

# BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Manuel Camps Michelena.  
Catedrático de Motores y Máquinas Agrícolas. U. P. M.

**E**l problema de la producción agrícola es el de saber qué productos debemos cultivar para paliar en lo posible los problemas que surgen a nivel mundial. En la actualidad, y a pesar de los 6000 millones de personas existentes en el mundo, el problema de la alimentación es de tipo puntual (si bien no despreciable) mas que global; una agricultura eficiente puede proveer a todo el mundo de alimento, fibra y energía. En Europa, por ejemplo, hay superávit de leche, grano, carne, azúcar y aceite, hasta el punto de que se paga por no cultivar.

Una de las opciones con que se especula es la de los cultivos energéticos, entre los que la mayor importancia la tienen, como carburantes, los aceites y los alcoholes.

Las características de un cultivo para entrar en este apartado se detallan a continuación, y definen su "vocación agroenergética", según Fernández:

- ❖ Vigor y precocidad de crecimiento, es decir, producir mucha masa por unidad de superficie.
- ❖ Acumulación de energía, o sea, mucha energía por unidad de masa.
- ❖ Capacidad de rebrote, para evitar la resiembra.

*Olivos de este tamaño ofrecen grandes dificultades para la recolección.*



Cosechadora de cereales actual.



- ❖ Rusticidad, para adaptarse a terrenos marginales, pues estos terrenos son los que vamos a poder usar para este tipo de cultivos.

De acuerdo con esta vocación, los cultivos susceptibles de ser usados como fuente energética a corto plazo los podemos dividir en azucareros, oleaginosos y productores de biomasa, siendo los dos primeros los que nos atañen, por llevarnos directamente a productos líquidos.

Entre las principales **ventajas** de utilizar estos cultivos, tenemos:

- ❖ La polivalencia del empleo de este producto en su transformación en energía, bien para electricidad, calor, o directamente en un motor.
- ❖ Los motores admiten, mal que bien, este combustible; Diesel, en 1900, hizo funcionar su motor con aceite de cacahuete.
- ❖ El petróleo no durará siempre: en efecto, hace sólo 30 años se pensaba que quedaban unos 70 de utilización de esta fuente de energía, y hoy pensamos que son 100. El aumento es debido a que se encuentran más bolsas de crudo y a que otras son accesibles ahora al mejorar la técnica de extracción.
- ❖ Protección del ambiente: la combustión del aceite no altera tanto el equilibrio del CO<sub>2</sub>; tiene menos sulfuros, se manipula y almacena con mayor facilidad, salvo excepciones.
- ❖ Se disminuye la dependencia de los países productores de petróleo.
- ❖ Aprovechamiento de los subproductos.

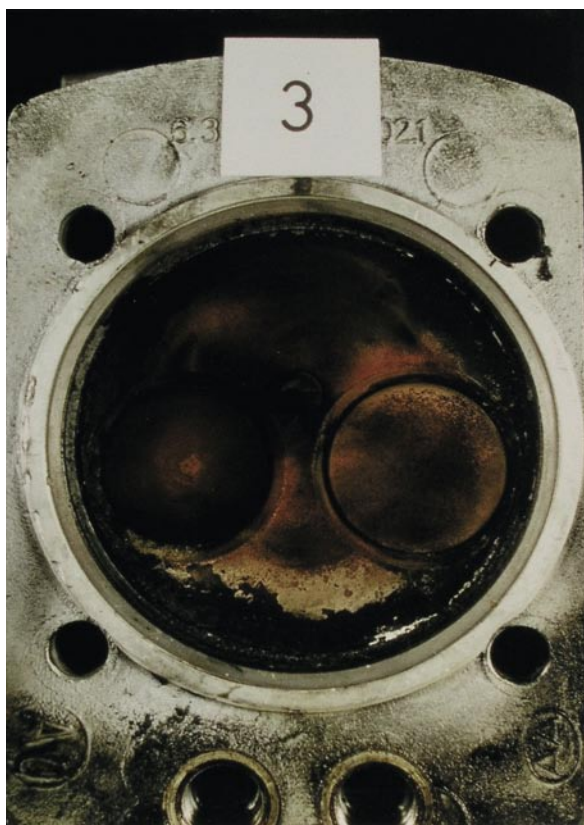
Por otra parte, entre las **desventajas**:

- ❖ Las operaciones que requieren los combustibles antes de su empleo en el motor (aditivos, esterificación, calentamiento, etc.).
- ❖ Las modificaciones, que, en general, necesitan los motores al querer utilizar estos combustibles alternativos.
- ❖ El precio, mayor que el derivado del crudo en general (cambiando ahora, que está a más de 55 dólares/barril). Este aspecto deberá revisarse a menudo pero, a largo plazo, acabará perdiendo la partida el petróleo (es obvio que no durará siempre), y el precio del combustible alternativo deberá disminuir, al mejorar todo lo referente a la industrialización de aceites y alcoholes.
- ❖ Las prestaciones, menores que con los combustibles convencionales, quizás por estar éstos mucho más estudiados, y su adecuación a los motores.

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

- ❖ Mejora en el uso de los recursos agrícolas y forestales. El desarrollo de mercados alternativos para productos agrícolas puede llevar a un mejor aprovechamiento del suelo, subutilizado en muchas zonas europeas.
- ❖ La introducción y desarrollo de cultivos energéticos puede reducir en parte los problemas de los excedentes, dedicando una parte

El inmejorable efecto de los biocombustibles líquidos es la considerable reducción de los gases nocivos emitidos por los motores de combustión, limitándose, de este modo, el calentamiento global



*Residuos en culatín después de usar mezclas de aceites y gasoil.*

de la superficie de los cultivos a otros nuevos. Sin embargo, la sustitución puede conducir a resultados imprevistos; hace falta estudios económicos para prever las posibles consecuencias.

- ✦ Diversificación de mercados e incremento en las rentas agrícolas, que están disminuyendo en Europa.
- ✦ Revitalización de economías rurales y generación de empleo. Los cultivos energéticos y el uso de biocombustibles pueden apoyar las economías rurales en dos aspectos: por el uso adicional de los recursos de las explotaciones agrarias, creando empleo directo, y por la manufactura y comercialización del producto, que debería ser otra fuente de riqueza en la comunidad rural.
- ✦ Mejora de la competitividad internacional: comercio exterior. La promoción de nuevos usos para los cultivos tradicionales, o los cultivos bioenergéticos, pueden desarrollar la exportación de los bienes industriales o de las tecnologías correspondientes.
- ✦ Generación de biodiversidad.

Si este uso prospera, sería más conveniente utilizar aceites vegetales y sus ésteres que alcoholes, ya que los cultivos azucarados tienen mercados establecidos que se podrían ver afectados.

### **EFFECTOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

Afortunadamente, se tiende ya a dar al medio ambiente la importancia debida. Una mayor producción puede llevar a una sobreexplotación

y a la degradación de los recursos naturales. Los biocombustibles pueden ayudar a mejorar esta situación.

El inmejorable efecto de estos combustibles es la reducción, en buena parte, de los gases nocivos emitidos por los motores de combustión: monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos volátiles, plomo, etc.

Se limitaría, de este modo, el calentamiento global de la atmósfera debido al efecto invernadero por culpa del dióxido de carbono desprendido en la combustión de los derivados del crudo.

No obstante, como contrapartida, aumentará el uso de fertilizantes y productos fitosanitarios, si pretendemos generar una cantidad de biomasa desmesurada.

Se debería, en este caso, investigar en nuevas tecnologías, y recomendar sistemas como el laboreo mínimo y la siembra directa.

### **PROBLEMAS DERIVADOS DEL USO DE ACEITES VEGETALES**

Dentro de los combustibles líquidos, la elección se debe realizar

hoy en día entre dos tipos de productos provenientes de la biomasa: los alcoholes, por un lado, y los aceites y sus derivados, por el otro.

La elección del cultivo no es fácil, teniendo en cuenta que hay más de 300 especies capaces de producir aceite en cantidades industriales. En general, es mayor la producción por unidad de superficie en las especies arbóreas pero, al medir el factor económico, la recolección decide rápidamente, al estar más mecanizada en el caso de las especies arbustivas. De hecho,

el principal cultivo para estas necesidades energéticas parece ser la colza (rape, en inglés), aunque no debemos olvidar el girasol (sunflower), sobre todo en España, donde se trata de un cultivo bastante arraigado.

