

Un nuevo
combustible
renovable

Los ésteres alcohólicos del aceite de girasol

Por: Eduardo Sobrino Vesperinas*

INTRODUCCION

En diversas ocasiones ha sido considerada la oportunidad de utilizar aceites vegetales como combustibles para los motores Diesel. De hecho, el propio inventor de estos ingenios Rudolf Diesel escribió en 1911: "La utilización de los aceites vegetales como combustibles de motores puede ser actualmente insignificante. Pero estos aceites llegarán a tener importancia a lo largo del tiempo, tanto como el petróleo o el carbón". Diesel consideró que la utilización de los aceites vegetales como combustible ayudaría considerablemente a la agricultura (QUICK, 1989).

La crisis energética que empezó en 1973, revivió el interés por los combustibles de origen no fósil. Los combustibles a base de alcohol y los aceites vegetales fueron los principales candidatos, el primero como sustitutivo de la gasolina y los segundos para ser utilizados en los motores Diesel. Al ritmo actual de consumo y crecimiento, las reservas de petróleo se agotarán en un plazo no excesivamente lejano, quedando en los momentos finales el petróleo más inaccesible y/o de peor calidad, con mayores costes de explotación.

Por otra parte, el incremento del CO₂ atmosférico, hace aconsejable reutilizar el existente en la atmósfera en la actualidad, y no poner en circulación nuevas cantidades procedentes del petróleo o del carbón, teniendo en cuenta la influencia del contenido del CO₂ sobre el efecto invernadero.

Finalmente la evolución de los precios agrícolas a la baja en Europa, hace que la diferencia entre los derivados petrolíferos y los aceites vegetales no se encuentren ya tan lejanos. La drástica reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC), puede conducir a los países de la CEE, a dedicar una parte de sus esfuerzos agrícolas hacia



“

• El propio Diesel consideró la posibilidad de emplear aceites vegetales como combustible.

• En Vicenza una línea de autobuses funciona con Biodiesel.

”

la producción de materias primas no alimentarias. Todo ello dentro del enorme contrasentido ético y político, de una gran parte de la población mundial sufriendo de hambre, mientras existen importantes cantidades de excedentes alimentarios en los países desarrollados.

España podría beneficiarse de la utilización del aceite de girasol de origen interno como combustible, reduciendo así la cuantía de las gravosas importaciones de petróleo y dando un nuevo sentido a la actividad agrícola.

En el presente trabajo se analiza tanto la cuantía de los excedentes de aceite de girasol en España, como la posibilidad de utilización directa de este tipo de aceite o bien modificado mediante el proceso de transesterificación.

LA PRODUCCION DE ACEITES VEGETALES EN ESPAÑA

Desde los primeros antecedentes históricos, España al igual que los restantes países de la cuenca del Mediterráneo, obtuvo el aceite comestible a partir del cultivo del olivo, consiguiendo así un aceite de primera calidad, tanto desde el punto de vista gustativo como nutricional.

A pesar de la amplia superficie dedicada al cultivo del olivar en España, en la segunda mitad del siglo XX, existía un déficit de aceite vegetal, especialmente marcado en algunos años como resultado de la vejería del olivar. Como consecuencia de ello, en la década de los sesenta, un grupo de industrias aceiteras en conjunción con el Ministerio de Agricultura, planearon la introducción de varias especies oleaginosas herbáceas (girasol, cártamo, soja y colza), que permitieran reducir o eliminar el déficit de aceites vegetales y disminuir las necesidades externas de grano de soja o de harinas proteicas.

Desde la perspectiva actual, y bajo un punto de vista global, el plan resultó un éxito, y el girasol se incorporó plenamente a la agricultura extensiva española, pasan-

(*) Doctor Ingeniero Agrónomo y Licenciado en Ciencias.

COLABORACIONES TECNICAS

do en tan sólo unos años, de una superficie inferior a 10.000 ha, a otra situada en el entorno de un millón de hectáreas, con rendimientos próximos a 1.000 kg/ha y un porcentaje tipificado de aceite en 44% ms.

