

Combustibles derivados de la

Aplicación en motores de combustión interna

Panorámica de los factores tecnológicos, económicos y medioambientales de la producción y utilización de biocombustibles líquidos, fundamentalmente en su vertiente de aplicación a los motores de combustión interna .

● **JAIME ORTIZ-CAÑAVATE.** Catedrático. Dpto. de Ingeniería Rural

En muchas partes del mundo, y especialmente en los EEUU y en Europa, se ha propuesto de un modo insistente que los biocombustibles pueden tener un interés manifiesto como cultivos sustitutorios a los actuales excedentarios de tipo alimenticio.

En la actual PAC (Política Agraria Comunitaria), de los 128 millones destinados a la producción alimenticia en 1991, está previsto reducir 7 millones de hectáreas para finales de 1995. La razón fundamental es el enorme coste de almacenaje de los excedentes agrícolas, que representa un presupuesto estimado de 140 millones de ecus a la semana.

Unas posibles soluciones para el cambio de orientación de estos excedentes agrícolas serían:

1. Programa de abandono de tierras (set-aside).

2. Cambiar la orientación de la producción hacia cultivos no alimentarios como son los de tipo energético o biocombustible.

Esta segunda orientación tiene como ventaja la diversificación de las fuentes de energía, así como un mejor balance del CO₂ en la atmósfera (reducción del efecto invernadero) y unas claras ventajas de índole social al conseguir un mayor empleo de la mano de obra disponible en el campo.

Al precio actual del barril de petróleo por debajo de los \$20, los biocombustibles no pueden ser competitivos, considerando sólo el punto de vista del coste de la energía, pero hay que tener en cuenta que en el caso de los combustibles fósiles, sólo se tienen en cuenta los costes de extracción y refino, mientras que con los biocombustibles hay que considerar además los costes de producción.

Cuando consideramos que se debe dedicar un porcentaje de la tierra cultivada para producir energía, en realidad estamos reproduciendo lo que era usual antes de la motorización de la agricultura moderna, cuando era necesario dedicar alrededor del 20% de la superficie total a producir alimento para los animales de labor como caballos, mulas, bueyes, etc.

Vamos a considerar únicamente los biocombustibles líquidos (aceites y alcoholes) que son los que más posibilidades tienen en el futuro para su aplicación en motores de combustión interna.

Aceites vegetales y metilésteres

La producción de aceites vegetales es posible realizarla a partir de más de 300 especies vegetales distintas. El aceite puede ser extraído (en general a partir de las semillas o los frutos) por pirólisis o por compresión y extracción. Los aceites obtenidos por pirólisis no resultan adecuados para su uso en motores de combustión interna; sí lo son los obtenidos por compresión y extracción, tras un proceso de refinado. Una operación adicional —las transesterificación— permite obtener los ésteres a partir de aceites vegetales, que resultan de aplicación directa en los motores diesel de inyección directa.



biomasa

Los cultivos más prometedores en nuestras condiciones para la producción de aceites vegetales son los de colza y girasol. Partiendo de 3.000 kg de semilla de colza (la producción aproximada de 1 ha) más un aporte de 110 kg de metanol, se pueden obtener 1.000 kg de metilésteres, 1.900 kg de torta rica en proteína para alimentación animal y 110 kg de glicerina.

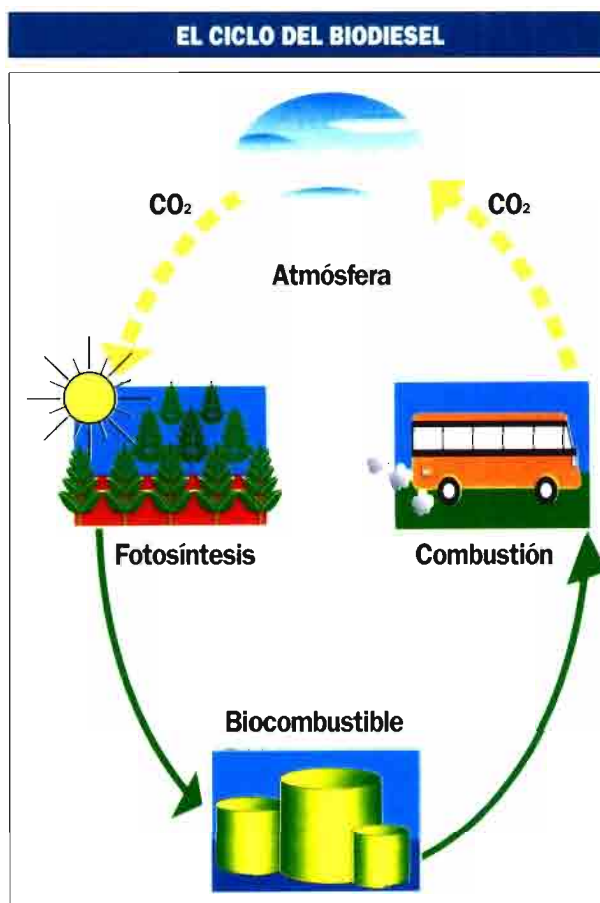
Tanto la producción de colza como de girasol dan una buena relación de producción/consumo de energía (del orden de 2,8, incluyendo la energía de metilésteres, torta proteínica y glicerina) y una considerable producción neta de energía en el proceso global hasta la obtención de metilésteres (del orden de 40-50 GJ/ha). En el **cuadro 1** tenemos unos valores indicativos del balance energético para los cultivos oleícolas consideradas.