Estos aceites, en su estado natural, tienen unas características distintas a las de los combustibles derivados del petróleo, en especial la viscosidad, que es mucho mayor. Esta cualidad es de importancia fundamental, al tener que circular por conductos de pequeño diámetro. Así, nos encontramos con los siguientes problemas:

- Mayor densidad de los aceites frente al gasoil.
- Inestabilidad de los mismos debido a las insaturaciones de los ácidos grasos.
- Alto coste en comparación con los combustibles líquidos fósiles.
- La mayor viscosidad ya comentada.
- Menor poder calorífico: consumo específico mayor en los motores.

La viscosidad es el principal problema, pues implica la necesidad

de aumentar la fluidez del aceite. Se ofrecen dos alternativas:

- ❖ Funcionamiento del motor en régimen dual (empezar con gasoil y seguir con aceite), de modo que éste se vaya calentando.
- ❖ Modificar la viscosidad con una transesterificación de tipo químico, que dé lugar a un metiléster de mayor semejanza al gasoil en cuanto a sus características.

## TRANSESTERIFICACIÓN

Este es el método más sencillo para acercar las características de los aceites a las del gasoil, y el resultado es lo bastante bueno como para que se pueda hacer la sustitución sin que el sistema sufra menoscabo alguno. Se debe cuidar algunos aspectos, como puede ser el ataque del éster sobre algunas conducciones, depósitos en la bomba de inyección y en la cámara de combustión, dilución en el aceite lubricante. La solución es sencilla, y pasa por la elección de materiales y lubricantes, y efectuando un mantenimiento con mayor frecuencia.

En el caso de la colza, con una producción de 3 t/ha, con un porcentaje de 40% de aceite, obtendríamos una producción neta de 1200 kg/año.ha de combustible (1300 litros). Además, proporcionaría una cantidad de 1.800 kg de torta útil para alimentación animal, así como 3 toneladas de paja. Todo esto equivale, en energía, a unos 50 GJ/ha, con un rendimiento aproximado de 3 (sin contar la energía del Sol).

## OTRAS VENTAJAS E INCONVENIENTES AMBIENTALES

Podemos reseñar otras **ventajas**:

- ❖ Los residuos se degradan en

más del 90 % a los 21 días.

- ❖ La reducción de emisión de aldehídos del 60 al 70 %.
- ❖ Menor emisión de compuestos aromáticos, en un 40 %.
- ❖ Menor emisión de óxidos nitrogenados.
- ❖ Se cierra el ciclo de CO<sub>2</sub>, como es bien sabido.
- ❖ Desaparecen casi por completo partículas carbonosas y derivados del azufre.
- ❖ No es tóxico, y es seguro en su manejo si es puro.

A su vez, observamos los siguientes inconvenientes:

- ❖ Pérdida de un 5 % de potencia.
- ❖ Residuos en inyectores, cámara, pistón y asientos de válvulas.
- ❖ Dilución del aceite del motor, lo

que implica cambiarlo más veces.

- ❖ Mayor frecuencia en la sustitución del filtro de combustible.
- ❖ Disolución del asfalto.
- ❖ Problemas en el arranque en frío en invierno.

## ALCOHOLES

El otro gran conjunto de productos energéticos es el de los alcoholes. Su obtención pasa por la producción en masa de vegetales ricos en materias azucaradas, y su posterior fermentación.

El uso de alcoholes como combustible no es completamente desconocido, pero hasta hace poco no ha sido utilizado más que en pe-



*Reactor de metiléster en el laboratorio de botánica (ETSIA, Madrid).*

queñas aplicaciones prácticas. Para usarlo en gran escala sería necesario que se diera una rara combinación de altos precios del petróleo a la vez que una caída de los precios de la materia prima empleada para la obtención de este bioalcohol.

Hay tres principales caminos para producir alcohol etílico a partir de materiales biológicos; todos ellos incluyen una ulterior fase de fermentación por levaduras, seguida de una posterior destilación mediante la aplicación de calor. La duración de cada sistema es distinta, así como la producción de alcohol y su coste, dependiendo del elemento inicial, que puede ser un producto azucarado, almidón o material celulósico.

El método más sencillo es el que usa un producto azucarado, como puede ser caña de azúcar o sorgo dulce. El jugo azucarado fermenta en un tanque hasta convertirse en alcohol de bajo grado, que contiene demasiada agua para poderse usar como combustible. La mayor parte del agua se elimina en columnas de destilación. La última parte es más costosa. Para usar en mezclas con gasolina, el alcohol debe ser totalmente anhidro. Cuando se usa sólo, puede contener hasta un 10 % de agua, o incluso más, dependiendo del tipo de motor.

