

# PERSPECTIVA

## AMBIENTAL 24

### Biocombustibles



Abril 2002

P E R S P E C T I V A  
A M B I E N T A L 24

**Edición:**

Associació de Mestres Rosa Sensat  
Drassanes, 3 • 08001 Barcelona  
• Tel: 93 481 73 73 • Fax: 93 301 75 50  
Fundación TIERRA  
Avinyó, 44 • 08002 Barcelona  
• Tel: 93 304 02 20 • Fax: 93 304 02 21  
<http://www.ecoterra.org>

**Redacción:**

Jordi Romero y Jordi Miralles

**Foto portada:**

Campo de girasoles

**Imágenes interiores:**

ENERGEA GmbH, Fundación Tierra, Junta de Residuos,  
SCANIA.

**Ilustraciones:**

Jordi Alba

**Impreso sin fotolitos con el sistema Computer to Print. Autoedición hecha en ordenadores alimentados con energía fotovoltaica. Maquetado con Adobe Page Maker 7.0**

Impreso en papel ecológico

**Impresión:**

Romanyà-Valls

**Depósito Legal:** B. 2090-1975

**Biocombustibles**

La energía que viene del Sol  
El concepto de biomasa  
Métodos de conversión de la biomasa en energía  
La necesidad de reducir las emisiones a la atmósfera  
Los biocombustibles  
Aplicación de los biocombustibles  
El reciclaje de los aceites de freír  
Los biocarburantes a lo largo de la historia  
Los cultivos energéticos  
La crisis como motor de desarrollo  
Aspectos ambientales asociados a la utilización de los biocarburantes  
El papel de los biocombustibles en la nueva Política Agraria Comunitaria  
Aspectos sociales y económicos de los biocombustibles  
El motor diesel con aceite vegetal  
La experiencia de las experiencias  
¿Qué podemos hacer nosotros?

**De la mesa al motor**

Biocarburantes en la escuela  
Cómo hacer biodiesel  
Una advertencia relativa a la seguridad  
Recursos, bibliografía e internet

*Generar energía con productos naturales vegetales o con residuos es una más de las posibilidades a nuestro alcance para reducir la contaminación atmosférica causada por los motores de explosión. Los aceites vegetales son una fuente de energía desconocida. El biodiesel, es decir, el combustible obtenido de productos agrícolas, es el biocombustible con más futuro.*

## Biocombustibles

Fundación TIERRA\*



\* La Fundación TIERRA es una fundación privada que tiene por objetivo canalizar y fomentar iniciativas que favorezcan una mayor responsabilidad de la sociedad con los temas ambientales.

## La energía que viene del Sol

El Sol es el gran motor energético de nuestro planeta. Una de las principales fuentes de transformación de la energía solar en energía química (capitalizada en forma de materia viva) es la reacción química conocida por fotosíntesis. El crecimiento de las plantas y también la producción del oxígeno necesario para la vida están ligados a la fotosíntesis con un rendimiento de un 30 %. Las plantas, tomando el dióxido de carbono de la atmósfera y el agua, son capaces de sintetizar compuestos más complejos. A continuación, gracias a la respiración, se produce el efecto contrario rompiendo estas moléculas de carbono con el oxígeno para obtener la energía contenida en estos enlaces químicos, al mismo tiempo que se libera dióxido de carbono y vapor de agua.

La originalidad de la fotosíntesis es que toma la energía de los fotones de la luz del Sol y de las materias disponibles en la naturaleza (carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio y agua),

a partir de los cuales se almacena en forma de macromoléculas (glucosa, principalmente). Aunque el rendimiento energético de la fotosíntesis es muy bajo (entre un 3 y un 5 % de la energía solar se convierte en biomasa), lo compensa el hecho de que la energía solar es inagotable. A pesar de este bajo rendimiento, las plantas terrestres tienen un contenido energético de  $3 \times 10^{21}$  julios, es decir, unas 10 veces el consumo de la energía primaria de principios de los años noventa. Actualmente, el aprovechamiento de las plantas para fines energéticos en los países industrializados no supera el 5 %, mientras que en los países no desarrollados constituye la principal fuente de energía.

La biomasa de las plantas se puede utilizar directamente a través de un proceso de combustión o bien transformando sus elementos en otras



Los biocombustibles son una fuente de energía que fomenta la economía solar. Es necesario incentivar que la biomasa se explote con criterios de sostenibilidad.

sustancias que se puedan utilizar como combustibles con un rendimiento energético más grande.

El potencial de la biomasa en el Estado Español se evalúa en unos 25,7 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo), una cifra muy superior a los consumos energéticos de nuestra industria. A pesar de que la Administración estima unos recursos utilizables de 10 Mtep, el Plan Energético Nacional no prevé un aprovechamiento superior a los 3 Mtep. Todo un contrasentido.

### El concepto de biomasa

Por biomasa entendemos el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de ésta. La biomasa tiene en común que deriva directa o indirectamente del proceso de la fotosíntesis. Por este motivo, se la considera una fuente de energía renovable. Es decir, que la energía que puede obtenerse de la biomasa proviene de la luz del Sol. El concepto de biomasa energética incluye todos los materiales vegetales que no pueden utilizarse con fines alimentarios o industriales. Por tanto, todos los productos alimentarios y los combustibles fósiles (a pesar de ser también el resultado de una forma de almacenamiento de la energía solar) no se incluyen dentro del concepto de biomasa.

Según su origen, la biomasa se clasifica en las siguientes formas:

- Biomasa natural: la que producen los ecosistemas silvestres. El 40 % de la biomasa que se produce en la Tierra, aproximadamente, está en los océanos. En la explotación de esta biomasa cabe vigilar el hecho de no explotar los recursos por encima de la tasa de renovación del ecosistema, ya que, si así fuese, el ecosistema se vería afectado de una forma irreversible y, con él, la supervivencia de la especie en interés. Cabe tener en cuenta que la extracción de biomasa de

un ecosistema natural con la finalidad de usarla como combustible significa la liberación en la atmósfera de una cantidad de carbono equivalente que hasta entonces permanecía confinada en el seno del ecosistema natural. Por este motivo, para la explotación de biomasa es preciso una planificación que sea sostenible, a fin de que el ecosistema incorpore nuevos individuos, que a la vez capturarán más CO<sub>2</sub> atmosférico.

- Biomasa residual: la que se puede extraer de los residuos agrarios y forestales y de las actividades humanas. Las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera, generan una serie de residuos y subproductos que son utilizables como biomasa para obtener energía. Otros materiales derivados de la biomasa aprovechables por su valor energético son los residuos biodegradables (vertidos ganaderos, vertidos de aguas residuales, cienos de depuradora, etc.). El potencial de los 40 millones de toneladas de residuos ganaderos podría ser convertido en unos 2.000 millones de metros cúbicos de biogás con un

potencial energético de 1,2 tep/año. La fracción orgánica de los residuos municipales (papel, madera, restos de comida, etc.), sólo por lo que respecta al valor energético de los residuos municipales (teniendo en cuenta que alrededor del 45 % es materia orgánica), es de unos 2.500 kWh/año (recordemos que el consumo eléctrico anual de una familia es de unos 3.000 kWh/año). En el Estado Español se evalúa en unos 10.000 MW/año, aunque no se aproveche más de un 5 %. Las plantas incineradoras de Cataluña tratan unas 700.000 toneladas anuales de residuos con un potencial de recuperación de energía de 39 MW. El potencial estimado de biogás extraíble es de 140 millones de m<sup>3</sup>/año.

- Cultivos energéticos: recibe esta denominación cualquier cultivo agrario cuya única finalidad sea proporcionar material para destinarlo a su aprovechamiento energético. Los cultivos que suelen labrar con esta finalidad se caracterizan por dos aspectos concretos. Por una parte, por su alta producción por unidad de superficie y año y, por otra, por los pocos requerimientos que exige su cultivo.



La biomasa de estos cultivos intensivos puede contribuir a aligerar la presión ambiental de los combustibles fósiles, los cuales, por otra parte, se consumen también en la actividad agraria.



En el año 2001 las petroleras españolas vendieron 8,4 millones de toneladas de gasolina y 25,9 millones de toneladas de gasóleo, cifras que suponen un aumento del 0,6 % y del 6,6 % con respecto al año 2000.

### **Métodos de conversión de la biomasa en energía**

La biomasa puede ser transformada en procesos líquidos, sólidos y gaseosos. Los procesos para obtener esta energía pueden ser de tipo físico (alterando la materia), termoquímicos (descomponiendo la biomasa) o bioquímicos (con la ayuda de microorganismos).

Tradicionalmente, a la biomasa se le ha extraído la energía a través de la combustión, es decir, aprovechando su capacidad de oxidarse con el oxígeno del aire cuando está seca y disfrutando del calor que genera esta reacción en la cual se libera gas carbónico y vapor de agua. Otra forma es la pirólisis o combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno a unos 500 °C tal y como se hacía en las carboneras en el bosque con la leña. La biomasa tratada de esta forma mejoraba su rendimiento energético. Más modernamente hemos aprendido a gasificarla con la denominada pirólisis *flash* que consiste en someter la biomasa a 1.000 °C durante unos segundos. Se obtiene un gas pobre, pero que puede servir de base para la síntesis de metanol, el cual tiene un importante

poder energético y se puede usar como sustituto de los combustibles fósiles. A estos procesos les podemos llamar termoquímicos.

Sin embargo, también existen los denominados métodos biológicos, entre los cuales cabe destacar la fermentación alcohólica, la cual consiste en convertir los azúcares (glucosa, almidón, etc.), previa hidrólisis, en medio ácido y destilar este producto para obtener alcohol etílico. Es un proceso que

requiere una importante aportación de energía. En países como Brasil, con cultivos ricos en azúcares, la fabricación de etanol como combustible ha sido muy usual. La fermentación metánica es la digestión sin oxígeno gracias a la acción bacteriana. Es útil para transformar la biomasa con un contenido de humedad superior al 75 %. En los digestores, la celulosa se degrada en un gas que contiene un 60 % de metano y un 40 % de dióxido de carbono, el cual no se puede aprovechar y es necesario separar del metano.

### **La necesidad de reducir las emisiones a la atmósfera**

Es evidente que, con un consumo energético mundial de 11.500 Mtep/año obtenidos mayoritariamente de combustibles fósiles, la atmósfera planetaria se debe resentir. Al fin y al cabo, el petróleo que quemamos en un año tardó un millón de años en formarse. Es decir, que liberamos en la atmósfera el CO<sub>2</sub> capturado en épocas pretéritas. Algunos científicos marcan el límite de 580 ppm de dióxido de carbono a la atmósfera. A principios del siglo XIX era tan sólo de 280 ppm y al final del siglo se situaba en unos 380 ppm. Si no queremos llegar a un nivel peligroso para la supervivencia humana,

convendría reducir el consumo de energías fósiles. Los expertos señalan que, por precaución, sería conveniente reducir el consumo de combustibles fósiles en un 40 % con respecto al valor de 1988. Actualmente, se continúan liberando alrededor de unas 9 Gt de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, de las cuales 7 Gt proceden directamente de la combustión de los productos fósiles y 2 Gt de carbono de la deforestación. La mitad se calcula que se disuelve en los océanos, pero una fracción considerable queda libre en la atmósfera e incrementa la proporción de gas carbónico y es la responsable del denominado efecto invernadero. Pensemos que, cuando usamos la biomasa vegetal como fuente de energía, quiere decir que la cantidad de emisiones a la atmósfera es solamente de un 10-15 % de las del gas natural y entre un 8-10 % con respecto al carbón.