La obtención de aceites vegetales de cultivos como girasol y colza se puede realizar en las siguientes fases:

a) Producción de aceite crudo: la producción de aceite crudo a partir de plantas oleaginosas productoras de semillas se puede realizar siguiendo dos procesos diferentes, pero que también pueden ir combinados:

- Prensado. El aceite es prensado mecánicamente, normalmente mediante prensas de tornillo sin fin, calentando a veces la masa para conseguir un mayor rendimiento de aceite.
- Extracción. En este caso el aceite es removido de la semilla próximamente al 100% mediante la acción de un disolvente (normalmente etano). Este proceso requiere mucha más energía que el de prensado y normalmente sólo se emplea a continuación del prensado para extraer el aceite remanente que queda en la parte residual.

b) Refinado de aceite: para la utilización del aceite vegetal en motores es necesario refinar hasta que esté a punto el aceite crudo. Después de ciertos tratamientos industriales se obtiene un aceite denominado «semi-refinado» apto para ser utilizado como combustible sin que sean necesarios otros tratamientos como el de desodorización o clarificado.



c) Esterificación: la idea más extendida es que el aceite combustible debe adaptarse a los motores diesel y no viceversa. Una forma sencilla de adaptar los aceites vegetales a las exigencias de los motores diesel es su esterificación, que consiste en disgregar la estructura molecular compleja de estos aceites mediante su reacción con un alcohol (normalmente metanol) produciendo unos ésteres y glicerina. (**Fig. 1**).

La producción de glicerina podría suponer un problema de excedente si apareciera en grandes cantidades en el mercado mundial.

Los aceites vegetales refinados pueden ser utilizados en algunos tipos de motores diesel (de inyección indirecta), pero no pueden ser empleados en los motores diesel normales de inyección directa. En cambio, el metiléster (también llamado bio-

► Serán necesarios subsidios públicos para aumentar la producción de materias primas

diesel) posee características similares a las del gasóleo y puede ser utilizado en cualquier tipo de motor diesel, solo o en mezcla, con algunos problemas menores:

- Dilución en el aceite del motor. Parte del aceite utilizado como combustible pasa a través del pistón y se mezcla con el aceite del motor. Esto puede afectar a la correcta lubricación, lo que obliga a cambiar el aceite con mayor frecuencia.
- Compatibilidad. Los metilésteres pueden disolver algunos tipos de pinturas. También los elementos de caucho pueden ser afectados.
- Funcionamiento en frío. Por debajo de 0 °C se deben añadir aditivos para mejorar el arranque y el paso por los filtros.

Etanol y metanol

El etanol, sea cual sea su origen, puede utilizarse en muy diferentes campos; esta versatilidad es una de sus principales ventajas. Sus usos fundamentales son alimentación y energía, tanto en combustión directa como fundamentalmente en motores de combustión interna. Las ventajas técnicas del bioetanol (etanol obtenido desde la biomasa) no son relevantes con respecto a los combustibles tradicionales, siendo las consideraciones económicas las que establecen un interés práctico.

El etanol es un combustible similar a la gasolina. Se utiliza en la actualidad en los vehículos de los Estados Unidos y de la Unión Europea mezclado con gasolina, en concentraciones bajas (10%). También se utiliza en Brasil, en mezclas del 20% e incluso pueden llegar hasta el 100%. Un motor de explosión puede ser fácilmente adaptado para funcionar con alcohol o con mezclas de alcohol y gasolina.