Cuando se trata de productos que contienen almidón (grano ó tubérculo), se necesita un camino más largo. Antes de la fermentación, el almidón debe ser convertido en azúcar, para lo que se requiere un tratamiento enzimático en un tanque especial.

En el caso de partir de material celulósico, hay que empezar por una disgregación de tipo mecánico.

Experiencias realizadas en muchos países avalan la utilización de alcoholes en motores de encendido por chispa. El etanol es, con diferencia, el más usado hasta ahora, pero se empieza a pensar en serio en la alternativa del metanol, aunque con la principal desventaja de la peligrosidad.

## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS ALCOHOLES

Entre las **ventajas**, tenemos:

- ❖ Mejores prestaciones globales, en algunos casos.
- ❖ Incremento del par y de la energía por unidad de volumen de mezcla.
- ❖ Combustión más completa, y menores residuos en general.
- ❖ Aumentaría el número de puestos de trabajo en el campo.
- ❖ Mejor distribución de la riqueza.

Los principales **inconvenientes** son:

- ❖ Mayor consumo, habida cuenta del menor poder calorífico.
- ❖ La emisión de aldehídos, y posible contenido en ácido sulfúrico.
- ❖ Problemas de almacenamiento, sobre todo en el caso del metanol.

## MODIFICACIONES EN LOS MOTORES

Podemos enumerar las principales modificaciones que sufrirían los motores para poder emplear alcohol como combustible en solitario:

- ❖ Nuevos colectores de admisión.
- ❖ Válvulas y asientos capaces de soportar mayores esfuerzos, al poder aumentar la relación de compresión, por ser mayor el número de octano.
- ❖ Distinto grado térmico en las bujías.
- ❖ Variación del adelanto al encendido.
- ❖ Juntas más resistentes.
- ❖ Carburador con revestimiento de níquel y bombas de alcohol con cromo o cadmio, para evitar la corrosión.
- ❖ Tuberías de nylon, y diafragma de la bomba de combustible de materiales que no sean atacados por el alcohol.
- ❖ Tratar con plomo o estaño el depósito de combustible.

El uso de alcoholes como combustible sólo se ha realizado en pequeñas aplicaciones prácticas. Para usarlo a gran escala sería necesaria una rara combinación de altos precios del petróleo con una caída de los precios de la materia prima empleada para la obtención del bioalcohol

A nivel mundial, se piensa en soluciones globales; así, para sustituir por metanol toda la gasolina y el gasoil empleado en locomoción en los Estados Unidos, se necesitarían unos 85 millones de hectáreas; desde luego, hoy no se puede pensar en sustituir la totalidad de este combustible, pero sí una parte del mismo. Trasladando el estudio a España, con una sexta parte de habitantes, una utilización supuesta del 50 %, y si nuestra meta es, en principio, la sustitución del 15 % del combustible dedicado a locomoción, llegamos a una cifra de un millón de hectáreas, como podemos ver a continuación:

$85 \times 1/6 \times 0,5 \times 0,15 = 1,06$  millones de ha

Se trataría, por lo tanto, del 2% de la superficie total del país, que podría representar la parte del terreno agrícola marginal, si bien muy superior aún a las posibilidades que nos pudiera brindar la normativa europea.

No podemos olvidar el uso de estos alcoholes como aditivos oxi-

genados. Se tiende hacia la combustión ecológica, aunque debemos decir que hasta ahora no se ha conseguido gran cosa, pero puede ser que todo consista en empezar. Casi todos los motores que hay ahora en el mercado disponen de catalizador, para agredir menos al ambiente, en especial por los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y productos sulfurados. Lo cierto es que este sistema catalítico no actúa bien en presencia de plomo, por lo que se hace necesario sustituir este elemento por otros aditivos de las gasolinas, para aumentar la relación de compresión y, por lo tanto, el rendimiento termodinámico del ciclo.

Entre los nuevos aditivos destaca el MTBE (obtenido a partir del petróleo) hasta un 10 %, el ETBE (a partir del bioetanol), el metanol (del gas natural), el TBA como disolvente del metanol en mezclas (M3TBA2 es 3 % de metanol, 2 % de TBA y 95 % de combustible petrolífero), etanol (también como disolvente, M3E3), e incluso etanol puro.