En cuanto al dióxido de azufre, cabe decir que la biomasa como la paja o la madera no están exentas como el gas natural, pero presentan proporciones de 4 veces con respecto al fueloil o de 5 veces con respecto al carbón.

Es obvio que, si aprovechamos la capacidad energética de los vegetales, contribuimos a

reducir las emisiones de carbono en la atmósfera con respecto a los combustibles fósiles tradicionales.

Podemos afirmar que el potencial energético de los vegetales y, por tanto, de la biomasa, fue conocido por los humanos desde el momento en que descubrieron el fuego. En este sentido, la biomasa vegetal puede ser considerada como la fuente de energía renovable más antigua que se conoce. La biomasa será renovable en la medida en que sepamos gestionar la capacidad de regeneración de la planta que usemos. Además, la vegetación, las plantas, se distribuyen por toda la superficie de la Tierra de una manera bastante equilibrada. Por otra parte, para extraer el crecimiento de la biomasa vegetal, no es preciso utilizar técnicas de explotación intensiva, sino que pueden hacerse aprovechamientos de tipo extensivo siguiendo sus ritmos anuales. El cultivo de biomasa para la fabricación de biocombustibles potencia la sostenibilidad local, regional y nacional en materia energética en todas las partes del mundo.

## Los biocombustibles

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, esteres y otros productos químicos que provienen de estos compuestos orgánicos de base celulósica (biomasa) que se extraen de plantas silvestres o de cultivo. El término biocombustible se aplica tanto a los combustibles destinados a producir electricidad como a los que se utilizarán en los medios de transporte.

Nos centraremos en un tipo concreto de



El gas natural es una de las tecnologías disponibles para reducir la contaminación urbana causada por el transporte colectivo. La ventaja de los biocombustibles es que son un recurso renovable ligado a la economía solar.

biocombustibles: los biocarburantes o biocombustibles líquidos. Principalmente, los biocarburantes están destinados a la automoción; sin embargo, representan un sector, el transporte, muy relevante en el camino hacia la renovación de la economía energética actual.

El término biocarburantes agrupa al conjunto de combustibles líquidos de origen orgánico que provienen de las distintas transformaciones que ha sufrido la materia orgánica. Los biocarburantes se pueden dividir en dos grupos básicos. Por una parte, encontramos los bioalcoholes, que provienen de la fermentación alcohólica de

### Residuos forestales y agrarios convertidos en biocombustibles

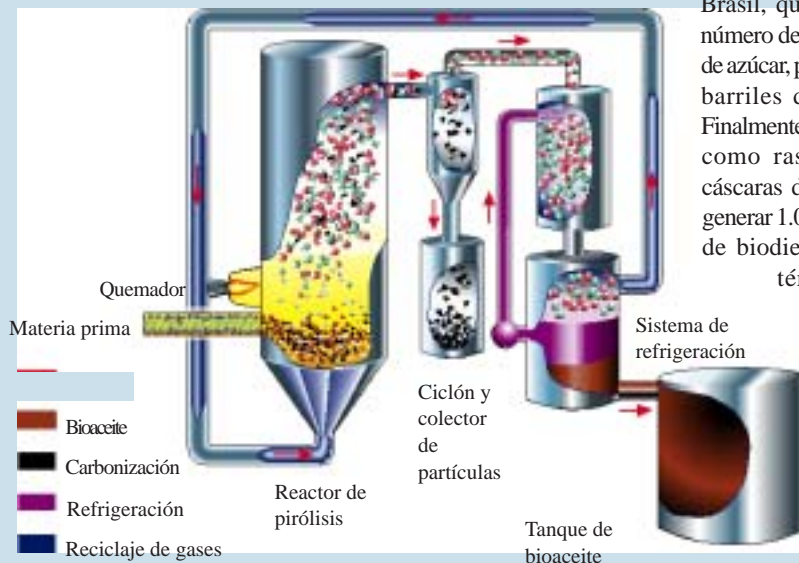
La biomasa de residuos vegetales forestales y agrícolas (serraduras, corteza, paja, etc.) en ausencia de oxígeno (pirólisis rápida) se puede convertir en bioaceite. Éste es un proceso patentado por la empresa DynaMotive y denominado BioTherm.

Se inyecta en un reactor una mezcla de trinchado de residuos vegetales, donde un quemador a una temperatura de unos 450 a 550 °C lo vaporiza. El gas y los restos de partículas se separan en un ciclón. El gas libre se envía a un tanque de refrigeración que permite hacer condensar el bioaceite y los gases que no se condensan se devuelven al proceso para complementar el combustible que proporciona un 75 % de la energía que se necesita en el proceso de pirólisis.

En este proceso se obtienen tres productos: biodiesel (60-75 % del peso), partículas carbonizadas (15-25 % del peso) y gases no condensables (10-20 %). Las partículas carbonizadas permiten obtener un pelet o briqueta que se puede utilizar como combustible en estufas caseras. El biodiesel se puede usar en cualquier motor diesel. La calidad y cantidad de biodiesel que se obtiene mediante el proceso BioTherm depende de los residuos vegetales. La corteza y las serraduras de restos vegetales y los residuos de la industria del azúcar son los de más rendimiento.

Este proceso tecnológico para fabricar biocombustibles podría ahorrar quemar muchas toneladas de combustible fósiles contaminantes. Pensemos que en el mundo se producen unos 100 millones de toneladas de residuos forestales que potencialmente podrían convertirse en 300 millones de barriles de biodiesel. Asimismo, la industria del azúcar genera 560 millones de toneladas de residuos húmedos, la mitad de los cuales se puede convertir en biodiesel y permitir fabricar unos 400 millones de barriles de biodiesel. Sólo

Brasil, que concentra un buen número de plantas de tratamiento de azúcar, podría producir 500.000 barriles de biodiesel al año. Finalmente, los residuos agrícolas, como rastrojos de cereales, cáscaras de arroz, etc., podrían generar 1.000 millones de barriles de biodiesel al año. En otros términos, la pirólisis rápida de residuos vegetales podría representar el 10 % de la producción de barriles de petróleo que cada año se consumen en el planeta.





cultivos vegetales ricos en almidón y, por otra, los bioaceites, derivados de diversos tipos de especies oleaginosas, así como también de la transformación de los aceites vegetales fritos.

La ventaja de este tipo de combustible radica en su origen. Proviene de material de forraje vegetal, al cual se le ha extraído parte del dióxido de carbono que se podría liberar en la atmósfera. Por eso, la utilización de los biocarburantes como combustibles no comporta un aumento neto de dióxido de carbono a la atmósfera, de manera que contribuye a minimizar el efecto de los gases invernadero.

### *Biodiesel*

Es un ester similar al vinagre que se obtiene a partir de una serie de aceites vegetales, fundamentalmente de sus semillas, y los frutos

de plantas como la soja, la colza, la palma y el girasol. Aunque estas especies suelen ser las materias primas más utilizadas en su producción, se puede obtener a partir de más de 300 especies vegetales. También se obtiene a partir de la transformación del aceite vegetal de cocina frito. Esta última opción ha cobrado fuerza ante la necesidad de reciclar los aceites usados de la cocina, especialmente procedentes de bares, restaurantes y asadores.

Para poder conseguir los aceites vegetales contenidos en las semillas oleaginosas es necesaria una extracción química a través de procesos de compresión, extracción o pirólisis. Con este proceso, obtenemos un aceite bruto sin refinar que, aunque puede ser usado directamente como combustible, requiere una profunda transformación de los motores o la utilización de motores específicamente



La compañía ENERGEA Umwelttechnologie GmbH ha desarrollado un proceso de producción de biodiesel en pequeñas plantas muy competitivas con un diseño modular con el proceso CTER (*Continuous Trans Esterification Reactor*). Con estas plantas se puede convertir entre 5.000 y 100.000 toneladas al año de aceite usado, grasa o lar animal con biodiesel. La materia prima no puede contener más de un 3 % de ácidos grasos libres (FFA).

diseñados para poder propulsarse con este combustible.

Por este motivo, la producción del biodiesel requiere un proceso elaborado. Después de la depuración de los aceites, el proceso continúa con una etapa conocida con el nombre de transesterificación. Esta reacción sustituye al alcohol del aceite vegetal (glicerol) por otro más simple (metanol o etanol). De este proceso, y tras una transformación química importante, se obtienen esteres grasos (el ester etílico o el ester metílico). Para que la reacción se produzca, hay que separar previamente el glicerol o primer subproducto, y posteriormente unir los ácidos grasos al otro alcohol (metanol o etanol). Finalmente, se obtiene el biodiesel, un diéster que tiene las mismas propiedades físicoquímicas que el gasóleo, razón por la cual lo puede sustituir en todas sus aplicaciones.

Este proceso de formación del biodiesel no requiere mucha energía y no genera subproductos nocivos.

Con las tecnologías actuales, para producir 1.005 kg de biodiesel se necesitan 110 kg de

### Características del biodiesel

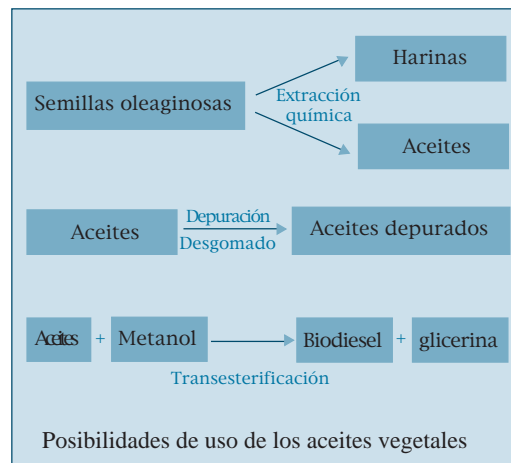
- La energía total contenida en el combustible es más grande que la que se invierte en su proceso de fabricación.
- Es seguro para transportarlo y almacenarlo. Es biodegradable como el azúcar, 10 veces menos tóxico que la sal de cocina, y tiene un flash-point de, aproximadamente, 150 °C, mucho más seguro que el flash-point del diesel, que es de 50 °C.
- Su utilización comporta una reducción neta de las emisiones de dióxido de carbono en un 80 % y las de dióxido de azufre en un 100 %. También representa la reducción en un 90 % de la cantidad de los hidrocarburos totales no quemados y entre el 75-90 % de los hidrocarburos aromáticos. Además, provoca una disminución en la emanación de las partículas y del monóxido de carbono. Por todo esto, diversos estudios realizados en los EUA han demostrado que el biodiesel reduce en un 90 % el riesgo de contraer cáncer.

### Emisiones de biodiesel (B100 y B20) respecto al diesel convencional

Tipo de emisión	B100 (%)	B20 (%)
Hidrocarburos sin quemar	-93	-30
Monóxido de carbono	-50	-13
Partículas en suspensión	-30	-22
Óxidos de nitrógeno	+13	+2
Sulfatos	-100	-20
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	-80	-13
Hidrocarburos aromáticos policíclicos nitrogenados	-90	-50
Potencial de destrucción de la capa d'ozó	-50	-10

metanol, 15 kg de catalizador, 1.000 de aceite y 4.290 litros de agua. Este proceso permite obtener como subproducto 100 kg de glicerina. En otras palabras, un litro de biodiesel se obtiene de 2,5 kg de semillas de girasol, el cual –dicho sea de paso– tiene un precio inferior al gasóleo de automoción.

El biodiesel es utilizado típicamente como aditivo en una mezcla del 20 % (B20) con gasóleo derivado del petróleo en motores de ignición y compresión (diesel). No obstante,



### Procesos de obtención y aplicación de los bioalcoholes



también se puede utilizar puro en motores diesel –al 100 % o B100– o en una proporción mucho más baja en forma de aditivo del 1 al 5 %.

