarburos<sup>4</sup>, que establece que el porcentaje mínimo de biocarburantes en gasolinas y gasóleos con fines de combustión en cualquier tipo de motor deberá alcanzar el 1,9% en 2008, el 3,4% en 2009 y el 5,83% en 2010, impulsará de manera decisiva el mercado de los biocarburantes en España.

## **BIOCARBURANTES DE SEGUNDA GENERACIÓN**

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.

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.

Las políticas actuales de introducción de biocarburantes son muy ambiciosas y podrían, según algunos cálculos, aumentar hasta cinco veces la participación de éstos en el transporte mundial, es decir, desde un poco más del 1% de hoy en día a casi el 6% en el 2020. Este aumento de las previsiones de producción a nivel mundial está levantando voces de alarma ante la previsible competencia entre fines alimentarios y energéticos de las materias primas. Ante esta perspectiva y, aunque los conflictos de competencia por las materias primas entre el mercado energético y el mercado alimentario se han magnificado en los últimos meses, esta competencia puede causar distorsiones en los mercados que deben intentar evitarse.

Hasta la fecha, la producción de biocarburantes en los países industrializados se ha desarrollado bajo la protección de elevados aranceles y de subsidios a los productores de los mismos. Estas políticas perjudican a los países en desarrollo que son, o podrían llegar a ser, productores eficientes y abrir mercados de exportación nuevos y rentables. El reto que enfrentan los gobiernos en los países en desarrollo es poner en práctica normas y diseñar sistemas de certificación para mitigar los riesgos ambientales y los de seguridad alimentaria asociados con la producción de biocarburantes. Es necesario valorar cuidadosamente los beneficios económicos, ambientales y sociales de cada biocarburante y el potencial que éste tiene de mejorar la seguridad energética. Además, a pesar de las continuas mejoras en la eficiencia de los procesos de producción su relativamente alto coste es una barrera crítica para el desarrollo. Hay que considerar que las tecnologías de producción de biocarburantes de primera generación son maduras y, aunque es posible esperar algunas mejoras en el futuro derivadas de la economía que se produce al aumentar la escala (tamaño) de las plantas de producción y de

---

<sup>4</sup> Aprobada por el Parlamento el 14 de junio de 2007

las mejoras técnicas que se vayan produciendo no son previsibles reducciones espectaculares en los coste de producción.

Esta situación, junto con las nuevas propuestas de diversos países que estimulan la producción y el uso de biocarburantes, ha hecho que se depositen tantas esperanzas en los biocarburantes de “segunda generación”, en otras palabras, derivados de plantas o de residuos vegetales que no entran en competencia directa con las utilidades alimentarias. Es, por tanto necesario desarrollar nuevos cultivos más productivos, con menores costes de producción y que no se destinen al mercado alimentario.

Las especies dedicadas a producir biomasa con fines energéticos pueden ser de tipo herbáceo o leñoso y, entre las características ideales para este tipo de cultivos destacan la posibilidad de obtener altos niveles de productividad en biomasa con bajos costos de producción, el tener un balance energético positivo, es decir, que la energía neta contenida en el biocarburante producido sea superior a la gastada en el cultivo y en el proceso de producción y la posibilidad de recuperar fácilmente las tierras después de finalizado el cultivo energético para realizar otros cultivos si las condiciones socioeconómicas así lo aconsejaran.

En este sentido, la colza etíope (*Brassica carinata*), el cardo (*Cynara cardunculus* L.), la Jatrofa (*Jatropha curcas*) y la utilización de los aceites vegetales usados son ejemplos prometedores de materias primas para la obtención de biodiesel en un futuro. Para la producción de bioetanol combustible se están investigando otras especies como la patata (*Helianthus tuberosus* L.) y el sorgo azucarero (*Sorghum bicolor* L.). Estos cultivos, además de su menor coste de producción, serían más rentables para la producción de etanol ya que se podrían emplear los tallos secos (patata) o el bagazo (sorgo) para la producción del vapor y la electricidad necesaria en el proceso de obtención de etanol mejorando el balance global de emisiones de su ciclo de vida

Además de estos nuevos cultivos, los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen en el futuro, un potencial mayor para la producción de biocarburantes. Una gran parte de los materiales con alto contenido en celulosa, susceptibles de ser utilizados para estos fines, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Los residuos agrícolas proceden de los cultivos leñosos y herbáceos y, entre ellos hay que destacar los producidos en los cultivos de cereal y algunos otros cultivos con utilidad industrial textil y oleícola.