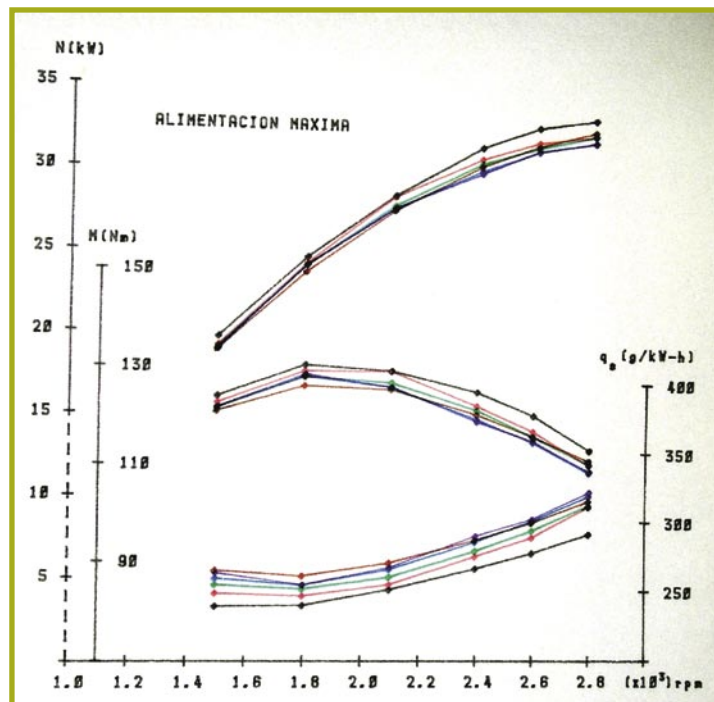
## CONCLUSIONES

El futuro es prometedor para estos combustibles alternativos a los derivados del petróleo, si bien deberá darse una serie de circunstancias favorables, que dependen en parte del paso del tiempo (escasez del crudo, puesta en cultivo de mayores superficies de estos cultivos, mejora de rendimientos de la recolección, de las industrias, etc.), mientras que otras dependen únicamente de la voluntad del hombre (intención de cuidar el ambiente, poner los medios fiscales adecuados en el sentido de desgravar estos productos).

Entonces, ¿por qué el avance en este sentido es tan lento? ¿Cómo es que, en conjunto, solo usamos un 7 % de energías alternativas en la actualidad? Creo que la respuesta se puede deber a algunas de las siguientes razones:

- ❖ Para empezar, debemos tener en cuenta lo existente, que es el motor tal como lo concebimos hoy en día, y que no funciona con estos combustibles ecológicos del mis-

Curvas características de las mezclas de aceite de algodón y gasoil (entre 0 y 50 %). (Potencia, par y consumo específico).





*Cultivo de cardo en los campos de botánica (ETSIA, Madrid).*

mo modo que con los usuales, para los que está diseñado.

- ❖ La posición de la industria, que conoce muy bien el sistema para producir los combustibles convencionales (refinería), pero se debe profundizar más aún en el caso de la obtención de los esteres etílicos o metílicos de los ácidos grasos. Además, el aprovechamiento, cuando menos dudoso, del principal subproducto de esta industria, la glicerina, habida cuenta de su escasa demanda, al estar cubiertas las necesidades.
- ❖ Otra razón, aunque de menor cuantía, y válida para ciertos países, es la inercia que demuestra el trabajador del campo a cualquier cambio; recordemos que el cultivo que mejor cumple en este aspecto, la colza, no tiene en nuestras latitudes el mismo rendimiento que en el resto de Europa. Nuestros suelos tampoco son comparables a los de Francia, por ejemplo. Por no decir nada de la climatología, ni de

la “pertinaz actual”. La producción de girasol, adaptado ya bastante bien en España, es del orden de la mitad que en otros países vecinos.

- ❖ A pesar de lo que parece, la poca concienciación de la clase dirigente del mundo no es lo que la cumbre de Kyoto propugna. En los últimos años, se debía haber creado un millón de hectáreas de cultivos energéticos, y no ha sido así. Incluso, se han perdido casi dos millones en los últimos 20 años. Las líneas de investigación subvencionadas son las mismas de siempre.
- ❖ Los intereses creados, la renuencia de la industria, sobre todo la petrolífera, pero también la automovilística, al cambio. Sus buenas intenciones, creación de cátedras ecológicas, ayudas al mantenimiento de especies, incluso fondos dedicados al estudio de todos estos nuevos intentos de despegue, no hacen más que mitigar en una pequeña parte el irreparable daño producido a nuestro planeta. ☹