Los últimos años han facilitado el uso del biodiesel. Ciertos países de Europa Central, como Alemania y Austria, lo utilizan en forma pura, mientras que otros como Francia prefieren hacerlo en mezclas de baja proporción (5 %). En Japón ya ha surgido interés por su producción y uso. Los Estados Unidos produjeron unos 19 millones de litros de biodiesel en el año 2000, aunque el potencial de producción es de 190 millones de litros al año. En este país, los productores utilizan aceites de cocina reciclados y aceite de soja para fabricarlo. El biodiesel se

### Las fuentes del bioetanol

- Materias ricas en sacarosa, como la caña de azúcar, la melaza y el sorgo dulce.
- Materias ricas en almidón, como los cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y los tubérculos (yuca, camote, patata, malanga, etc.).
- Materias ricas en celulosa, como la madera y los residuos agrícolas.

emplea en algunas flotas de vehículos federales y estatales y de transporte público. En su estado puro o mezclado, el biodiesel se utiliza en embarcaciones y naves turísticas. Actualmente, en los EUA existe un creciente interés por utilizar el biodiesel en lugares donde los trabajadores reciben dosis altas de gases producto de la combustión del diesel. En Alemania, la fuerte demanda de este combustible incrementó notablemente la molienda de colza, y por eso se vendía a un precio más bajo que el diesel mineral, ya que el biodiesel recibía un tratamiento preferencia al considerarse un producto libre de impuestos.

### Bioetanol: el bioalcohol

Los alcoholes de origen orgánico están integrados por dos tipos fundamentales, el etanol y el metanol. No obstante esto, en la situación

### Tipos de biofueles

- Etanol (etil alcohol, destilado de vegetales y residuos).
- Metanol (metil alcohol, destilado de la madera y pirólisis de vegetales y residuos).
- Metano (gas, descomposición de residuos y fangos de depuradoras).
- Bioaceites (aceites extraídos de plantas como la soja, el girasol, la oliva, el cáñamo, etc.).
- Biodiesel (transesterificación de aceites vegetales, manufacturación a partir de alcoholes).

### Problemas de los biofueles

- Etanol: no es tóxico si se ingiere, aunque puede ser ligeramente inestable.
- Metanol: es letal y se absorbe tanto por la piel como por las vías respiratorias. No se aconseja que se autoabastezca en una estación de servicio.
- Metano: gas con un notable poder invernadero.
- Bioaceites biodiesel: son biodegradables, no son tóxicos, ni carcinógenos ni alérgicos; muy estables para ser usados como líquido combustible o almacenarlos.



Algunos ejemplos del poder energético de diferentes plantas tanto cultivadas como silvestres.

actual, el etanol presenta mejores expectativas en lo que se refiere a su utilización como biocombustible. Por esta razón, nos centraremos únicamente en este último alcohol.

El etanol es un alcohol y mayoritariamente se fabrica siguiendo un proceso similar al de la cerveza. La materia prima son los cultivos vegetales ricos en almidón, celulosa o sacarosa. Estos compuestos energéticos se transforman en azúcares y, a continuación, se convierten a través de la fermentación alcohólica en etanol. Posteriormente se destila y deshidrata para obtener su forma final. El etanol comparte unas

propiedades físico-químicas muy parecidas a la gasolina, razón por la cual la puede sustituir de manera parcial y/o total en los motores de combustión interna. Estas mezclas comportan una mejora de la combustión y una reducción de las emisiones a la atmósfera, ya que la adición de etanol a la bencina comporta un aumento del octanaje en la mezcla gracias al alto contenido en oxígeno del alcohol. Un grado más alto de octanaje en la gasolina da más rendimiento a los motores.

La manera más común y sencilla de utilizar este combustible es mezclarlo parcialmente en

Producciones por hectárea de dos especies vegetales y su equivalente en alcohol			
Remolacha	70 tn/ha	7.000 litros de alcohol	100 litros /tonelada
Trigo	7 tn/ha	2.400 litros de alcohol	340 litros / tonelada
45 kg de isobutileno + 55 kg de alcohol = 100 kg de ETBE			

la gasolina hasta un 10 o 15 % (E10 o E15). Aunque en esta proporción no resulta necesario ningún tipo de modificación del motor, pequeñas modificaciones en la relación de compresión y la relación aire/combustible mejoran la potencia y hacen disminuir el consumo con respecto a la bencina.

A medida que aumenta la proporción de alcohol a la mezcla, se libera menos cantidad de contaminantes a la atmósfera, especialmente de monóxido de carbono (CO). Por este motivo, en muchos estados de los EUA se está impulsando el uso de pequeñas cantidades (un 5 % en forma de aditivo) de bioetanol a las bencinas, con la finalidad de fomentar el uso de recursos renovables no contaminantes.

Una forma muy particular de utilización de estos combustibles es en forma de esteres: el ETBE (Etil Terciario Butil Éter) se usa como sustituto del MTBE (Metil Terciario Butil Éter), aditivo oxigenante de origen fósil que se ha empleado durante mucho tiempo en las bencinas. Una adición de hasta el 10 % de ETBE en las bencinas es la mejor forma de utilizar el bioetanol en la actualidad, según afirman los expertos.



El aceite usado de la paella y las freidoras se puede convertir en biodiesel útil para los vehículos y otros usos industriales. Austria se ha convertido en el país líder con plantas como la de esta fotografía.

## Aplicación de los biocombustibles

Démonos cuenta de las diferencias entre los tres métodos de combustibles basados en aceites vegetales. El biodiesel es un buen sustituto o aditivo para el combustible diesel convencional. La mezcla aceite vegetal/queroseno es bastante buena como para utilizarla en casos de emergencia. Finalmente, el aceite vegetal puro es perfecto como combustible en un motor diesel si se dispone de los conocimientos técnicos suficientes para modificar correctamente el sistema de refrigeración del motor, así como el sistema de la inyección del combustible. Actualmente, los motores diesel se usan en muchas situaciones diferentes y pueden funcionar con biocombustibles fabricados con aceites vegetales.

## El reciclaje de los aceites de freír

A través del reciclaje de los aceites de freír usados conseguimos un doble propósito. Por una parte, garantizamos la producción de biodiesel con un coste más bajo y, por otra, aprovechamos un residuo valioso que de otra forma se convertiría en un problema tanto ecológico como económico.

El reciclaje de estos residuos oleicos comporta la optimización del producto en todo su ciclo de vida. Además, con el reciclaje de los residuos generados en nueva materia prima estamos contribuyendo a la utilización de tecnologías más limpias.

Los aceites orgánicos recuperados provienen de actividades alimentarias como la restauración, la industria o el sector

doméstico. La recuperación de este residuo mejora la depuración de los sistemas de saneamiento, disminuye la producción de residuos en la planta depuradora, mejora el funcionamiento de los depósitos de aireación de las depuradoras y disminuye los vertidos de grasas al medio natural.

La eliminación de los aceites vegetales residuales de la red de alcantarillado comporta una reducción notable de los costes en materia de saneamiento.

En Cataluña se está haciendo la recogida selectiva del aceite de cocina desde hace aproximadamente seis años. Se estima que sólo se recupera el 10 % del total producido por restaurantes, industrias y colectividades. Así, por ejemplo, en el año 1999 se recogieron 56.010 kg de aceites vegetales.

Durante todos estos años, la recogida selectiva ha sido organizada como un servicio prestado a los generadores del residuo: restaurantes, cafeterías, empresas de catering, hospitales, hoteles, freidoras, industrias alimentarias, comedores colectivos, casernas, etc., además de los aceites domésticos que se recogen en los puntos verdes. Esta recogida de los aceites la llevan a cabo empresas de transporte por cuenta propia, o bien vehículos que pertenecen a



Con un kg de aceite usado se pueden producir 0,85 litros de biodiesel que en algunos países ya se vende unos 10 céntimos de euro por debajo del precio del gasóleo.

cualquier empresa gestora autorizada para procesar los aceites de freír usados. El sistema empleado ha sido cediendo bidones de polietileno a los diferentes lugares de producción de los residuos. Con los aceites usados, se obtienen los productos siguientes: el biodiesel, la glicerina y una pequeña cantidad de sales potásicas. La glicerina es un producto de consumo en diversos sectores industriales (cosmético y farmacéutico, mayoritariamente), mientras que las sales potásicas se destinan a la agricultura y la fabricación de fertilizantes.

La promoción de la alternativa de fabricar biodiesel con los aceites de freír usados comporta, pues, una buena cantidad de ventajas. En este sentido, cabe destacar que esta práctica permite avanzarnos a la futura normativa sobre los aceites de freír usados que obligará a encontrar alternativas de gestión para este residuo en un futuro a corto plazo. Nuestro país tiene capacidad suficiente para tratar los aceites de freír que se generan y mantener una nueva actividad económica.

La implicación de la ciudadanía en este tipo de campañas es vital. La Junta de Residuos facilita información adicional para las personas interesadas en el tema. En los puntos verdes, situados en la mayoría de poblaciones de más de 5.000 habitantes, se recogen, se almacenan y, posteriormente, se envían a la planta de tratamiento los aceites de freír procedentes de las viviendas particulares.

## Los biocarburantes a lo largo de la historia

La utilización de los biocombustibles líquidos es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil y los motores de combustión. Así, cuando ahora hace más de 100 años Rudolf Diesel diseñó el prototipo del motor diesel ya estaba previsto que funcionara con aceites vegetales. De hecho, en las primeras pruebas, lo hizo funcionar con aceites vegetales.

Sin embargo, cuando el petróleo irrumpió en el mercado era barato, razonablemente eficiente y fácilmente disponible. Uno de estos derivados, el gasóleo, rápidamente se convirtió en el combustible más utilizado en el motor diesel. El denominado biodiesel no nace hasta raíz de la crisis de los años 70.

Cuando Henry Ford hizo el primer diseño de su automóvil Model T en 1908, esperaba utilizar el etanol como combustible. De hecho, de 1920 a 1924, la Standard Oil Company comercializó un 25 % de etanol en la gasolina vendida en el área de Baltimore.

Sin embargo, los elevados precios del maíz, junto con las dificultades de almacenamiento y transporte, hicieron abandonar el proyecto. A finales de la década de los veinte y durante la década de los treinta, se hicieron esfuerzos para recuperar sin éxito el proyecto. A raíz de esta decaída en la utilización del etanol, Henry Ford y diversos expertos unieron fuerzas para promover su recuperación. Se construyó una planta de fermentación en Atchinson (Kansas)

con un potencial para fabricar 38.000 litros diarios de etanol para automoción. Durante los años treinta, más de 2.000 estaciones de servicio en el Medio Oeste vendieron este etanol hecho de maíz que denominaron "gasol". No obstante eso, la competencia de los bajos precios del petróleo obligó al cierre de la planta de producción de etanol a mediados de los años cuarenta. Como consecuencia, se acabó el negocio de los granjeros americanos y el gasol fue sustituido definitivamente por el petróleo.

Durante la década de los setenta, y como consecuencia de la primera crisis del petróleo, se recuperó la utilización de la mezcla de etanol con bencina tanto en los Estados Unidos como en Brasil. Estos programas tuvieron mucho éxito y han durado hasta la actualidad. En Brasil, todavía hoy, casi diez millones de vehículos se mueven con alcohol y mezclas de bencina y etanol.

