

Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo

**Ponencias del Taller Internacional sobre
Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo**

Universidad Politécnica de Madrid, 6 y 7 de marzo de 2006

Edita: Abigail Fernández-Amaro | Yuri Herreras | Julio Lumberas | Gabriel Pons

Ingeniería Sin Fronteras-Asociación para el Desarrollo
Grupo de Organización, Calidad y Medio Ambiente. UPM





Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo

**Ponencias del Taller Internacional sobre
Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo**

Universidad Politécnica de Madrid, 6 y 7 de marzo de 2006

Editan: Abigail Fernández-Amaro | Yuri Herreras | Julio Lumbreras | Gabriel Pons

**Ingeniería Sin Fronteras-Asociación para el Desarrollo
Grupo de Organización, Calidad y Medio Ambiente. UPM**

Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo

Ponencias del Taller Internacional sobre Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo.
Universidad Politécnica de Madrid, 6 y 7 de marzo de 2006.

Edita:

Ingeniería sin Fronteras. Asociación para el Desarrollo.
c/ José Gutiérrez Abascal, 2
28006. MADRID

www.isf.es

Grupo de Organización, Calidad y Medio Ambiente. UPM.

Primera edición:

Diciembre 2006

Diseño y maquetación:

Soldevila. Disseny i comunicació

Impresión:

Gráficas Cirera S. L.

© Ingeniería Sin Fronteras - Asociación para el Desarrollo, 2006

ISBN: 978-84-690-3479-8

Depósito legal: B - 4556 / 2007

Impreso en España. Printed in Spain

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
ESTRUCTURA DEL TALLER	11
1 Biocarburantes: Perspectivas desde el punto de vista de las compañías petroleras José María Baro	17
2 Obtención del biodiésel Yolanda Briceño	25
3 Biocombustibles líquidos Manuel Camps Michelena	33
4 El biodiésel: un carburante que no proviene del petróleo para países en desarrollo Jesús Casanova Kindelán	41
5 Biodiésel: the Indian Experience Sateep Chaturvedi	45
6 Biocarburantes y ayuda al desarrollo Emilio Font de Mora Rullán	51
7 <i>Jatropha curcas</i> – its promise as a tool for rural income generation George Francis	59
8 Biodiésel en Países en Desarrollo Juan Félix González González	65
9 “The <i>Jatropha</i> System” Reinhard K. Henning	71
10 Biodiésel in the EU and in development countries Anne Nuria Kemnitz	81
11 El biodiésel ante los retos futuros Magín Lapuerta	87
12 Los biocombustibles líquidos para el transporte en América Latina Hugo Lucas, Marie N. Faillenot	91
13 ¿Qué hacemos con la glicerina? Francisco A. J. Mata	99
14 Acerca del taller biodiésel y cooperación en Madrid Leonardo Mayorga	105
15 Centroamérica y la transferencia tecnológica: el sector de los biocombustibles Jaime Muñoz Jans, Bohumil Havrland	111
16 Análisis crítico del programa brasileño de biodiésel Expedito Parente	117

PRESENTACIÓN

La crisis energética en la que estamos ha llevado a muchos gobiernos a buscar la diversificación de sus fuentes de suministro. El petróleo es cada vez más caro y los países pobres que no lo producen gastan un gran porcentaje de sus divisas para asegurarse la energía. Muchos de estos países, especialmente la India y Brasil, ven en la producción de biodiésel tanto un paso para reducir la dependencia del petróleo, como para generar empleos, aumentar los ingresos de los campesinos y contribuir a la mejora del medioambiente.

El biodiésel es un producto obtenido a partir de la combinación de aceites vegetales con metanol o etanol que puede ser mezclado con el gasóleo en porcentajes variables. Cuando estos están por debajo del 5%, hay bastante consenso en que los efectos sobre los motores son poco apreciables, sea cual sea el tipo de biodiésel añadido en la mezcla. Llegar a este porcentaje a nivel mundial implica la producción de grandes cantidades de biodiésel debido al elevado consumo de gasóleo y, por tanto, puede implicar la construcción de grandes fábricas para procesar los aceites vegetales. La tecnología para conseguirlo está madura y no es demasiado compleja. Hay grandes proyectos en marcha en todo el mundo, algunos pensados para producir hasta 200.000 Tm (toneladas métricas) de biodiésel al año.