En el año 1992, la superficie ha alcanzado la cifra récord de 1.450.000 ha y la producción 1.300.000 tm de grano, frente a cifras usuales de 1.100.000 tm en los últimos años. Ello ha supuesto una cantidad de 545.000 tm de aceite crudo en la campaña 92/93. El consumo de aceite de girasol en España no ha alcanzado esa cifra (tabla 1), generándose un excedente entre producción interna y consumo del orden de 200.000 tm.

La producción de aceite de oliva es igualmente importante y se muestra en la tabla 2 para los tres últimos años. Este aceite es propuesto por HALL (1981) como un candidato para ser utilizado como combustible en los países mediterráneos, pero consideramos que su alto precio hace que esta idea sea totalmente inviable.

Ninguno de los restantes cultivos oleaginosos, ha alcanzado en España una superficie significativa. Unicamente podría esperarse nuevos incrementos de la superficie de girasol, o quizás de la colza doble cero, como alternativa al cultivo del trigo o de la cebada.

Varios países centroeuropeos, Francia, Austria, centran sus investigaciones sobre combustibles Diesel alternativos en el aceite de colza, mientras que otros más cálidos como Africa del Sur, se orientan hacia el girasol.

Hay que resaltar la conveniencia de explorar esta posibilidad, ya que como consecuencia de la PAC, los agricultores se plantean un difícil horizonte, con relación a la explotación de la amplia superficie agrícola existente en España. Cabe pensar además, si la dedicación de esta producción a fines no alimentarios supondría una mejor aceptación en las negociaciones del GATT.

EL ACEITE DE GIRASOL COMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL

La primera demostración pública de un motor Diesel con aceite vegetal se llevó a cabo en la Exposición Universal de París celebrada en 1900, utilizando aceite de cacahuete (NITSKE et WILSON, 1965). Ya a mayor escala, el aceite de soja fue empleado para impulsar un barco de guerra, al final de la II Guerra Mundial, por los japoneses.

Los ensayos efectuados utilizando aceite de girasol como combustible de motores Diesel muestran que cuando se realizan sobre un corto número de horas, no se producen inconvenientes especiales, mostrando una potencia y una eficiencia térmica similares a las del gasóleo convencional. Unicamente se genera una reducción de la potencia máxima en un 3-4%, de la eficiencia térmica en un 1-4% y un incremento del 5 al 10% en el consumo de combustible (QUICK, 1989).

Sin embargo, en pruebas de mayor duración, utilizando aceite de girasol sin modificar, se produce un deterioro del motor, generado por la mayor viscosidad del aceite, casi 100 veces más elevada que la del gasóleo (tabla 3), lo que dificulta el correcto trabajo del sistema de inyección; y también por la aparición de depósitos carbonados, alrededor de la cabeza de los inyectores, lo que aumenta todavía más las dificultades para un correcto funcionamiento.

No todos los motores Diesel presentan el mismo comportamiento, ni tampoco los diversos aceites vegetales. La cantidad de tiempo de funcionamiento, necesaria para el deterioro del motor varía con el tipo de motor y en ciertos casos con el del aceite. Los motores de inyección directa son los que antes manifiestan los inconvenientes citados; lamentablemente estos motores son los más utilizados.

Para ser empleado como combustible el aceite de lino resulta ser especialmente desfavorable, pudiendo funcionar el motor correctamente tan sólo durante unas diez horas, mientras que con aceite de girasol este tiempo puede oscilar entre 100 y 600 horas. El aceite de lino se distingue por un elevado grado de insaturación, que puede ser valorado a través del índice de yodo. Con objeto de tener una referencia directa puede indicarse que los tractores con motores de inyección directa, utilizando gasóleo, pueden funcionar entre 3.000 y 10.000 horas, antes de que se produzcan desajustes.