La Clean Air Act de 1990 obligaba a oxigenar los combustibles de aquellas áreas del país que tuviesen unos altos niveles de dióxido de



Los expertos opinan que en Europa se podrían recoger alrededor de 5 kg de aceite /grasa de cocina por habitante y año. Con esta cantidad, un país como Austria podría cubrir cerca de un 2 % de la demanda anual de diesel. Las plantas de de biodiesel de ENERGEA de tipo CTER son una herramienta clave para reciclar y evitar la contaminación de los residuos oleicos.

carbono. A raíz de estos episodios de contaminación, la demanda de etanol como mezcla oxigenante creció de modo considerable. La mezcla más utilizada ha sido el E10, que contiene un 10 % de etanol. El E85 y E95 se ha usado en los EUA en la flota de vehículos estatales, en autobuses públicos urbanos y en automóviles de motor flexible (FFV) que funcionan indistintamente con gasolina o E85. En el verano de 1997, Ford y Chrysler separadamente anunciaron que pretendían manufacturar cada uno de ellos unos 250.000 FFV por año y venderlos al mismo precio que los de gasolina.

En el año 1985 se planteó la introducción de los biocombustibles en Europa. El objetivo era sustituir el 25 % del combustible fósil por bioetanol. Su aplicación no se aprobó por cuestiones de rentabilidad y coste. Sin embargo, se dedicaron sustanciosos fondos para la investigación y desarrollo de estas tecnologías. Una interesante medida fue la propuesta a través de la directiva Scrivener, que consistía en la desgravación del bioetanol en valores cercanos a los que gravan los combustibles fósiles y así facilitar su competitividad. Esta medida ha tenido aplicaciones parciales especialmente en Italia, Francia, Alemania y Austria, donde se han desarrollado experiencias pioneras en el sector. El objetivo europeo es que los biocombustibles lleguen a significar el 15 % del biocombustible fósil utilizado en el sector del transporte en el año 2005.

El sector oleícola genera importantes residuos, como las conocidas oleasas, que pueden ser usadas para fabricar biocombustibles y así evitar un gran problema ecológico. Pensemos, por ejemplo, que sólo en la

región andaluza la cosecha de oliva del año 2000 fue de unos 5 millones de toneladas, de las cuales 4 millones son residuos.

### Los cultivos energéticos

Los cultivos energéticos son aquellos cultivos agrícolas o forestales cultivados exclusivamente para convertir la cosecha en un producto energético. En los últimos años, ha aumentado notablemente el número de hectáreas destinadas a este tipo de cultivo como consecuencia de la disponibilidad creciente de superficie agrícola. Estos cultivos se producen, sobre todo, en tierras de retirada de la Política Agraria Comunitaria. Los cultivos energéticos se presentan como una alternativa para aprovechar estas tierras que, de otro modo, deberían abandonarse. Así, se compensa la pérdida de rentas económicas del agricultor, al mismo tiempo que se generan nuevas rentas y lugares de trabajo.

Para que los cultivos energéticos resulten rentables, es preciso que estén enfocados hacia grandes producciones por unidad de superficie y en períodos cortos de tiempo. De esta manera, se puede compensar el menor valor añadido que tiene su utilización energética



Por cada tonelada de materia seca producida por un cultivo se fijan del orden de 1,5 tm de dióxido de carbono, después de descontar lo que liberan a la atmósfera con la fotosíntesis.



frente al uso alimentario potencial por unidad de producto.

Para mejorar la rentabilidad de las explotaciones es conveniente orientar los cultivos hacia especies o sistemas de producción que necesiten pocos requerimientos. Esta reducción comporta, por una parte, importantes ahorros económicos frente a los cultivos agroalimentarios tradicionales y, por otra, importantes ventajas ambientales cuando se reduce la utilización de fertilizantes o biocidas tan comunes en los cultivos agroalimentarios. En este sentido, son preferibles las especies particularmente eficientes en la utilización de los recursos hídricos y los nutrientes como las denominadas plantas C4 (maíz o caña de azúcar) por encima de las plantas con metabolismo C3, más extendidas en agricultura.

Las ventajas ambientales que se obtienen de la utilización de los cultivos energéticos se pueden resumir en cuatro líneas principales.



Semillas maduras de soja a punto para recolectar.  
De cada 100 kg de semilla se pueden extraer  
entre 30 y 40 kg de aceite.

- Reducen los peligros de la erosión del suelo y el consumo de fertilizantes. En concreto, los cultivos energéticos presentan un índice de erosión de 12,5 veces menos con respecto al cultivo de alimentos, y la demanda de fertilizantes es de 2,1 veces, la de herbicidas de 4,4, la de insecticidas de 19 y la de fungicidas de 39 veces menos (estas cifras han sido calculadas comparando un bosque de ciclo corto con pastos respecto a los cultivos de maíz, cebada o soja).

- Evitan el abandono de tierras e impiden la degradación del suelo que podría conducir a la desertificación de éstas, y contribuyen a frenar el despoblamiento de extensas áreas rurales.

- Contribuyen a la reducción de los impactos ambientales derivados de la explotación energética de otros recursos como son ahora los combustibles fósiles.

- Conservan la biodiversidad de especies, puesto que permiten mantener territorios abiertos y con vegetación que son la base para muchas comunidades de plantas y animales silvestres. El cultivo de nuevas especies energéticas, como las de tipo leñoso en medio de plantas herbáceas con ciclos anuales, contribuye a diversificar el paisaje y, por tanto, a incrementar la biodiversidad.

La industria química procesa anualmente unos 900.000 millones de toneladas de materias básicas fósiles alrededor del mundo. Curiosamente, la producción anual de plantas terrestres de la biosfera es de 1,7 billones de toneladas, es decir, unas 2.000 veces más de lo que se necesita para elaborar los productos petroquímicos. Finalmente, cabe recordar que todos los restos vegetales que no se emplean en la fabricación de un producto determinado siempre pueden aprovecharse aunque sólo sea para generar biogás.

### *Tipos de cultivos energéticos*

A grandes rasgos, los cultivos energéticos se pueden separar en dos grandes grupos. Por una

parte, encontramos los cultivos destinados a la producción energética que no necesitan ninguna clase de transformación compleja a la hora de hacer el aprovechamiento energético. Este grupo incluye los productos agrícolas y forestales destinados a la producción de materiales lignocelulósicos y que se separan en cultivos herbáceos y leñosos. Por otra parte, encontramos el grupo de los cultivos destinados a la producción de los biocarburantes. Este grupo lo componen los cultivos amiláceos o azucarados destinados a la producción de bioetanol y los cultivos oleaginosos para la producción de biodiesel.

Entre los diferentes tipos de cultivos energéticos, los más interesantes para nuestro país son los cultivos que podrían considerarse como convencionales, es decir, cultivos agrícolas tradicionales destinados a finalidades energéticas en vez de alimentarias. La caña de azúcar, el maíz, los cereales, la patata o la remolacha para producir bioetanol, y la soja, el girasol y la colza para fabricar biodiesel son los más utilizados.

Uno de los cultivos con un rendimiento más elevado de aceite por hectárea es la colza, de la cual se consiguen 937 litros de aceite vegetal/hectárea. Otra planta oleaginosa de distribución importante es la soja, que produce 467 litros de aceite vegetal/hectárea.



Con los residuos del cultivo del girasol se pueden fabricar materiales como ladrillos para la construcción de edificios.

Actualmente, el potencial energético de la biomasa en España asciende a 37 Mtep, cifra que aportan los 19,6 Mtep de cultivos energéticos y los 13,8 Mtep de residuos forestales y agrícolas. En cuanto a la obtención de bioetanol, los cultivos de más interés son los cereales y la remolacha. Los condicionamientos agronómicos del cultivo de la remolacha (características del suelo y costes de producción) y otros factores propios del proceso de producción del etanol, como las posibilidades de almacenamiento o generación de residuos, etc., hacen que la mayoría de las iniciativas en nuestro país prefieran el cultivo de cereales como materia prima para obtener el bioetanol.

Otro tipo de cultivos energéticos son los acuáticos, los cuales tienen la ventaja de no competir con los cultivos alimentarios. En nuestro país no se ha experimentado, pero en países tropicales plantas como el jacinto de agua pueden ser una alternativa importante, puesto que es una de las plantas con una de las productividades más grandes del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y año). También existen algunas algas que se pueden utilizar como cultivos energéticos, como es el caso del alga unicelular *Botryococcus braunii* que, en relación con su peso, produce una importante cantidad de hidrocarburos.

## La crisis como motor de desarrollo

A raíz de la destrucción del World Trade Center de Nueva York el pasado 11 de septiembre de 2001, existe la pugna por los recursos petroleros asiáticos. El terrorismo global y la opresión de los ricos sobre los pobres están relacionados con la concentración territorial de los combustibles fósiles y la dependencia que de ellos tenemos. Una parte de los denominados biocombustibles se puede considerar como una forma de energía renovable. Potenciando la producción de biocombustibles se contribuye a

redistribuir la riqueza y a minimizar la dependencia de los combustibles fósiles.

El agotamiento de los recursos fósiles, el incremento de las emisiones de contaminantes (que se sitúan por encima de la capacidad de regeneración de los ecosistemas) y el hecho de que dos terceras partes de las reservas petrolíferas están en la inestable región del golfo Pérsico claman a gritos la necesidad de encontrar alternativas energéticas. Las crisis energéticas que sacudieron el siglo XX fueron el motor para incentivar la búsqueda de nuevas fuentes energéticas. Sin embargo, el actual modelo energético mayoritariamente basado en las energías fósiles y que engorda a la economía mundial está en crisis. Los denominados biocombustibles han entrado en la palestra cuando se acercaba o se daba un período de crisis.

En otros momentos de la historia incidentes menos contundentes y dramáticos que la caída de las Torres Gemelas neoyorquinas han provocado crisis energéticas mundiales. Octubre de 1973 pasó a la historia por la aparición de una fuerte crisis del petróleo asociada a la cuarta guerra árabe-israelí. Durante este mes, el precio de la gasolina, que se había mantenido prácticamente constante durante cinco años en los países industrializados, se dobló en cuestión de tres meses. El mundo desarrollado entero se resintió y los sectores más radicales comenzaron a defender el ataque militar en los países árabes para defender sus intereses. La escasez de este recurso no renovable hizo peligrar el suministro y este hecho comportó la búsqueda de combustibles alternativos a los derivados del petróleo.

A finales de 1979, a raíz de la preocupación que desencadenó la primera crisis del petróleo, se comercializó en EUA la mezcla de gasolina y etanol. Los combustibles alternativos se convirtieron en la solución al posible problema que representaba el agotamiento de los recursos no renovables. Así, la American Oil Company y otras empresas abanderadas en el sector

comenzaron a comercializar la mezcla de etanol para diluir la gasolina y aumentar el octanaje. En Brasil, la crisis del petróleo también tuvo una fuerte repercusión. En este país, en el año 1975 se encauzó el proyecto Proalcool, cuyo objetivo era la sustitución total de los combustibles de origen fósil. La alternativa propuesta era el bioetanol proveniente de la melaza de la caña de azúcar. Esta nueva industria permitió la creación de casi un millón de lugares de trabajo, repartidos en más de 700 destilerías, en instalaciones complementarias, en redes de transporte y fabricación de motores específicos para estos combustibles, etc.

La aparición de una segunda crisis del petróleo relacionada con el principio de la guerra irano-iraquí a principios de la década de los ochenta provocó una nueva caída en el consumo de petróleo. La extracción de este combustible experimentó una importante bajada antes de



En los Estados Unidos, Alemania y Austria ya existe una buena red de gasolineras que sirven biodiesel.

recuperarse a finales de la década gracias al abaratamiento del precio del crudo. Esto comportó el abandono de las estrategias de cambio energético encauzadas hacía ya unos años. La década de los noventa comenzó con una nueva crisis. Esta vez derivada de la invasión de Kuwait por Irak. Nuevamente, el precio del petróleo se volvió inestable y caro y los biocombustibles volvieron a la escena energética de la mayoría de los países.