Las materias primas de origen agrícola que pueden ser empleadas en la producción de etanol en la UE son normalmente el trigo, la remolacha, la patata, la patata y el sorgo, entre otras. En Europa Central y otras áreas de la UE, parte de estos cultivos podrían en el futuro orientarse en este sentido. En países tropicales, como Brasil, se emplea la caña de azúcar para obtener etanol.

El proceso de obtención varía según la materia prima, pero siempre incluye una fermentación y una destilación posterior, hasta obtener una pureza del 99,5%, necesaria para su uso en motores de combustión interna. A partir de 1.000 kg de trigo se obtienen alrededor de 285 kg de etanol. En el **cuadro II** se expresa la producción de etanol a partir de diversos cultivos.

La relación «producción/consumo de energía» en la obtención de etanol a partir de remolacha es del orden de 1,5 menor que en la producción de metilésteres a partir de colza. La producción neta de energía es del orden de 50 GJ/ha. El coste de producción de etanol a partir de mate-

ria vegetal es actualmente el doble que el de etanol de origen petrolífero. Sin embargo, otras cuestiones (sociales y medioambientales) hacen que se utilice esta técnica de hecho en diversos países como los anteriormente mencionados.

El uso del etanol en los diversos países del mundo ha permitido identificar las ventajas y desventajas de su utilización. Como ventajas técnicas se pueden apuntar:

- Mejores prestaciones globales de los motores.
- Incremento del par y del valor energético por unidad de volumen de la mezcla.

alcanzar las exigencias de octanaje de la gasolina.

Beneficios potenciales

El desarrollo de nuevos cultivos energéticos y el uso alternativo de cultivos tradicionales puede producir una serie de beneficios potenciales, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Mejora en el uso de los recursos agrarios. El desarrollo de mercados alternativos para productos agrícolas puede llevar a un mejor aprovechamiento del suelo agrícola, subutilizado en muchas zonas europeas. Aproximadamente 0,8 millones de ha se han abandonado ya para el cultivo en la CE dentro del programa «set aside». Sería interesante una reorientación en el uso de esos terrenos. Dado que existen excedentes en una gran parte de los cultivos para alimentación humana o animal, la tendencia es promover los cultivos de uso no alimentario. Por otra parte, el abandono de tierras puede conducir a problemas sociológicos y medioambientales.
- Reducción de los excedentes y del gasto derivado. La introducción y desarrollo de cultivos energéticos puede potencialmente reducir los problemas de excedentes, dedicando una parte de la superficie de los cultivos excedentarios a estos nuevos cultivos. Sin embargo, la sustitución puede conducir a resultados no previstos; son necesarios estudios económicos para prever las posibles consecuencias. Por ejemplo, el uso de remolacha, patata o trigo en la producción de etanol puede alterar sus precios.



Los aceites vegetales y los ésteres de la soja se pueden obtener fácilmente. En la foto pequeña, un autobús alimentado con biodiesel en Zurich.

- Combustión más completa, menores emisiones de monóxido de carbono y menos residuos sólidos.

Como ventajas socioeconómicas tenemos:

- Incremento del número de puestos de trabajo para mano de obra no cualificada en el medio rural.
- Menor dependencia energética.
- Mejor distribución teórica de la riqueza.

Como inconvenientes se apuntan:

- Mayor consumo, teniendo en cuenta el menor valor calorífico del etanol.
- Problemas por emisiones de aldehídos y por el posible contenido en ácido sulfúrico.
- Problemas de almacenamiento.

En cuanto al metano, es frecuentemente mencionado como el mejor combustible para el futuro transporte de superficie, de-

bido a su gran versatilidad. El balance energético es mejor en la producción de metanol que en la de etanol, es por otra parte menos volátil y menos peligroso en caso de accidentes de tráfico, dado que su combustión puede apagarse con agua. Sin embargo sus emisiones resultan nocivas para la salud, afectando especialmente a los ojos.

Actualmente, el metanol puede usarse como combustible en motores de explosión interna, en una mezcla del 33% de metanol, 60% de etanol y 7% de gasolina, pero los resultados hasta ahora no son tan satisfactorios como con etanol sólo.

Tanto el etanol como el metanol forman parte de los compuestos oxigenados que pueden utilizarse como aditivos par



Incremento en las rentas agrícolas y en la diversificación de mercados. La reforma de la PAC trata de eliminar los precios de intervención y la compra pública para permitir a los precios agrícolas aproximarse a los niveles internacionales. Como la agricultura actual se basa en la producción de un número limitado de productos con precios a la baja, las rentas de los agricultores europeos están disminuyendo.