**Tabla 1
CONSUMO DE ACEITES VEGETALES EN ESPAÑA**

| Aceite | Cantidad (Tm) | | |
|----------|---------------|---------|---------|
| | 1990 | 1991 | 1992* |
| Oliva | 332.000 | 376.000 | 410.000 |
| Orujo | 34.000 | 36.000 | 45.000 |
| Girasol | 284.000 | 362.000 | 351.000 |
| Soja | 18.000 | 9.000 | 7.000 |
| Semillas | 20.000 | 35.000 | 34.000 |

* Estimado

**Tabla 2
PRODUCCION DE ACEITE DE GIRASOL EN ESPAÑA**

| Año | Cantidad (Tm) |
|--------|---------------|
| 90/91 | 700.000 |
| 91/92 | 570.000 |
| 92/93* | 570.000 |

* Estimado



Los motores de inyección indirecta o de precámara resultan ser mucho más eficaces cuando utilizan aceite de girasol sin modificar. Investigadores sudafricanos han conseguido mantener en funcionamiento tractores no modificados de inyección indirecta, con aceite de girasol, durante 3.000 horas. Los motores especiales, como el tipo "Duotherm" diseñado por Elsbett, muestran una gran eficacia con esta clase de combustible. La importancia de la puesta a punto de nuevos motores Diesel y el desarrollo de las aplicaciones de los ya existentes, es un tema de crucial importancia, ya que permitiría elegir al usuario el combustible más adecuado a cada caso.

Existen otras posibilidades de utilización del aceite de girasol sin modificar, en los motores de inyección directa. Una de ellas sería por mezcla en baja proporción con el gasóleo, aunque este sistema no evita completamente el problema de decaimiento del motor. Una segunda alternativa se basaría en la realización de un mantenimiento de los inyectores cada poco tiempo, por ejemplo efectuándolo de forma sistemática con cada cambio de aceite; pero resulta complicada.

OBTENCION DE UN BIOCARBURANTE POR MODIFICACION QUIMICA DEL ACEITE DE GIRASOL

La idea de modificar químicamente los aceites vegetales, para mejorar sus características como combustible tampoco resulta una total novedad. Desde un punto de vista teórica WALTON (1938) se anticipó a su tiempo y pronóstico "...para conseguir con los aceites vegetales el mismo valor como combustible que el obtenido con el gasóleo, es académicamente necesario romper los glicéridos y tomar únicamente los ácidos grasos, ya que la glicerina

es probablemente la causa del exceso de carbono".

De forma aplicada, un grupo de científicos chinos pusieron a punto durante la II Guerra Mundial, un método para producir "Veg-diesel" a partir, de aceites vegetales, por ruptura de las moléculas de los glicéridos en otras de menor tamaño, utilizando aceite de ricino y colza (CHANG et WAN, 1947).

La idea actual se basa en la obtención de "Biodiesel" por el proceso de transesterificación, mediante el cual las moléculas de los triglicéridos, grandes y ramificadas se transforman en moléculas de cadena lineal, más pequeñas, similares en tamaño a las del gasóleo (fig. 1). El procedimiento inició su desarrollo en Sudáfrica, a partir de 1978. La intención de los ingenieros agrónomos sudafricanos consistía en suplir con este "Biodiesel" las necesidades de combustible de las granjas. El método ha sido ensayado con otros aceites, especialmente aceite de colza, obteniendo igualmente buenos resultados en la utilización de sus esteres alcohólicos.

Como alcohol puede emplearse diversos alcoholes de cadena corta, metanol, etanol o butanol. El etanol tiene la ventaja de que su producción como "Bioetanol" es accesible a partir de productos agrícolas, lo que evita la necesidad de recurrir a productos no renovables, y además proporciona una alternativa a la actividad agrícola, sin embargo por el momento algunos autores indican que en el proceso de transesterificación del aceite de colza, el uso de metanol incide en una reducción de los costes (KORUS et al., 1992) y además son más estables que los esteres etílicos (DU PLESSIS et DE VILLIERS, 1983).

El proceso se produce como consecuencia de la acción de un catalizador. Aunque diversas sustancias pueden actuar como tales, el hidróxido potásico es el citado más corrientemente en la actuali-

dad. La reacción que da lugar a los esteres alcohólicos no resulta de especial complejidad, pero si es preciso contar para su realización con una planta industrial, convenientemente dotada y seguir en todo el proceso las normas de seguridad vigentes. Es preciso eliminar completamente el catalizador de los esteres alcohólicos formados, ya que podría incidir en el deterioro del motor en el caso de no efectuarlo así.