### **Aspectos ambientales asociados a la utilización de los biocarburantes**

La carga anual en la atmósfera emitida por el consumo energético de recursos fósiles es de casi 6 mil millones de toneladas de carbono. Esta carga comporta un desequilibrio atmosférico que se relaciona con el cambio climático. La utilización de los biocarburantes en lugar de los combustibles fósiles tradicionales (gasóleo y gasolina o sus aditivos) comporta ventajas ambientales de primer orden ya que, con su uso, disminuye la cantidad de emisiones contaminantes derivadas del transporte motorizado. Este rasgo resulta muy significativo, puesto que es en las ciudades donde la

contaminación atmosférica causa estragos en la salud de las personas y el patrimonio arquitectónico. No obstante esto, ésta no es la única ventaja. Los biocarburantes son biodegradables y renovables, es decir, potencialmente inagotables, siempre que se practique una buena gestión en los cultivos de los cuales provienen.

Tal y como hemos mencionado anteriormente, el uso de los biocarburantes repercute en el medio físico con una reducción de emisiones contaminantes como consecuencia de la ausencia significativa de azufre y cloro en su composición. De la misma manera, se produce la reducción en otros gases. Cuando se emplea el etanol como sustituto de la gasolina, se ahorra la toxicidad de CO, los hidrocarburos volátiles, los compuestos aromáticos, el azufre, el plomo y las partículas. La reducción de las emisiones con respecto a los hidrocarburos se produce por el hecho de que los biocombustibles tienen una proporción más grande de oxígeno, la cual favorece una mejor combustión de carburante, al mismo tiempo que los motores trabajan en condiciones parecidas a las de una mezcla pobre. El índice de octano elevado de los compuestos oxigenados permite limitar el uso de los



Por cada 100 kg de semillas de colza (que contienen entre un 38-43 % de aceite) se puede obtener entre 28 y 36 kg de aceite refinado. Si la prensada se hace a temperatura ambiente (máximo 40 °C) se evita que el fósforo que contienen las semillas pase al aceite y se haya de eliminar posteriormente a través de un costoso proceso.

compuestos aromáticos que son cancerígenos. Estos elementos se han empleado para recuperar el octanaje perdido con la desaparición progresiva del plomo de los carburantes.

En particular, la utilización del bioetanol reduce las emisiones tóxicas por evaporación del combustible, las cuales favorecen la formación de neblinas contaminantes, puesto que los compuestos orgánicos de la gasolina tienen una volatilidad más pequeña que las oleofinas. En cuanto al ETBE, los estudios sobre su ciclo de vida señalan que contribuye al efecto invernadero en un 15-20 % menos que el aditivo oxigenado de elevado índice de octano del tipo MTBE. La razón cabe buscarla en la proporción más grande entre la fracción renovable y la fósil.

En lo que se refiere al biodiesel, la ausencia de una normalización de este producto impide precisar en términos cuantitativos la reducción relativa de emisiones contaminantes con respecto a la utilización de gasóleo. No obstante eso, en general se puede asignar una reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub>, prácticamente inexistente, del monóxido de carbono, hidrocarburos, PHA y partículas. Para el caso concreto del RME (metilester de colza) se ha detectado una disminución de emisiones contaminantes de CO, HC, NO<sub>x</sub>, gases y partículas de hidrocarburos aromáticos. En el caso del CO la disminución es del orden de un 33 % con respecto al gasóleo, mientras que para el resto de compuestos la reducción se encuentra en un intervalo del 52-81 % según el caso. Sin embargo, se da un leve incremento en las emisiones de aldehidos y cetonas.

Además de estas importantes reducciones, en cuanto a las emisiones

contaminantes, la utilización de los biocarburantes comporta otras ventajas ambientales. El hecho de que provengan de cultivos energéticos o de aceites reciclados elimina el riesgo inherente de las fuentes energéticas convencionales, especialmente ante la manipulación inadecuada, las fugas accidentales, etc. Dada la biodegradabilidad de estos compuestos, se elimina la posibilidad de causar impactos importantes en el caso de vertidos accidentales. Algunos tests llevados a cabo por la Universidad de Idaho mostraron que su degradación en una solución acuosa era del 95 % después de 28 días, período que comparte con el azúcar. Por el contrario, en el mismo período de tiempo, el gasóleo sólo se degrada en un 40 %.

La labor de los cultivos energéticos como materia prima para la producción de biocarburantes evita la erosión o degradación de suelos que, de otra forma, podrían ser abandonados por falta de rentabilidad. Además, la utilización menos intensiva de fertilizantes disminuye el riesgo de contaminación por exceso de fertilizantes.

Los biocarburantes como fuente energética



En diversas ciudades latinoamericanas y europeas ya circulan autobuses que emplean el etanol como sustituto de la gasolina. Con éstos se ahorra alrededor de un 40 % la contaminación atmosférica de las ciudades.

mejoran la autosuficiencia energética regional. Puesto que los cultivos energéticos son la base de los biocombustibles y éstos se pueden cultivar en cualquier parte del mundo, esta realidad favorece gestionar en un ámbito regional estos recursos energéticos. En definitiva, contribuyen a superar la dependencia del petróleo, localizado en zonas muy concretas del planeta y que históricamente han estado en conflicto sociopolítico.

Sin embargo, los biocombustibles no son la panacea de la actual crisis energética. Su utilización también comporta toda una serie de problemas o inconvenientes que es preciso puntualizar. A fin de que los biocombustibles sean significativos en el mercado energético mundial, son necesarias grandes superficies de cultivo, ya que del total de la plantación sólo se consigue un 7 % de combustible. En el caso de España, convendría cultivar un tercio de todo el territorio y tan sólo cubriríamos la demanda interna de combustible. Tampoco podemos olvidar que la creación de grandes extensiones monocultivadas obliga a usar grandes cantidades de biocidas para controlar las posibles plagas que



La distribución de biodiesel es básica para la implantación de este carburante.

Recordemos que una extensión monocultivada es siempre mucho más susceptible a las plagas que no una zona donde se hagan cultivos mixtos con diversas especies. A la vez, el combustible final requiere una transformación compleja y, en el caso concreto de los bioalcoholes, la destilación provoca una

emisión de dióxido de carbono más grande respecto a la gasolina o el gasóleo. Los biocombustibles son sólo una buena alternativa para los motores de bajo rendimiento y poca potencia, características que requerirían un replanteamiento de las actuales prestaciones mecánicas de los vehículos motorizados.

### **El papel de los biocombustibles en la nueva Política Agraria Comunitaria**

El momento sociopolítico en el cual se encuentra el sector agrario europeo resulta muy favorable para la expansión de los biocarburantes. La nueva Política Agraria Común (PAC) tiene como principal criterio de actuación conceder subvenciones según la superficie cultivada en vez de las antiguas ayudas directas al productor. Como medida basada en este nuevo tipo de ayuda, desde la PAC se propone la retirada de tierras destinadas a la producción agroalimentaria, para limitar la producción de excedentes en determinados productos. Entre otras razones, se argumenta que estos excedentes están causados por el aumento de los rendimientos que se obtienen por unidad de superficie en las actuales explotaciones. La producción de materias primas para fabricar biocarburantes se formula también como una posibilidad para mantener en producción las tierras retiradas de los cultivos alimentarios. Esta especie de cultivos podría incrementar las rentas agrarias en algunos lugares.

La reglamentación comunitaria aplicable al cultivo de cereales a partir de la campaña 1999/2000 y hasta la campaña 2006/2007 favorece la retirada obligatoria, la cual está fijada en un 10 % anual, más un porcentaje de retirada voluntaria aún no definido, pero que podría estar regulado en un máximo alrededor del 30 % (retirada voluntaria más la obligatoria) en las tierras de secano. Las tierras retiradas voluntariamente de la producción agroalimentaria reciben una ayuda de unos 240 euros por hectárea y pueden dedicarse a la obtención de cereales (órdago, trigo

o maíz) no alimentario apto para la producción de bioetanol. De esta forma, los productores obtienen simultáneamente un importe por la producción más un importe por dejar de cultivar las tierras. Los cereales se venden a las empresas productoras de bioetanol a un precio que oscila alrededor de unos 11 céntimos de euro según el tipo de cereal.

En el año 2000 se sembraron en España 48.000 hectáreas de cereales destinadas a la producción de biocarburantes. Con estos cultivos se obtuvieron un total de 120.000 toneladas de biocombustible. En Cataluña, se cultivaron 500 hectáreas de cereales (cien hectáreas de trigo y el resto de órdago) con finalidad energética.

A fin de establecer una nueva industria de biocarburantes que disponga de continuidad en sus producciones, es necesario que las materias primas para usos energéticos provengan de las mismas tierras que las que hasta ahora eran destinadas a usos alimentarios. Sólo así pueden recibir el mismo tipo de ayudas y comercializarse en igualdad. Nuestro país, por otra parte, no dispone de las mejores condiciones agronómicas para el cultivo de los cereales y oleaginosas como las que hay en otros lugares de Europa septentrional.

### **Aspectos sociales y económicos de los biocombustibles**

El éxito de la implantación de los biocarburantes a gran escala dependerá en gran medida de su precio, pero, sobre todo, de la voluntad gubernamental para reducir las emisiones de gases carbónicos a la atmósfera (Protocolo de Kyoto). Para que sean competitivos en el mercado, los biocarburantes habrán de contar con la referencia del combustible al cual pretenden sustituir. En el caso del biodiesel, el precio de referencia se asimilará al del gasóleo de automoción. Es necesario que se tengan en cuenta las posibles variaciones de los costes. Estas variaciones estarán afectadas

por aspectos puramente agrícolas (variaciones de los precios de las semillas dependiendo de las cosechas), o comerciales (variaciones de los precios del metanol o de los precios de venta de los denominados coproductos). Adicionalmente, otros factores de carácter más local pueden tener una gran incidencia en los costes de producción.

En cuanto al bioetanol, según la aplicación a la cual se destine este carburante, se puede contar con dos referencias de precio diferenciadas. Por una parte, la utilización del bioetanol como mezcla para gasolinas responde al precio de referencia de las mismas gasolinas. Por otra, la utilización del etanol orgánico como recurso para la obtención de ETBE toma el valor de referencia del metanol del mercado de los productos químicos. Ahora bien, en este caso, se cuenta, además de la exención fiscal, con las ventajas de las propiedades físicas del etanol en cuanto a las del metanol con respecto al impacto ambiental.