Son tan grandes las cantidades de aceites vegetales que se pueden demandar que desde Ingeniería Sin Fronteras, Asociación para el Desarrollo (ISF-ApD) se ha pensado en las posibilidades que se abren para los pequeños agricultores con los que trabajamos. La promoción de cultivos oleaginosos para producir biodiésel por parte de otras organizaciones no siempre ha tenido éxito: son proyectos complejos en los que intervienen muchos factores técnicos, económicos y sociales y todos deben encajar para que el proyecto funcione.

Con el fin de reunir el conocimiento necesario para asegurar el éxito de un proyecto de promoción de biodiésel, ISF-ApD y el grupo de cooperación en Organización, Calidad y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid (GOCMA) organizaron un taller los días 6 y 7 de marzo de 2006, invitando a expertos en la materia nacionales e internacionales. Acudieron científicos de universidades españolas como la Politécnica de Madrid, Complutense de Madrid, Universidad de Castilla La Mancha y Universidad de Extremadura y de Universidades de Nicaragua, Austria, Alemania y la República Checa; representantes de empresas de España, Brasil e India; así como representantes de productores de biodiésel tanto españoles como europeos (p.e. la European Biodiésel Board).

Durante dos días se discutieron los pros y contras de la producción de biodiésel, las ventajas de ciertos cultivos, los requerimientos técnicos del producto y el papel estatal en cuanto a normas y regulaciones. Se hizo hincapié en la necesidad de aclarar las posibilidades reales de producción para proyectos de cooperación, es decir, orientados hacia los pequeños productores, que no suelen contar con las mejores tierras ni con los mejores recursos para sus cultivos.

De las discusiones que tuvieron lugar en el taller se deduce que los proyectos de biodiésel son una buena oportunidad para los campesinos. Sin embargo, requieren ciertas condiciones que complican, pero no imposibilitan, la ejecución de estos proyectos. Entre ellas, cabe destacar:

- El mayor porcentaje del coste del biodiésel es el aceite. Esto implica que es esencial contar con buenos rendimientos de aceite por hectárea. Sin embargo, algunas de las especies vegetales que mejor pueden adaptarse a las condiciones de que disponen los campesinos pobres no están suficientemente domesticadas. Proceden de variedades silvestres poco mejoradas y hace falta investigación agronómica para conseguir mejores rendimientos. Esta investigación debe incluirse en los proyectos y el papel de las universidades es importante.
- La investigación tiene que extenderse también al uso de los subproductos de la producción de biodiésel, como la glicerina o la torta que queda después de extraer el aceite a la semilla: pueden representar una fracción de los ingresos que podría ser clave en la viabilidad de los proyectos.
- En los países donde el mercado de semillas oleaginosas es pequeño, hacen falta esfuerzos especiales para promocionar su cultivo. Sin incentivos adecuados, los campesinos pobres no se arriesgarán a producirlos.
- El Estado tiene un papel esencial en la regulación de la venta y calidad del biodiésel. La exención de impuestos especiales favorece su producción a precios competitivos y está justificada por el beneficio social y ecológico: lo producen los agricultores pobres y disminuyen las emisiones de dióxido de carbono y partículas.

El taller, cuyas ponencias se presentan a continuación, no sólo sirvió para llegar a conclusiones útiles para que ISF identifique proyectos para la producción de biodiésel, sino que también ha supuesto el comienzo de una red que podrá permitir unir los esfuerzos de universidades, empresas y organizaciones no gubernamentales con un objetivo común: ofrecer a los campesinos la posibilidad de producir cultivos con una demanda creciente, una vía real de contribuir al alivio de reducción de la pobreza.