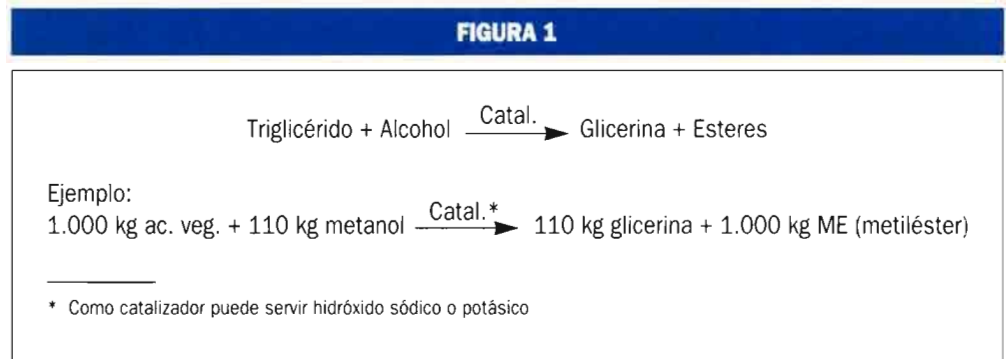
En este contexto, las tierras destinadas al set-aside podrían dedicarse a usos ali-

mentarios recibiendo apoyo económico. Los agricultores, entrando en programas de reforestación y del cultivos energéticos, diversificarían sus ingresos y aumentarían sus ganancias globales. El ahorro obtenido en la reducción del apoyo a los cultivos excedentarios podría emplearse en incentivar este tipo de programas. Ello originaría los siguientes beneficios:

- Revitalización de economías rurales y generación de empleo. Los cultivos energéticos y el uso de biocombustibles puede apoyar las economías rurales en, al menos, dos aspectos: por el uso adicional de los recursos de la explotación agrícola, creando empleo directo, y por la manufactura y comercialización del producto, que deberá ser otra fuente de riqueza en la comunidad rural. Sin embargo, es necesario un estudio más amplio sobre el mecanismo a seguir en el proceso.

Por otro lado, las sociedades rurales consumen cantidades importantes de energía (más del 4% de la energía total en la CE) en forma de consumo directo, en transporte de productos agrícolas o en bienes de producción. Sería interesante que la energía obtenida por cultivos energéticos cubriera parte de las necesidades del área rural en la que es producida.

- Mejora de la competitividad inter-



nacional: La promoción de nuevos usos para los cultivos tradicionales, o los cultivos bioenergéticos, pueden desarrollar la exportación de los bienes industriales o tecnologías correspondientes. Además, toda mejora en la reducción de excedentes puede ayudar a encontrar soluciones en cuestiones como el GATT.

- Otras ideas interesantes son la biodiversidad que genera la introducción de nuevos cultivos y la posibilidad de renovar estos recursos de forma permanente, cara a las generaciones futuras.

En el caso de que los biocombustibles pasaran a constituir una parte importante de suministro de energía dentro de la UE sería más conveniente utilizar aceites vegetales y sus ésteres así como productos celulósicos y residuos orgánicos. Los culti-

vos para obtención de azúcar o almidón (maíz, trigo, remolacha, caña) tienen mercados establecidos que pueden verse afectados.

Los aceites vegetales y sus ésteres se pueden obtener fácilmente (girasol, soja, colza) pero necesitarían apoyo económico público y estudios agroeconómicos amplios para predecir los resultados de la sustitución de cultivos alimentarios por cultivos energéticos.

Acción de los biocombustibles sobre el medio ambiente

En los últimos años, UE ha tomado conciencia de la importancia de los problemas medioambientales. En muchos casos, el excesivo énfasis en la producción ha llevado a la sobreexplotación y degrada-

En componentes de pulverización nadie cubre el campo como TeeJet.[®]

TeeJet
 Spray Systems Co.
 P.O. Box 790, Phoenix, U.S.A. 85105-7900

Para un catálogo gratuito de productos de pulverización TeeJet, puede dirigirse por escrito a:
 Compañía Americana de Suministros S.A.
 Cristóbal Bordinó 23, bajo, 28003 MADRID
 Tel: 01-533 7259, Fax: 01-533 4059, Telex: 226888 vlas e



Una montaña de sémola de soja en un centro de almacenaje.

ción de los recursos naturales —suelo, agua y aire— de los que, en definitiva, depende la agricultura. Los biocombustibles pueden ayudar a mejorar esta situación.