La exención fiscal de los biocombustibles es una herramienta gubernamental imprescindible para que puedan competir en igualdad de condiciones con los combustibles fósiles. La Directiva Europea Scrivener fue una medida interesante en esta línea propuesta por una diputada francesa y que consiste en la desgravación del bioetanol en valores cercanos a los que gravan a los combustibles fósiles, como medida para facilitar la competitividad. Esta idea

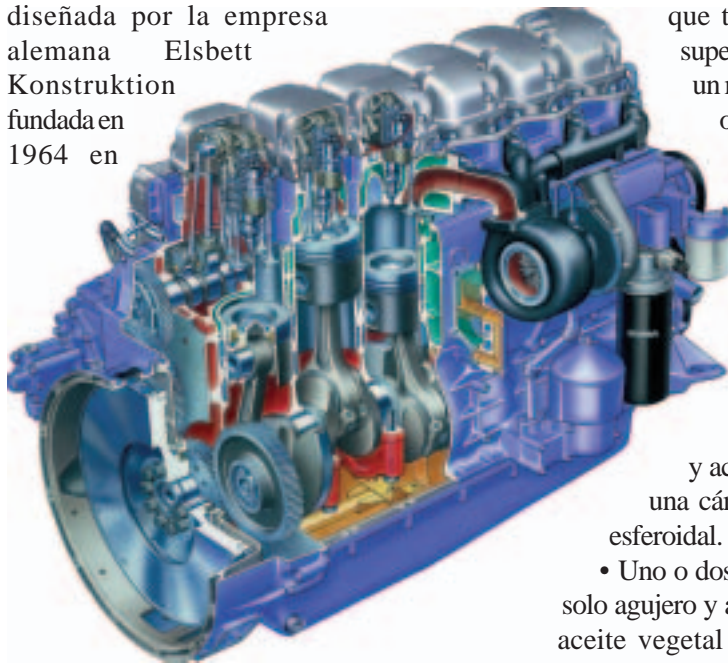


Cerca de un 80 % de la cosecha de olivas para hacer aceite son residuos oleaginosos que se pueden convertir en biocombustibles.

ha tenido aplicaciones en países como Italia, Francia, Alemania y Austria. No obstante esto, actualmente en nuestro país sólo se puede acceder a la exención fiscal en el caso de “proyectos piloto”. Esta barrera fiscal, condicionada por la política de la Unión Europea, es claramente limitadora, puesto que sin la exención fiscal total o sustancial no es posible desarrollar este sector.

### El motor diesel con aceite vegetal

Una de las aportaciones tecnológicas más sorprendentes de estos últimos años en lo que respecta al diseño de motores es la posibilidad de hacerlos funcionar directamente con aceites vegetales en estado natural (en bruto). En otras palabras, que, en lugar de ir a la gasolinera a repostar un combustible fósil, se pueda utilizar aceite de un supermercado. Éste es el caso de la transformación del motor diesel diseñada por la empresa alemana Elsbett Konstruktion fundada en 1964 en



Rudolf Diesel en 1912 sentenció que los aceites vegetales serían más importantes que el petróleo. Hoy, el motor diesel podría ser una tecnología de transición para minimizar la contaminación del aire.

Hipolstien. Los trabajos de transformación mecánica de Elsbett son aplicables desde motores monocilíndricos hasta motores de doce cilindros, hecho que les ha valido el reconocimiento de premios internacionales por su labor a favor de la ecología.

Se trata de un motor adiabático, es decir, que intercambia muy poco calor con el medio y evita entre el 25 y el 50 % de las pérdidas de energía a través del sistema de refrigeración. No dispone del convencional sistema de enfriamiento y esto le permite trabajar a una temperatura más alta y, por tanto, con un rendimiento termodinámico más grande. Por otra parte, tiene la característica de quemar la totalidad del combustible y por esto se puede considerar un motor prácticamente limpio. Además, el hecho de quemar aceite vegetal no libera dióxido de azufre. Es un motor preparado para la combustión de aceite vegetal crudo, sin refinar y sin esterificar, que no carboniza ni deja sustancias residuales, que tiene una eficiencia térmica superior al 40 % (recordemos que un motor de gasolina convencional o diesel no supera el 30 %). Esto quiere decir que este rendimiento más grande le permite proporcionar más energía mecánica útil.

Los elementos mecánicos que le distinguen de un motor diesel convencional son:

- Un pistón articulado con la parte superior aislada térmica y acústicamente situado dentro de una cámara de combustión de forma esferoidal.
- Uno o dos inyectores por cilindro, de un solo agujero y autolimpiables, que inyectan el aceite vegetal a la cámara de combustión tangencialmente y esto permite una perfecta nebulización, es decir, que la mezcla aire-combustible es muy fina y esto evita que se hagan depósitos carbonosos.



- La tapa de los cilindros dispone de una pequeña cámara anular por la cual circula el aceite lubricante que se emplea como refrigerante. Ya que el sistema de refrigeración no es con agua, la tapa del cilindro no lleva junta. Un pequeño radiador de aceite permite cerrar el circuito del aceite lubricante-refrigerante.

El hecho de que no necesite agua para la refrigeración ahorra piezas, peso y volumen al motor. Otro aspecto importante a destacar es la cámara de combustión esferoidal, la cual permite que haya un exceso de aire en la quema del aceite vegetal y que se estratifique la temperatura del motor. Así, mientras el núcleo de la combustión puede llegar a los 1.300 °C, en cambio, la zona del contacto del pistón no supera los 650 °C normales de cualquier motor. La temperatura final de los gases de escape solamente es un poco superior a la de los motores diesel convencionales. Asimismo, la combustión se hace con menos cantidad de aire y, por tanto, se reduce la emisión de óxidos de nitrógeno. Las modificaciones del motor Elsbett permiten a los vehículos diesel funcionar tanto con gasóleo como con aceite vegetal con un buen rendimiento termodinámico y sin que se den problemas que afecten al buen funcionamiento del motor.

El motor Elsbett no es el único de los motores conocidos como policarburantes y semia-diabáticos. Sin embargo, sí es el único sistema

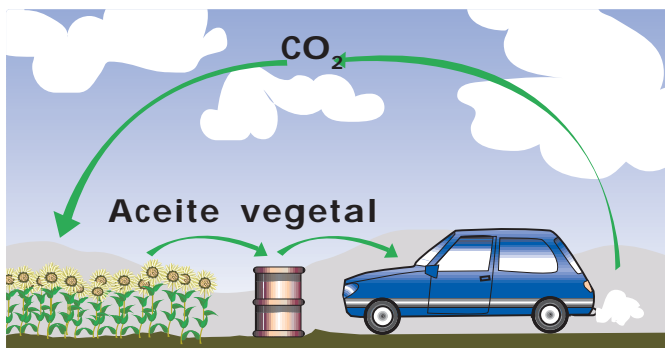


La forma esferoidal de la cámara de combustión del motor *elsbetizado* y la posición de los inyectores favorece que la mezcla genere una estratificación en espiral de fuera hacia dentro. Así hay menos concentración de aire y no se forman óxidos de nitrógeno.

que se puede aplicar en cualquier motor diesel con una mínima intervención y por un coste razonable de unos 2.500 a 3.200 euros. La intervención consiste, básicamente, en anular la cámara de agua del bloque, cambiar la tapa de los cilindros y los pistones y añadir un pequeño radiador para el aceite refrigerante. La única condición es que el motor no disponga de elementos cerámicos. Entre los mecánicos se ha creado el neologismo “elsbetizar” para designar cuándo un motor se ha convertido en policarburante. Ésta es una de las posibilidades que tenemos para mejorar la calidad del aire de las ciudades con un gasto mínimo para los propietarios de un vehículo diesel.

### La experiencia de las experiencias

Se han hecho numerosas experiencias en todo el mundo con varios tipos de biocarburantes puros o mezclados. Alemania, Francia, Bélgica, Austria, Dinamarca o Italia son algunos de



Con el motor Elsbett podemos aprovechar directamente el aceite extraído de un campo de plantas oleaginosas.

los países europeos donde actualmente se utilizan los biocarburantes en el sector del transporte. Alemania dispone ya de más de 1.000 biogasolineras, estaciones de servicio que proporcionan biodiesel a un precio mucho más económico que el diesel ordinario. Austria (líder mundial de producción con 35.000 toneladas de biodiesel anuales) tiene una red de 100 biogasolineras. En los Estados Unidos, empresas emblemáticas como McDonald's reciclan unas 1.100 toneladas de aceite de freír para producir este tipo de biocombustibles. Francia es uno de los grandes productores del mundo (la mayoría de los carburantes diesel fósiles que se venden en este país contienen un 5 % de biodiesel). En cuanto a Cataluña, las primeras experiencias con biocarburantes se llevaron a cabo en octubre de 1992 con el objetivo de evaluar la viabilidad técnica y económica. En Mataró, Vic, Barcelona y Masnou se hicieron las pruebas en vehículos de transporte público y en vehículos de los servicios municipales. Estas experiencias tuvieron mucho éxito. En consecuencia, diversos ayuntamientos catalanes se han sumado a la

propuesta y han contratado servicios de transporte, de recogida de basuras, municipales o autobuses con la exigencia de que los vehículos pudiesen funcionar con biocarburantes como fuente de energía.

España es uno de los países de la Unión Europea con un consumo más grande de aceites vegetales. En el año 2001 se puso en funcionamiento en Reus (Tarragona) una planta de tratamiento de aceites vegetales usados. La construcción de esta planta de tratamiento permite hacer frente al problema ocasionado por estos residuos que son vertidos sin ningún tipo de control al medio. A la vez, los aceites fritos son una materia prima idónea para la producción de biodiesel porque permiten obtener un combustible ecológico y renovable con menos tiempo y elimina el problema de la contaminación del agua y los suelos con aceites usados. La producción de biodiesel de esta planta es de unas 50.000 Tm/año. Además de biodiesel, la planta de Reus también genera unas 3.200 toneladas de glicerina al año. La planta da trabajo a unas 90 personas directa o indirectamente. El

<b>Contaminantes</b>	<b>Emisiones motor Elsbett</b>	<b>Límites</b>
Hidrocarburos	0,2/0,18 g/km	--
Monóxido de carbono	1,45/1,25 g/km	7,4 g/km
Óxidos de nitrógeno	1,38/1,55 g/km	--
HC+NOx	1,58/1,49 g/km	1,97 g/km
Partículas	0,111/0,118 g/km	0,270 g/km
Valores de las emisiones del tubo de escape en un motor Elsbett comparadas con los límites vigentes en la legislación alemana.		
<b>Velocidad</b>	<b>Vehículo con motor Elsbett</b>	<b>Convencional</b>
90 km/h	27,8 km/l	18,8 km/l
120 km/h	19,2 km/l	14,5 km/l
Circuito urbano	19,6 km/l	12,9 km/l
En unos ensayos comparando un vehículo de 3 cilindros de 90 CV de potencia con motor Elsbett con aceite de vegetal y uno de convencional con gasóleo se demostraba el rendimiento más elevado del motor con la misma cantidad de combustible.		

biodiesel obtenido se distribuye en empresas municipales de transporte y se emplea en autobuses y vehículos oficiales.

En el ámbito europeo, la contribución total de los biocombustibles líquidos a la producción de energía primaria fue de 452 Ktep en 1998, cifra que representa un 0,15 en comparación con el consumo total de productos petrolíferos de aquel mismo año. La contribución de los biocombustibles líquidos al total de combustible diesel utilizado en el sector comunitario del transporte fue del 0,3 % en 1998. La producción de sólo 452 Ktep de biocombustibles en 1998 fue porque solamente cuatro de los Estados miembro adoptaron políticas específicas para promoverlos: en concreto la producción se repartió entre Francia, con un 58 %; Alemania, con un 21 %; Italia, con un 18 % y Austria, con un 3 %. El bajo precio del petróleo durante la segunda mitad de la década de 1990 hizo decrecer el interés de la industria y de los políticos por los combustibles renovables.

No obstante, encontramos ejemplos como el de Brasil donde se puede comprobar la viabilidad de los biocombustibles. Durante los años 1998 y 1999, Brasil produjo unos 15 billones de litros de etanol a partir de la caña de azúcar. Este éxito fue posible gracias a los bajos precios de la caña de azúcar, materia prima del etanol, que se encontraba unas cuatro veces más barata que en Europa. La producción de este bioetanol permitió a Brasil reducir la importación de petróleo en unos 250.000 barriles al día y, por tanto, ahorrar en emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.