Julio Lumbreras

*Grupo de Organización, Calidad y Medio Ambiente.
Universidad Politécnica de Madrid*

Gabriel Pons Cortès

Ingeniería sin Fronteras-Asociación para el Desarrollo

Estructura del taller

Estructura del Taller

A. ANÁLISIS AGRONÓMICO

a. ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE CULTIVOS

- i. DIFERENTES CULTIVOS PARA LA FABRICACIÓN DE BIODIÉSEL: VENTAJAS E INCONVENIENTES
 - ii. CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO
 - iii. CULTIVOS: ALTERNATIVAS / ROTACIONES
-

b. CARACTERÍSTICAS DE LA RECOLECCIÓN

- i. RECOLECCIÓN MANUAL
 - ii. RECOLECCIÓN MECANIZADA
-

c. ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE

- i. MODALIDADES DISPONIBLES
- ii. VENTAJAS E INCONVENIENTES

B. ANÁLISIS INDUSTRIAL

a. PROCESADO DEL CULTIVO; OBTENCIÓN DEL ACEITE

- i. MAQUINARIA PARA LA OBTENCIÓN DEL ACEITE
 - ii. CARACTERÍSTICAS Y USOS DEL ACEITE
-

b. SUBPRODUCTOS DEL PROCESO

- i. SUBPRODUCTOS DIRECTOS
 - ii. SUBPRODUCTOS CON NECESIDAD DE TRANSFORMACIÓN
 - iii. COMERCIALIZACIÓN Y MERCADOS
-

c. ESTERIFICACIÓN DEL ACEITE; OBTENCIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE

- i. MAQUINARIA PARA LA OBTENCIÓN DEL BIODIÉSEL
 - ii. CARACTERÍSTICAS Y USOS DEL BIODIÉSEL
 - iii. NORMALIZACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE
-

d. SUBPRODUCTOS DE LA TRANSFORMACIÓN

- i. SUBPRODUCTOS DIRECTOS DEL PROCESO
- ii. SUBPRODUCTOS CON NECESIDAD DE TRANSFORMACIÓN
- iii. COMERCIALIZACIÓN Y MERCADOS

C. ANÁLISIS ECONÓMICO

a. PROYECCIONES DE COSTES DEL BIODIÉSEL

- i. CULTIVOS
 - ii. RECOLECCIÓN
 - iii. TRANSPORTE DEL CULTIVO
 - iv. PROCESADO DEL CULTIVO
 - v. ESTERIFICACIÓN DEL ACEITE
 - vi. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE
-

b. PRECIOS DE LOS SUBPRODUCTOS

- i. SUBPRODUCTOS DEL ACEITE
 - ii. SUBPRODUCTOS DE LA ESTERIFICACIÓN
-

c. PRECIOS DEL BIODIÉSEL

- i. PRECIOS ACTUALES DEL BIODIÉSEL
 - SIN COMERCIALIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS
 - CON COMERCIALIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS
 - ii. PROYECCIÓN DE LOS PRECIOS DEL BIODIÉSEL
 - SIN COMERCIALIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS
 - CON COMERCIALIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS
-

d. COMERCIALIZACIÓN DEL BIODIÉSEL

- i. LEGISLACIÓN ACTUAL; PROSPECTIVA
 - ii. MERCADOS ACTUALES
-

e. DEMANDA DE BIODIÉSEL

- i. DEMANDA ACTUAL
- ii. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA
- iii. NUEVOS MERCADOS