Conviene destacar, que el "Biodiesel" obtenido consiste en una mezcla de esteres alcohólicos, tal como se puede apreciar en la fig. 1, derivado de los diferentes ácidos grasos que conjuntamente con la glicerina forman las moléculas del aceite de girasol.

Precisamente un importante subproducto de la reacción de transesterificación resulta ser la glicerina; una vez sometida a un proceso de purificación por destilación se consigue con una elevada pureza (99,5-99,9%), imprescindible para su comercialización. La glicerina es empleada en numerosos procesos industriales y por tanto su venta en esos momentos no resultaría difícil.

EXPERIENCIAS CON "BIDIESEL" EN MOTORES DIESEL

Las experiencias realizadas en Sudáfrica inicialmente, y posteriormente en Francia, Austria y otros países, han mostrado que la viscosidad de los metil, etil o butil esteres es similar al de gasóleo (tabla 3), lo que elimina las dificultades de inyección, uno de los problemas que plantea la utilización directa del aceite de girasol en los motores de inyección directa.

También el "Biodiesel" elimina los problemas de la generación de depósitos de carbón que finalmente perturban el funcionamiento de los inyectores, probablen-

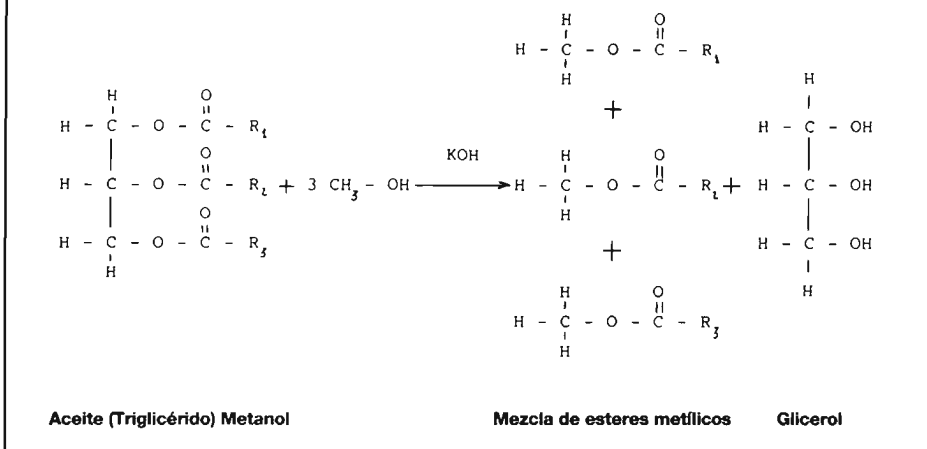
Tabla 3
PROPIEDADES COMO COMBUSTIBLE DE LOS METIL ESTERES DEL ACEITE DE GIRASOL, Y DEL ACEITE DE GIRASOL EN COMPARACION CON EL GASOLEO (QUICK, 1989)

| Propiedades | Metil Esteres de Girasol | Aceite de Girasol | Gasóleo |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|------------|
| Densidad (kg/dm ³) | 0,880 | 0,924 | 0,835 |
| Punto de enturbiamiento (°C) | 0 a +1 | -6,6 | -0,6 a 4,0 |
| Punto de ignición (°C) | 183 | 215 | 67 |
| Calor de combustión | | | |
| Bruto MJ/l | 35,34 | 36,50 | 38,35 |
| Neto MJ/l | 33,04 | 34,14 | 35,40 |
| Viscosidad mm ² /s (40° C) | 4,22 | 34,9 | 2,63 |
| Número de Cetano | 47-51 | 33 | 46 |
| Residuo de carbón (%) | 0,05 | 0,42 | 0,15 |
| Azufre (%) | 0,01 | 0,01 | 0,29 |



La empresa italiana SAME es uno de los líderes de la investigación sobre el biodiesel en las máquinas agrícolas

Figura 1
PROCESO DE TRANSESTERIFICACION DE LOS ACEITES VEGETALES
 (KORUS et al., 1992)



te por la eliminación de la molécula de glicerina.