El éxito en la utilización del bioetanol como combustible de automoción en Brasil se debe al programa Proalcool encauzado en 1975 con motivaciones de autosuficiencia energética y reducción de las importaciones de petróleo. Sin embargo, en Brasil la venta de automóviles ligeros diseñados para funcionar con bioetanol ha fluctuado notablemente en estos últimos 20 años. Por ejemplo, en 1980 los coches de bioetanol representaban el 27 % (unas 240.600

unidades) del total de los coches del país. Este porcentaje registró un pico histórico cuando en 1985 se llegó al 96 % de las ventas (645.600 unidades). En 1990 se encontraban en circulación más de 4,5 millones de coches con alcohol puro y unos 8 millones con diferentes tipos de mezclas, mientras que en el año 1997 únicamente se llegó al 0,07 % (unos pocos centenares de unidades). Estas fluctuaciones vienen condicionadas fundamentalmente por las variaciones que experimenta el precio de la caña de azúcar.

La reducción de los precios del petróleo y la mejora de las condiciones, así como las modificaciones del mercado de la caña de azúcar incidieron negativamente en el funcionamiento del plan, hasta el punto que resultó necesario importar el etanol derivado de la producción de cereales de los EUA. Todo junto propició la reducción del contenido de etanol en las mezclas y se pasó de un 25 a un 10 %. Actualmente, el programa Proalcool se mantiene por finalidades de interés social, más que no por razones puramente energéticas o de minimización del impacto ambiental de los automóviles en las ciudades.

### **¿Qué podemos hacer nosotros?**

Aunque los biocombustibles todavía no ocupan un lugar destacado dentro del sector energético de nuestro país, su implantación depende en gran medida de la actitud del consumidor.

El tratamiento de los aceites de freír para producir biodiesel requiere una fuerte inversión en infraestructuras tanto para la recogida como para el tratamiento de estos aceites. Por tanto, este esfuerzo ha de venir acompañado de una actitud de colaboración activa por parte de la población en las tareas de separación en origen de los aceites usados y una aportación del residuo a los puntos verdes. Al mismo tiempo, las actividades económicas generadoras de aceites de freír como residuos han de contratar los

servicios de las empresas de recogida especializadas.

Una de las principales aplicaciones de los biocombustibles se encuentra en el ámbito urbano. La ciudad suele contener una importante cantidad de vehículos de automoción propulsados por combustibles fósiles. En consecuencia, en este entorno se dan unos elevados niveles de emisiones de gases que provocan una elevada contaminación. Por esta razón, la utilización de los biocombustibles como fuente de energía para la automoción es una buena alternativa a los combustibles fósiles y se contribuye así a la reducción de las emisiones de la mayoría de los gases producto de la combustión.

Los ciudadanos hemos de exigir un medio ambiente urbano más sano. Potenciar el transporte público propulsado por energías renovables es un paso fundamental para

conseguir la sostenibilidad urbana. Aunque no son la respuesta definitiva al debate sobre movilidad urbana, los biocombustibles son una alternativa a tener en cuenta a la hora de proyectar una ciudad hacia un futuro más sostenible.

Cada uno de nosotros podemos decir la nuestra favoreciendo la recogida de los aceites usados y modificando los actuales vehículos diesel para que puedan circular con biocombustibles. También podemos reclamar que se fomente el transporte público propulsado por biocarburantes y la recogida en los puntos verdes de los aceites vegetales usados.



El biodiesel es un combustible fácilmente degradable en la naturaleza. Se ha demostrado que los microorganismos lo pueden eliminar en un 99 % al cabo de 28 días. En cambio, un litro de petróleo puede contaminar un millón de litros de agua.

*Un buen pan de payés bañado en tomate y aderezado con un aceite virgen es un placer para el paladar. Pero unos calamares a la romana fritos con aceite de girasol, a pesar de ser exquisitos, no nos permiten aprovechar el aceite residual. Sin embargo, este aceite puede ser un combustible para el motor de nuestro coche. En esta parte, os proponemos que hagáis vuestro propio combustible en la escuela. En definitiva, aprovechar la energía del Sol.*

## De la mesa al motor



### Biocarburantes en la escuela

La mayoría de las veces los escolares no llegan a percibir la relevancia social de las medidas ambientales de tipo tecnológico. Os proponemos una experimentación práctica para comprender lo que significa propulsar coches a través del aceite recuperado.

Hacerse el propio combustible a partir del aceite vegetal puede ser sencillo, económico y beneficioso para el medio ambiente. Este combustible tiene el valor añadido de que se puede producir a partir de aceite vegetal usado. Con un poco de conocimiento y dedicación, se podrá hacer funcionar cualquier motor diesel con aceite vegetal.

En toda Europa se consume una gran cantidad de aceite vegetal, pero también podríamos hacer crecer el cultivo de oleaginosas más adecuado en cualquier espacio. Las especies que podríamos utilizar incluyen plantas como las nueces de coco, la soja, la colza, el girasol, el azafrán estéril, el

maíz, los corazones de palmera, los cacahuets y otros.

Si nosotros mismos hacemos crecer el cultivo de oleaginosas para hacer biocombustibles, el subproducto obtenido después de prensar las semillas es una excelente fuente de proteínas, que podemos emplear como pienso animal o como complemento en la industria alimentaria.

Para prensar las semillas y extraer el aceite no se necesita una gran prensa industrial. La empresa sueca TabbyPressen fabrica una prensa de sobremesa con un coste aproximado de 1.000 euros. Va equipada con un motor de 250V/50Hz y tiene el aspecto de una gran licuadora.

### Cómo hacer biodiesel

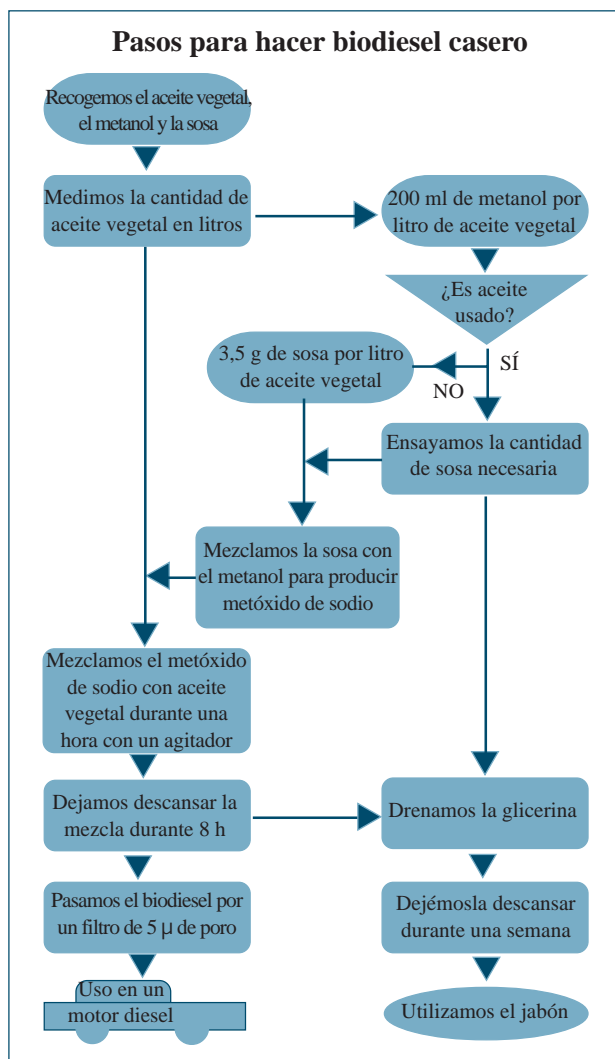
El biodiesel se puede hacer en un agitador o en una mezcladora de fabricación casera. Los materiales que necesitaremos son aceite vegetal, metanol y sosa cáustica.

Si usamos aceite vegetal nuevo, en cualquier caso se habrá de utilizar 3,5 gramos de sosa cáustica por litro de aceite. Como toda muestra de aceite usado es diferente, la cantidad de sosa cáustica también variará en cada caso. Para asegurarnos de que estamos utilizando la cantidad de sosa cáustica correcta, haremos un pequeño ensayo previo en una licuadora antes de intentar una reacción a gran escala. Para la muestra del ensayo, utilizaremos 100 ml de aceite vegetal y 20 ml de metanol. Entonces deberemos determinar cuánta sosa cáustica hará falta.

Si empleamos aceite vegetal, añadiremos 0,45 gramos de sosa en la primera muestra. Si el resultado es biodiesel y glicerina, utilizaremos la misma proporción en la reacción a gran escala. En cambio, si no se formasen dos fases diferentes, aumentaríamos la

cantidad de sosa cáustica hasta 0,55 gramos y haríamos un nuevo ensayo. Si tampoco resulta satisfactorio, volveríamos a hacer un nuevo ensayo con 0,65 gramos de sosa. Otro fracaso nos obligaría a hacer un nuevo experimento con 0,75 gramos de sosa cáustica. Aseguraremos la proporción experimentando a pequeña escala antes de comenzar con reacciones de más importancia.

Una vez hayamos podido conseguir una reacción de ensayo satisfactoria con los subproductos biodiesel y jabón de glicerina, multiplicaremos el número de gramos de sosa



cáustica utilizados por diez para saber cuánta sosa necesitaremos por cada litro de aceite en la reacción a gran escala. Por ejemplo, si hemos utilizado 0,55 gramos de sosa en el ensayo, será necesario que hagamos servir 5,5 gramos de sosa cáustica por litro de aceite de cocina usado para la reacción definitiva.

A continuación se describe el procedimiento básico para hacer combustible biodiesel. Leamos las instrucciones de seguridad al final de este artículo antes de comenzar.

1. Compramos o recojamos aceite vegetal nuevo o usado.

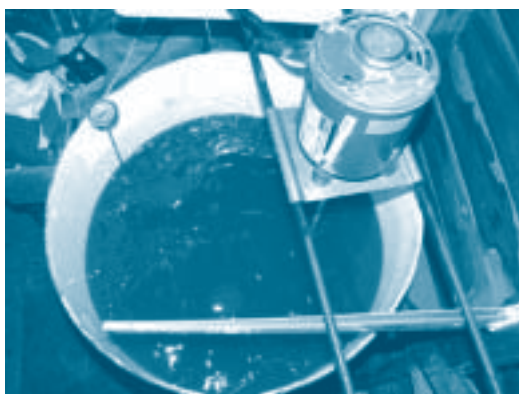
2. Si el aceite es usado, utilizaremos un filtro de aceite de restaurante para eliminar las impurezas, como los restos comestibles, etc.

3. Compramos metanol en una droguería. También se puede emplear etanol, pero el proceso es otro.

4. Compramos en una droguería o ferretería sosa cáustica laminada que se usa para desatascar tuberías. Tiene que ser hidróxido sódico puro (NaOH).

5. Midamos el número de litros de aceite con los cuales queremos experimentar. Esta cantidad la denominaremos V. Vertimos entonces el aceite vegetal en el contenedor de mezcla.

6. Cuando la temperatura sea inferior a 21 °C o bien el aceite vegetal se encuentre en estado sólido o espeso, será necesario calentar los reactivos antes, durante y, posiblemente, después



Mezcla del aceite con metóxido de sodio.

de mezclarlos. La temperatura ideal para una buena reactividad es de 49 °C. Un calentador de inmersión puede llegar a calentar de 40 a 120 litros de reactivos; se puede montar en el depósito de reacción. Asegurémonos de que seguimos todas las instrucciones de seguridad del fabricante cuando introducimos cualquier elemento eléctrico en el sistema. Tengamos cuidado si calentamos el aceite vegetal en un contenedor de plástico. El polietileno, por ejemplo, no resiste temperaturas superiores a los 60 °C.

7. Multiplicamos el volumen V x 0,2. El resultado será la cantidad de metanol necesaria en litros. A esta cifra la denominaremos M.