Una gran parte de los efectos beneficiosos asociados a los biocombustibles provienen de la reducción en parte de los gases nocivos emitidos por los motores alimentados con combustibles fósiles: monóxido de carbono, hidrocarburos no consumidos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, plomo, etc. La sustitución de aditivos puede resolver algunos de estos problemas, como el plomo en la gasolina.

Un segundo conjunto de problemas es el recalentamiento global de la atmósfera provocado por el dióxido de carbono liberado por la combustión de combustibles fósiles, a causa del efecto invernadero.

Respecto a las emisiones de gases, la introducción de biocombustibles como sustitutos de los combustibles fósiles permitiría:

- Una reducción general de los niveles

de dióxido de carbono y consecuentemente.

- Una reducción potencial en el efecto invernadero.
- Un ligero incremento en los niveles de óxido de nitrógeno.
- Un incremento en el nivel de aldehídos en vehículos sin catalizador. No hay suficiente información respecto a los equipados con catalizador.
- En las mezclas de compuestos oxigenados con gasolina, importantes reducciones en el nivel de monóxido de carbono.

En este aspecto, es interesante intensificar los esfuerzos de investigación en las tecnologías para una menor aplicación de fertilizantes y fitosanitarios y en temas como el laboreo mínimo o la siembra directa. Es importante destacar que el uso de laboreo mínimo o no-laboreo reduce la erosión con respecto a los sistemas tradicionales de cultivo y respecto a las tierras sin cultivar. Por lo tanto, un cultivo energético llevado a cabo con estas técnicas

conservaría mejor el suelo que un terreno sin cultivar, lo cual es un factor a tener muy en cuenta en ciertas zonas europeas con graves problemas de erosión.

Incluso los suelos contaminados por metales pesados, no aptos para cultivos para consumo, se pueden recuperar dedicándolos a los cultivos energéticos.

Análisis económico de los biocombustibles

La subida del precio del petróleo en el año 1973 y la crisis energética del año 1979 ha tenido como consecuencia el rediseño de la política energética en los países desarrollados. Uno de los objetivos de estas nuevas políticas es reducir las importaciones de petróleo y gas natural, con vistas a asegurar la estabilidad del precio de la energía con respecto a las fluctuaciones internacionales.

Los cultivos bioenergéticos presentan las ventajas de ser renovables, autóctonos y de interés medioambiental. Sin embargo, el coste de producción de los biocombustibles es actualmente el doble del coste de la gasolina previamente a la aplicación de impuestos. Por lo tanto, los biocombustibles no son competitivos sin un apoyo económico de los gobiernos respectivos.

El precio de la materia prima agrícola es una parte importante en el coste total de los biocombustibles. Por ello, las decisiones de la PAC sobre el precio de estas materias primas —por ejemplo, el trigo— son de gran importancia. La situación es diferente si la materia prima se puede obtener a bajo coste, en situaciones de excedentes.

En cuanto a los posibles mercados, el transporte y la industria son los principales consumidores de energía, con similar importancia. No es probable que la mayor parte de las importaciones de petróleo puedan ser reemplazadas sino gradualmente a lo largo de un largo período de tiempo. Más sencilla es la utilización de compuestos oxigenados, como el metanol o el etanol, como aditivos para alcanzar las exigencias de octanaje en las gasolinas.

Los biocombustibles pueden tender a comercializarse, al menos inicialmente, por comerciantes independientes, dada la dispersión en la producción. La mayor parte de los clientes serán probablemente los propios agricultores o cooperativas rurales públicas o privadas.

Serán necesarios subsidios públicos para aumentar la producción de materias primas para biocombustibles más allá de los excedentes y de los residuos alimentarios, tanto en el caso de los bioalcoholes como en el de los aceites vegetales, como combustibles o como aditivos.

CUADRO I. BALANCE ENERGETICO PARA LOS CULTIVOS OLEICOLAS

Cultivo	Producción en grano (kg/ha)	Relación energética output/Input	Producción energética neta (GJ/ha)
Girasol	2.600	2,8	43,3
Colza	2.700	2,8	43,4

CUADRO II. PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE DIVERSOS CULTIVOS

	Trigo	Remolacha	Sorgo dulce	Patata
Producción (t/ha)	6,7	60	70	70
Factor de conversión (l/kg)	0,37	0,09	0,053	0,08
Producción de etanol (l/ha)	2.480	5.400	3.680	5.600