En Francia se ha denominado como "Diester" a este tipo de combustible y se le ha dado un considerable apoyo por parte de diversas organizaciones. De hecho, en 1992 se instalaba una fábrica con el objeto de producir 25.000 tm/año, de manera que el "Diester" pudiera ser ensayado en una miniflota de tractores, camiones, furgonetas y coches. Numerosas ciudades francesas han solicitado demostraciones, con objeto de conocer su influencia sobre la polución urbana, ya que el "Biodiesel" posee indudables méritos ecológicos, reduciendo al 50% las partículas y un 40% las emisiones respecto al gasóleo convencional (ADINE, 1991). Adicionalmente también disminuye la emisión de SO₂, como consecuencia del casi nulo contenido en azufre del "Biodiesel", casi 30 veces menor que en el gasóleo (tabla 3).

También se ha mostrado un gran interés por el "Biodiesel" en Italia; concretamente en la ciudad de Vicenza funciona una línea de autobuses con este tipo de combustible, y se pretenden utilizarlo en todo el transporte urbano e incluso en las instalaciones de calefacción (TROCCHI, 1992). En Austria se han instalado factorías cooperativas para realizar el proceso de transesterificación sobre aceite de colza, con una producción de unas 450 tm/año de esteres alcohólicos, así como factorías industriales que alcanzan niveles de 10.000 tm/año de "Biodiesel" (BERNAL, 1992).

LOS COSTES DE PRODUCCION DE LOS ESTERES ALCOHOLICOS

En primer lugar puede analizarse el método de obtención del aceite de girasol, materia prima esencial para el proceso.

Una de las formas más simples consistiría en la adquisición a una de las industrias aceiteras más próximas, del aceite de girasol desgomado. De forma alternativa es posible también considerar la instalación de plantas integrales, en las que lleve a cabo el proceso de forma completa. En este caso sería necesario la instalación de extractoras continuas de alta presión, adaptadas en sus rendimientos a las necesidades de la factoría de transesterificación. MELVILLE et KORUS (1987) sugieren dos tipos de plantas, una de tamaño muy reducido, con un rendimiento de 45,4 kg/hora, que proporcionaría 40.900 l/año de "Biodiesel"; la otra de un tamaño medio-pequeño, que podría estar indicado para cooperativas, tendría un rendimiento de 204,3 kg/hora, y una producción anual de 788.100 l/año. Dentro de estas alternativas consideradas, encontramos que la segunda alternativa es la de mayor interés; contraria con un Sistema de Extracción de aceite, Una Unidad de Transesterificación y una Unidad de Procesado de Glicerol. Los costes de inversión se situarían en 401.228 dólares (1987). Esta Planta, contando ya con un tipo de estructura industrial, podría cubrir las necesidades técnicas de seguridad, de calidad de los productos ("Biodiesel" y glicerol) y otras relaciones con el manejo de los diferentes procesos.

La Planta de tamaño muy reducido, propuesta para agricultores individuales por MELVILLE et KORUS (1987) no creemos que pueda tener un desarrollo real en las condiciones españolas.

El coste de los esteres metílicos, elaborados en base a grano de colza, en la Planta indicada como de tipo cooperativo, a nivel de beneficio cero, resultaría de 0,27 dol. (1987)/l, con un precio de compra del grano de 12,40 ptas/kg. Este precio que reduce el inicial del aceite de partida es

“

• El precio del "Biodiesel" podrá competir con el gasóleo

”

una consecuencia del buen precio que en la actualidad se presenta en el mercado del glicerol. El coste de la materia prima básica, el grano, está relacionado linealmente con el valor final de los esteres metílicos.

En España, el grano de girasol se pagó al agricultor en 1992, entre 15 y 20 ptas/kg si bien su contenido en aceite es algo mayor que el de la colza, entre 6 y 12 puntos.