8. Para determinar la cantidad de sosa cáustica a emplear por aceite vegetal nuevo, multipliquemos V por 3,5 gramos. En caso de emplear aceite usado, utilizamos el número de gramos de sosa cáustica que hemos obtenido en los ensayos. Por ejemplo, si hemos utilizado 0,55 gramos de sosa en el ensayo, multipliquemos V por 5,5 gramos de sosa cáustica. A la cifra resultante la denominaremos L.

9. Introducimos con mucho cuidado L gramos de sosa cáustica dentro de los M litros de metanol. Removámoslo hasta que la sosa se haya disuelto en el metanol. Vayamos con cuidado, puesto que se produce una sustancia tóxica denominada metóxido de sodio que es necesario no respirar bajo ningún concepto.

10. Vertimos seguidamente el metóxido de sodio dentro del aceite vegetal. Removemos el conjunto de forma vigorosa durante una hora.

11. Dejamos que la mezcla repose durante ocho horas.

12. Bombeamos el biodiesel de la superficie o lo aspiramos con un sifón manual. Si eres lo suficientemente afortunado como para tener un contenedor con grifo, ábrelo y drena la capa inferior de glicerina. La glicerina será mucho más oscura y espesa que la capa superior de biodiesel.

13. Dejamos que la glicerina se deposite en el fondo del recipiente durante una semana. Pasado este tiempo, se habrá evaporado el resto del me-

tanol. Entonces tendremos un sofisticado jabón de glicerina. Podemos añadirle perfume de la variedad que queramos, u otros agentes detergentes o bien utilizarlo tal cual. Este jabón es especialmente adecuado para limpiar grasa de las manos y otras herramientas.

14. Asegurémonos de que nuestro biodiesel traspasa un filtro de 5  $\mu$  (micras) de poro antes de utilizarlo en un motor diesel.

### **Un procesador sencillo para la producción de biodiesel**

La manera más fácil de hacer un procesador de biodiesel es utilizar un barril de acero de 200 litros y una especie de mezclador/agitador. Este ingenio puede ser una bomba de recirculación, por ejemplo, una bomba de agotamiento, o también es posible usar un mezclador eléctrico para productos químicos, fabricado expresamente para agitar sustancias en tambores.

Una bomba o mezclador costará alrededor de 200 euros si la compramos nueva, pero también nos la podemos fabricar nosotros mismos. Con un poco de habilidad, podemos fabricarnos un procesador de biodiesel barato y efectivo. Uno de estas características a partir de piezas recicladas se puede fabricar por un valor de unos 50 euros. Un procesador sencillo de biodiesel se puede hacer a partir de las siguientes partes:

- un barril de acero de 200 l.
- un motor eléctrico de 1/2 CV.



En esta imagen se puede observar una prensa manual para extraer aceite de girasol en frío. Sólo se necesita un cedazo para filtrar los restos y obtenemos un aceite que se puede usar como biocombustible.

- dos poleas que den entre 250 y 400 rpm en el agitador.

- una correa que esté tensada entre las dos poleas.

- una varita de 5 cm para el eje del mezclador.

- una hélice hecha de dos palas que soldaremos opuestas al eje del mezclador. Estas palas tendrán el aspecto de dos “L” opuestas y formarán una hélice de unos 36 cm de diámetro. Cualquier plancha metálica en forma de hélice servirá si está hecha de acero del calibre 12 o 14.

- una válvula de grifo de 3/4 de pulgada (19 mm) para drenar la glicerina.

- una bisagra y un trozo de madera para hacer de tensor del cinturón.

- un elemento calentador de agua de 2.000 vatios.

- un termostato para el calentador de agua.

- madera, tornillos, pernas y otros elementos de bricolaje casero.

### **Una advertencia relativa a la seguridad**

Este experimento comporta trabajar con sustancias químicas peligrosas cuando producimos el biodiesel. Tanto el metanol como la sosa cáustica son bases fuertes. Pueden llegar a destruir terminaciones nerviosas y causar daños irreversibles en la piel y en nuestros pulmones si los inhalamos. Por este motivo, siempre llevaremos puestos guantes de goma, delantales y una protección efectiva para los ojos cuando manipulemos tanto el metanol como la sosa cáustica. Es imprescindible llevar zapatos, jerséis de manga larga y pantalones largos.

El metanol y la sosa cáustica siempre deberán ser almacenados en contenedores marcados inequívocamente. Recomendamos dotarlos de una calavera y añadirles un aviso escrito como “¡Peligroso!”, “¡Tóxico!”, “¡No ingerir!”, además de especificar el nombre del compost.

El metóxido de sodio, el producto resultante de la reacción entre el metanol y la sosa cáustica, todavía es más tóxico que los componentes





Cualquier motor diesel se puede modificar para hacerlo funcionar con aceite vegetal y reducir así la contaminación.

iniciales por separado. Mantengámonos alejados de esta sustancia a fin de que no pueda afectar ninguna porción de nuestra piel ni de los pulmones ni de la vista. No dejemos nunca que los alumnos jueguen cerca de las herramientas utilizadas para producir biodiesel. Recordemos que, aunque estemos haciendo dos sustancias químicas beneficiosas para el medio ambiente en el momento de elaborar biodiesel, en realidad en el proceso estamos empleando sustancias químicas peligrosas.

Tengamos siempre en cuenta la seguridad cuando estemos preparando una reacción para obtener biodiesel. Siempre habremos de tener cerca un grifo o manguera. También es recomendable disponer de vinagre para neutralizar cualquier fuga de metanol o sosa cáustica. Si nos tomamos el tiempo para preparar y seguir al pie de la letra las instrucciones de seguridad, la reacción para hacer biodiesel no comportará ningún problema y será muy sencilla.

Recordemos que en nuestro país sería necesario pagar el impuesto correspondiente sobre cualquier combustible que hagamos servir para circular en un vehículo de motor, aunque no lo hayamos

comprado en una estación de servicio. Esta cuestión puede servir para empezar un debate sobre el tema, pero es necesario cumplir con la legislación vigente si a alguien se le ocurriera hacerlo para autoconsumo.

Conviene también advertir que el único responsable de lo que le pase al motor que hagamos funcionar con un combustible que no se corresponda con las especificaciones del constructor del motor es el usuario. Por ello, recomendamos hacer la experiencia con un motor viejo.

Los habitantes de Islandia se hacen su biodiesel a partir de aceite de coco, y en Alemania se está vendiendo en casi todas partes el biodiesel elaborado a partir de aceite de colza. Millones de kilómetros recorridos en pruebas con este biocombustible han demostrado que los motores presentan menos desgaste utilizando biodiesel.

El biodiesel es un combustible fiable y, además, te lo puedes hacer tú mismo. Si tienes miedo por tu motor diesel, puedes instalar un sistema de filtrado de combustible extra de cualquier comercio que venda accesorios para el automóvil. Después de haber viajado más de 40.000 km con biodiesel elaborado a partir de aceite viejo, continuamos satisfechos y recomendamos el biodiesel como alternativa al diesel convencional derivado del petróleo, que, además, es carcinógeno.

Las instrucciones completas, diagramas, fotos y listados de piezas necesarias para los tres métodos de hacer funcionar un motor diesel con aceite vegetal y construir un procesador para la producción de biodiesel se incluyen en una segunda edición revisada del libro *From the Fryer to the Fuel Tank*.

\*Esta actividad ha sido adaptada del artículo de la revista *Home Power*, 72 (agosto-septiembre 1999) titulado *Fuel for the New Millennium: one low-tech solution to a high-tech problem* de Joshua & Kia Tickell.

## Direcciones y contactos de interés:

### Entidades

- Autoridad del Transporte Metropolitano. Consorcio para la coordinación del sistema metropolitano de transporte público del área de Barcelona. Muntaner, 315-321 Barcelona 08021. Tel: 93 362 00 20.
- Unió de Pagesos. Pg. Cambó 14, 3r B. Tel: 93 268 09 00.
- Institut Català de l'Energia. Av. Diagonal, 453 bis. 08036 Barcelona. Tel: 93 622 05 00.

### Bibliografía

- AGEJAS DOMÍNGUEZ, LUIS ÁNGEL. *Biocombustibles*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996.
- CASTRO GIL, M. & SÁNCHEZ NARANJO. *Biocombustibles*. Sevilla: Progensa, 1997.
- CROS, M. *Cultive su propia energía*. Madrid: Ed. Pirámide, 1996.
- JARABO FRIEDRICH, F. *La energía de la biomasa*. Madrid: SAPT Publicaciones Técnicas, 1999.
- PINEDA, M & CABELLO, P.(ed). *Energía de la biomasa. Realidades y Perspectivas*. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 1998.
- SCHEER, HERMANN. *Economía solar global. Estrategias para la modernidad ecológica*. Barcelona: Galaxia Gutenberg-Círculo de Lectores, 2000.

### Recursos en internet

- <http://www.atm-transmet.es>. Página web de la Autoridad del Transporte Metropolitano.
- <http://www.energiarenovable.org>. Web elaborada por el Grupo de Científicos y Técnicos por un Futuro no Nuclear, que incluye un viaje por los principales enlaces de energías renovables.
- <http://www.energias-renovables.com>. Revista digital sobre energías renovables que también se imprime en papel trimestralmente.
- <http://www.nrel.gov>. Aquí encontraremos documentos para los educadores, imágenes y conceptos básicos elaborados por el National Renewable Energy Laboratory de los EUA.
- <http://www.renovables.com>. Página dedicada a la promoción de las energías renovables.
- <http://www.junres.es>. Ésta es la página web de

la junta de residuos. Aquí podemos encontrar cualquier información relacionada con la gestión de residuos en Cataluña. Entre otros, el volumen de recogida de aceites vegetales en los puntos verdes municipales.

- <http://www.biodiesel-intl.com/> Empresa austríaca de producción del biodiesel.
- <http://www.biodiesel.com.ar>. Noticias sobre la implantación del biodiesel, especialmente en el área latinoamericana.
- <http://www.biodiesel.co>. Web de la empresa Pacific Biodiesel Inc que trabaja en proyectos en muchos países.
- <http://www.biodiesel.org>. Noticias sobre el desarrollo del biodiesel en los Estados Unidos.
- <http://www.ideal.es/waste/biomasa.htm>. Contiene noticias sobre la energía biomasa.
- <http://journeytoforever.org/energiaweb/elaboracion.htm>. Interesante web donde se describe cómo hacer biodiesel de forma casera.
- <http://www.veggievan.org/biodiesel/index.html>. Página web con informaciones muy completas sobre las experiencias de emplear aceite de cocina en la automoción. Son los editores del insólito libro *From the fryer to the fuel tank* (De la freidora al depósito de combustible).
- <http://www.webconx.com/2000/Default.htm> Web con documentos muy pedagógicos sobre la elaboración y consumo del biodiesel. Incluye el ejemplo de un Volkswagen «escarabajo» Bio bug que funciona con biodiesel.
- <http://www.biofuels.fsnet.co.uk/challenge.htm>. Incluye un interesante documento sobre los retos de los combustibles verdes (biocombustibles, hidrógeno, etc.).
- <http://valenergol.free.fr>. Página web de la Sociedad de Valorización Energética de los Aceites. Dispone de un boletín de noticias y de dossieres informativos.
- <http://www.multimania.com/ecologiesociale>. Web site donde se recogen experiencias relacionadas con educar a favor del Sol como “otro mundo es posible” y “a la escuela del Sol”.
- <http://villesdiester.asso.fr>. Web site del club de las ciudades francesas que promueven el biodiesel. Una página muy interesante y recomendable para visitar.