D. BIODIÉSEL Y COOPERACIÓN

a. PRINCIPALES ORGANISMOS DE COOPERACIÓN

- i. ORGANISMOS OFICIALES ESPAÑOLES
 - ii. COOPERACIÓN INTERNACIONAL
 - iii. ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES
-

b. EXPERIENCIAS EN COOPERACIÓN INTERNACIONAL

- i. ASPECTOS TÉCNICOS
 - ii. PROCESOS DE TRANSFERENCIA
 - iii. ASPECTOS CULTURALES
 - iv. USOS DEL BIODIÉSEL
-

c. FORTALEZAS Y DEBILIDADES

- i. CULTURALES
 - ii. SOCIALES
 - iii. ECONÓMICOS
 - iv. AMBIENTALES
-

d. SOSTENIBILIDAD

Biocarburantes: Perspectivas desde el punto de vista de las compañías petroleras

José María Baro

Repsol-YPF

INTRODUCCIÓN

En 1895 Karl Benz puso en circulación el primer automóvil. Desde ese momento el automóvil ha sufrido una evolución constante. Y cuando se habla de la evolución de la tecnología del automóvil es necesario resaltar que se trata en realidad de la aplicación de las mejoras en múltiples campos tecnológicos incluido el desarrollo de los combustibles, de los lubricantes y de los procesos asociados a su producción.

Esas continuas demandas de innovación perfilan, en el inmediato futuro, escenarios que no han sido tecnológicamente resueltos, forzando a ambas industrias a emprender una carrera contra el tiempo que hasta el día de hoy hemos -felizmente- superado.

Pero, sin duda, el reto más importante de los que ahora afronta la Industria es el de incrementar la eficiencia del uso energético en el transporte sin incrementar las emisiones de contaminantes regulados y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG). Los combustibles fósiles, que tuvieron periodos de millones de años antes de su formación, los estamos consumiendo en centenares de años. Y aunque aún es una materia prima abundante, se trata de recursos finitos que debemos emplear con sensatez y pensando en las generaciones futuras. La demanda de energía crece y crece muy intensamente la demanda de energía para el transporte. La demanda creciente, y otros factores de estabilidad geopolítica, lleva a precios crecientes y a incertidumbres sobre la seguridad de su suministro. Este consumo masivo esta desbalanceando el equilibrio del Carbono en el planeta debido a la liberación masiva de CO₂ que es el gas de efecto invernadero (GHG) más primario, aunque no el único ni el de efecto más intenso.

En el año 2001, la Comisión Europea publicó un “Libro Verde” que pretendía fijar la estrategia europea para el abastecimiento energético. En este “Libro Verde” se constata la fuerte dependencia de Europa en lo referente al suministro energético, el escaso margen de maniobra sobre la oferta, y la imposibilidad de cumplir los compromisos de Kyoto sin tomar medidas drásticas. Como consecuencia de este “Libro Verde”, posteriormente, en noviembre de 2002, se adoptó un Plan de Acción y dos propuestas de Directiva para fomentar el uso de carburantes alternativos para el transporte.

El **Plan de Acción** perfila una estrategia para conseguir que en 2020 un 20% de los carburantes utilizados en el sector del transporte por carretera sean **carburantes alternativos**. En resumen el Plan de Acción pretende que los combustibles alternativos provean:

- **Mejora en la seguridad del suministro energético**, ya sea por diversificación del origen de los suministros, ya sea por sustitución del petróleo.
- **Reducción de gases de efecto invernadero.**

Para conseguir este objetivo, el Plan de Acción enumera tres opciones que tienen el potencial necesario para conseguir, individualmente, una rebaja del 5% en el consumo total de carburantes para el transporte en los próximos 20 años:

- **Los biocarburantes** a corto-medio plazo.
- **Gas natural** a medio plazo
- **Hidrógeno** y las pilas de combustible a largo plazo.

Este Plan de Acción se ha concretado en una Directiva concerniente a la promoción de los biocarburantes tanto desde el punto de vista legislativo como fiscal, publicada el 17 de mayo de 2003. ("http://europa.eu.int/comm/taxation_customs/proposals/taxation/report_en.pdf").