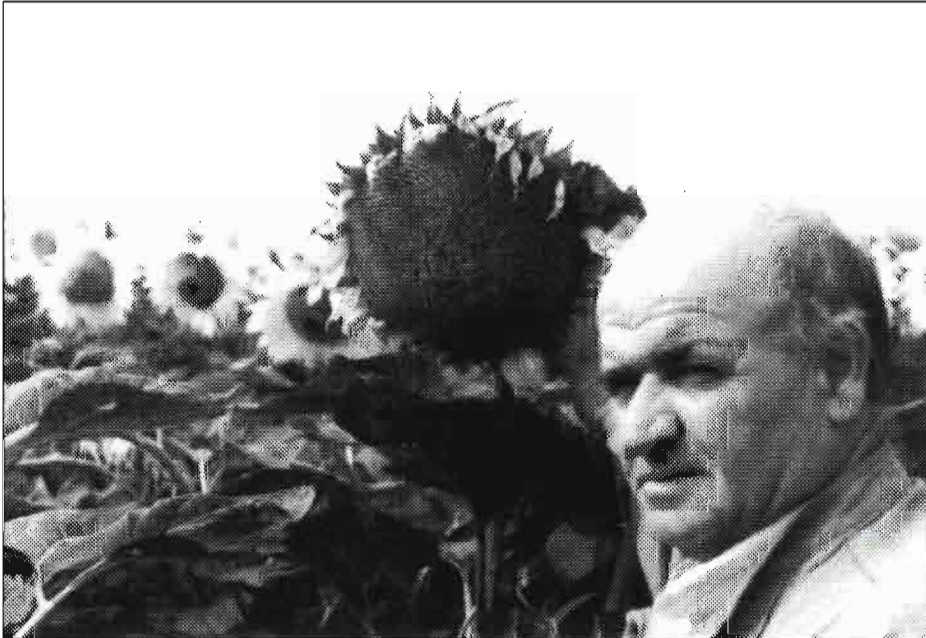
Los costes operativos del proceso de transesterificación son los ocasionados por el propio proceso, como reactivos químicos y además la extracción del aceite, su filtrado y desgomado; así como el transporte del grano, de la harina proteica y de los propios productos de la reacción. Los ingresos se derivan de los esteres alcohólicos, de la harina y del glicerol.

En el caso de elegir un sistema basado en el aprovisionamiento externo del aceite, hay que destacar que el precio del aceite de girasol ha descendido en España notablemente, como consecuencia de la reforma de la PAC. En el momento actual, tras las dos últimas devaluaciones de la peseta, el aceite de girasol sin refinar sobre planta se sitúa en una cifra del orden de 50 ptas/l.

Resulta de interés comparar el nivel de precios obtenido por MELVILLE et KORUS (1987), con los proporcionados por Sofi-proteol (Francia); de acuerdo con esta última fuente a la salida de fábrica el "Biodiesel" tendría un precio de 2,20 FF(1990)/l, que resulta prácticamente coincidente con el indicado por SABIN (en CROIZE, 1990), de 2 FF(1990)/l. El precio del gasóleo tradicional en Francia se situaba sobre refinería a 1,10 FF(1990)/l, pero alcanzaba finalmente un nivel superior a 3,60 FF(1990)/l como consecuencia de las tasas sobre carburantes.

La situación en España es similar a la mencionada, el gasóleo se comercializa a precios del orden de 80 ptas/l, pero la mayor parte en la formación del precio corresponde a impuestos.

En el caso del "Biodiesel", al tratarse de un producto manufacturado de origen interno, se propugna en Francia que ya ha satisfecho durante todo el proceso productivo las diversas tasas sociales y fiscales. De hecho los diversos grupos promotores de la utilización del "Biodiesel" o "Diester" han conseguido una fiscalidad



adaptada a los carburantes de origen agrícola, que de acuerdo con CHONE (1992) debía alcanzar la exoneración total en 1992, es decir 0 FF/l. Frente a las altas tasas soportadas por el gasóleo.