Los residuos de origen forestal, proceden de los tratamientos silvícolas y de mejora y mantenimiento de los montes y masas forestales.

También pueden utilizarse residuos generados en algunas industrias, como la industria papelera, y la fracción orgánica de los residuos sólidos industriales. Muchos de estos residuos no sólo no tienen valor económico en el contexto en el que se generan, sino que suelen provocar problemas ambientales durante su eliminación.

Los materiales lignocelulósicos también pueden ser producidos en cultivos dedicados específicamente a la producción de biomasa con fines energéticos. Dentro de estos se pueden diferenciar dos tipos: los orientados a

la producción de materiales leñosos con especies de crecimiento rápido y cultivadas en ciclos cortos, como el eucalipto o el chopo, y los orientados a la producción de especies vegetales anuales, que presentan un elevado contenido en biomasa lignocelulósica.

Todas estas materias primas se caracterizan por su alto contenido en celulosa, un polisacárido formado por largas cadenas de glucosa muy resistentes que hay que romper para extraer su energía. Las tecnologías de segunda generación triplican la producción por hectárea y, a diferencia de las materias primas utilizadas en la producción de biocarburantes de primera generación, no compiten con la producción de alimento. Además, aunque la mayor parte de los estudios científicos coinciden en que los biocarburantes suponen menores emisiones de gases de efecto invernadero (entre un 35 y un 50%), los producidos usando tecnologías de segunda generación (que debería empezar a comercializarse entre 2010 y 2015) podría disminuirlas un cien por cien.

Para la producción de biocarburantes de segunda generación se pueden elegir entre tres grandes opciones. La primera es bioquímica y consiste en extraer los azúcares de la celulosa con la ayuda de enzimas muy activas. La segunda opción consiste en gasificar la materia prima con una mezcla de hidrógeno y de monóxido de carbono, transformando después esta mezcla en un carburante líquido pasando por una serie de etapas intermediarias. La tercera opción consiste en la obtención de un combustible líquido mediante un proceso de pirólisis o licuefacción. Aunque presentan diferente estado de desarrollo ninguna de estas tecnologías ha alcanzado su estado comercial y necesario apoyar de manera decidida la investigación en este campo para hacer que los biocarburantes de segunda generación sean eficientes en términos comerciales.

La producción de este nuevo tipo de biocarburantes también permitirá abrir las puertas a un área de desarrollo denominado biorrefinería, es decir la implantación de una química sustitutiva de la química "convencional" aprovechando recursos renovables y procesos poco contaminantes.

Algunas de las tecnologías de transformación de biomasa lignocelulósica se encuentran ya muy avanzadas. En Europa, existen tres instalaciones piloto basadas en tecnologías bioquímicas (Suecia, Dinamarca y España) y dos más basadas en procesos termoquímicos para producir biodiesel Fischer-Tropsch y biodimetiléter (Alemania y Suecia).

Recientemente, el Departamento de Energía estadounidense ha anunciado una inversión de 385 millones de dólares en los próximos cuatro años para desarrollar seis proyectos de biorrefinerías basadas en distintas tecnologías que hagan que el etanol de materiales lignocelulósicos sea competitivo en coste con la gasolina en el horizonte del año 2012. Estas nuevas biorrefinerías, que supondrán una inversión total de 1.200 millones de dólares, producirán más de 130 millones de galones de etanol de celulosa al año (10).