La exoneración está acordada dentro del período 1992-1996, su continuidad estará ligada a su integración dentro de la fiscalidad comunitaria. El tratamiento fiscal futuro deberá ser idéntico en todos los países de la CEE, por lo que la continuidad de esta política de exención de tasas podría permitir el uso de combustible Diesel renovable procedente del aceite de girasol, en forma de esteres alcohólicos.

Resultaría de gran utilidad la creación de una organización interprofesional, que agrupando a los diversos sectores interesados, tal y como se ha llevado a cabo en Francia, permitiera coordinar y promover las investigaciones y estudios, así como la utilización del "Biodiesel" dentro del marco legal adecuado.

CONCLUSIONES

1. Los esteres alcohólicos del aceite de girasol poseen buenas características como combustible de los motores Diesel.

2. Se estima que el precio de los esteres alcohólicos del aceite de girasol ("Biodiesel"), resultaría a un precio competitivo utilizando diversas fuentes, con el gasóleo tradicional, especialmente si es exonerado de las tasas sobre carburantes, al tratarse de un producto manufacturado de origen doméstico.

3. El uso de "Biodiesel" permitiría el empleo alternativo de las tierras agrícolas excedentarias tras la reforma de la PAC, para la producción de aceite de girasol no alimentario.

La transesterificación del aceite de girasol podría posibilitar el autoabastecimiento en combustible de numerosas explotaciones agrícolas, a través de factorías adecuadamente instaladas por organizaciones cooperativas.

5. El aceite de girasol podría utilizarse directamente como combustible en algunos tipos de motores de inyección indirecta o de pre-cámara y en los motores especiales Elsbett, pero no es adecuado para su uso en los motores de inyección directa.

6. El empleo de "Biodiesel" permite desde un punto de vista ecológico, la reutilización del CO₂ atmosférico a través de la actividad fotosintética, evitando así in-

crementar las emisiones procedentes de recursos energéticos fósiles.

7. La utilización de los esteres alcohólicos como combustible generaría una reducción de la contaminación, especialmente importante en las grandes ciudades, al disminuir la emisión de compuestos azufrados y los de partículas.

BIBLIOGRAFIA

- ADINE, J. P. (1991). Le gazole vert. Le Point, 958: 48-49.
- BERNAT, C. (1992). El Biodiesel, un combustible alternativo. Máquinas y Tractores, 7-8: 69-70.
- CHANG, C. et WAN, J. (1947). China's motor fuels from Tung oil. Ind. and Eng. Chem., 3 (12): 1534-1548.
- CHONE, E. (1992). Les progres du diester en France. Bulletin GCIRC (Groupe Consultatif International de Recherche sur le colza), 8: 46-48.
- DU PLESSIS L. M. et DE VILLIERS J. B. M. (1983). Stability studies on methyl and ethyl esters of sunflower seed oil. Proc. Vegetable Oil as Diesel Fuel (VODF) III: 57. Peoria, ILL. USA. October 1983.
- HALL, D. (1981). Put a sunflower in your tank. New Scientist, February: 524-526.
- KORUS, R. A., HOFFMAN, D. S., BAM, N. et DROWN D. C. (1992). Biodiesel. Alcohol esters of Vegetable oil: Ethyl esters of Rape oil. Proc. Solar Energy Society of Canada. Edmonton, July 1992.
- MELVILLE, D. E. et KORUS, R. A. (1987). Process Description and Economics of Rapeseed Methyl Ester Production. Univ of Idaho. Ag. Exp. Stn. Misc. Series Nº 100: 55-64.
- NITSKE, W. R. et WILSON, C. M. (1965). Rudolf Diesel, Pioneer of the age of Power. Univ of Oklahoma Press. Norman, Okla., USA.
- QUICK, G. R. (1989). Oilseeds as Energy Crops. In: ROBBELEN, G., DOWNEY, R. K. et ASHRI, A. (eds.). Oil Crops of the World. Mc Graw Hill Pub. Co. New York.
- TROCCHI, J. (1992). Carburantes de origen vegetal. Máquinas y Tractores, 2: 73.
- WALTON, J. (1938). The fuel possibilities of vegetable oils. Gas and Oil Power, 33: 167-168.