Las tecnologías para producir carburantes a partir de biomasa lignocelulósica están cercanas a la comercialización y la Investigación y el Desarrollo deben constituir un instrumento importante de las políticas para promover el desarrollo de las tecnologías de segunda generación que puedan

contribuir a una mejor relación coste/eficacia de estos productos. Las tecnologías avanzadas para la producción de biocarburantes también pueden constituir un punto de partida para el hidrógeno producido a partir de recursos renovables, que ofrece la posibilidad de un transporte prácticamente libre de emisiones.

## **CONCLUSIONES**

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 clara prioridad de las políticas energéticas de numerosos países.

Los biocarburantes son en la actualidad la única alternativa renovable en el sector del transporte y se presentan como una oportunidad para aumentar la seguridad energética de los países no productores de petróleo, reducir los gases que generan el efecto invernadero y generar múltiples beneficios para la agricultura y las poblaciones rurales.

Aunque se ha especulado mucho sobre la responsabilidad de los biocarburantes en el aumento de los precios de los alimentos no existen evidencias claras de que sean los responsables de la crisis alimentaria. No obstante, la mera percepción de esta competencia puede causar distorsiones en los mercados. Se debe, por tanto, establecer un consenso a nivel internacional en materia de biocarburantes se tenga en cuenta la seguridad alimentaria y las exigencias energéticas.

El gran desarrollo previsto para los biocarburantes en el contexto europeo no puede basarse en el uso de las materias primas alimentarias tradicionales, debido a las limitaciones productivas que tienen los cereales y cultivos oleaginosos tradicionales y a la concurrencia con las industrias productoras de piensos y alimentos, que siempre tendrían prioridad. Por este motivo, se debe apoyar y potenciar el correcto desarrollo de los biocarburantes de segunda generación que, además de eliminar la competencia por las materias primas alimentarias, podrían ampliar el rango de materias primas a utilizar y aumentar los rendimientos por hectárea. El desarrollo de estas nuevas tecnologías, además de los consabidos beneficios energéticos y medioambientales, potenciará el desarrollo rural de las zonas en que se implanten, con los consiguientes beneficios económicos y sociales. En definitiva, los biocarburantes, en lugar de un problema, representan una oportunidad extraordinaria para potenciar la actividad agraria

Si somos capaces de asegurar las prácticas sostenibles en los cultivos energéticos y el desarrollo de tecnologías avanzadas de transformación, el futuro de los biocarburantes resulta esperanzador, atenuando los riesgos medioambientales y la competencia con el sector alimentario.

La producción de biocarburantes está abriendo las puertas a un campo de desarrollo mucho más amplio que ya se está llamando la biorrefinería, es decir, el desarrollo de una química sustitutiva de la química “convencional” aprovechando recursos renovables y procesos poco contaminantes.

## REFERENCIAS

1. Libro Verde: Estrategia Europea para una Energía Sostenible, Competitiva y Segura. Comisión de las Comunidades Europeas. COM (2000) 105 final.
2. Libro Verde: Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético. [COM (2000) 769 final.
3. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, El Consejo, el Comité Económico y Social y el Comité de las Regiones sobre combustibles alternativos para el transporte por carretera y sobre una serie de medidas para promover el uso de biocarburantes. COM(2001) 547 final.
4. F.O. Litch Consulting Company, Comunicación Personal, 17 de Julio de 2007.
5. Discurso sobre el Estado de la Nación en EE.UU. Disponible en Web: <http://www.agrodigital.com/PIArtStd.asp?CodArt=48775>.
6. Directiva 2003/30/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 sobre promoción del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables para el transporte. L 123/42.
7. Estrategia UE para los biocarburantes. COM (2006) 34 final. Comunicación de la Comisión.
8. Plan de Acción sobre la biomasa. COM 2005 628. Comunicación de la Comisión.
9. Plan de Energías Renovables en España. IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2005
10. Disponible en Web: <http://www.doe.gov/news/4827.htm>.