En ella se establece un porcentaje mínimo obligatorio de consumo de biocarburantes en el año 2005. Este porcentaje se fija en el 2% del conjunto de carburantes de automoción. A partir de 2005 se prevé que aumente un 0,75% anual hasta llegar a un 5.75% en el 2010. Los aspectos más destacados son los siguientes:

- a. Acepta el carácter indicativo (no obligatorio) de los objetivos perseguidos por la directiva, lo que soluciona uno de los puntos más conflictivos de la misma.
- b. Propone que los Estados miembros remitan a la Comisión Europea, cada 1 de julio, un informe sobre las medidas adoptadas para promover el uso de biocarburantes.
- c. Insta a los Estados miembros a fomentar el uso de biocarburantes en el transporte público.

Posteriormente en Diciembre de 2003 se publicó un Informe del Alternative Fuels Contact Group que trata de resumir la opinión más generalizada sobre el estado de la cuestión en Europa. Y cabe esperar que en el futuro se publiquen otras Directivas que favorezcan las otras opciones de combustibles alternativos.

EL CONCEPTO RENOVABLE

Las plantas usan energía solar para convertir CO₂ y agua en moléculas orgánicas constituidas por carbono e hidrógeno, y por lo tanto almacenan energía durante su crecimiento. En el ciclo natural de las plantas las moléculas orgánicas formadas se degradan y vuelven a liberar el CO₂ a la atmósfera. Por lo tanto podemos pensar en utilizar la energía acumulada en las plantas no solo en la forma usual (soporte de la vida animal como alimentación) sino para producir energía directamente. De esta forma el CO₂ volvería a la atmósfera en los procesos de combustión, siendo por tanto **renovable** en un periodo de tiempo que depende de la planta utilizada (típicamente un año para cosechas de grano u oleaginosas. O bien de décadas en la madera y sus residuos). En todos los casos en un periodo "humano" de tiempo.

Sin embargo la consideración de renovable solo se podrá aplicar a la cantidad de energía así producida corregida disminuyendo la energía fósil que se requiere (cuando se requiera) para su elaboración. Igualmente el balance de emisión de GHG debe ser corregido con consideraciones similares. En resumen

solo una porción de la energía producida es renovable y solo una porción del CO₂ emitido durante su uso es asimismo renovable. Y esa porción depende de la materia prima utilizada y de la cadena de su producción y utilización.

Como se expresaba en el Libro Verde ya mencionado, la razón última de las iniciativas a favor de los combustibles alternativos son la seguridad estratégica de suministro y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG). Los combustibles alternativos son, en principio una fuente sostenible de energía que desplazará el consumo de derivados del petróleo, y reducirán la emisión de GHG a la atmósfera. Pero para que esto sea así, debemos medir el efecto sobre una base que se ha venido llamando "del pozo a la rueda" y que es un concepto al que nos referiremos constantemente. Efectivamente cuando hablamos de eficiencia energética o emisión de contaminantes, el vehículo no puede considerarse aisladamente, sino como parte de una cadena que va desde la extracción hasta el uso final. Por eso siguen vivas grandes controversias sobre tecnologías que, siendo eficaces en el vehículo (del tanque a la rueda) son ineficaces en su producción (del pozo al tanque) dando una resultante negativa.

La cantidad de energía que contiene un combustible se mide como poder calorífico. A este valor debe sustraerse la energía que se requiere durante las etapas de producción, transporte, transformación y distribución.

Para producir combustibles alternativos, muy principalmente en el caso de los biocombustibles, se producen inevitablemente una gran cantidad de otros productos susceptibles de ser utilizados industrialmente (p.ej. como alimento animal) o energéticamente (p.ej. paja como biomasa). Tanto en un caso como en otro estos subproductos podrían sustituir a cantidades equivalentes de productos similares evitando el gasto energético de su producción y transporte lo que significa un crédito adicional para esos combustibles alternativos.

Por otro lado, el balance de GHG puede considerarse una función del balance energético y sigue su misma lógica. Aunque hay otras variables que influyen tales como la naturaleza de sus emisiones en el proceso (en el caso del GN, el CH₄ es un gas de efecto invernadero) o tales como el origen de la energía que se requiere para la producción de los combustibles alternativos (si suponemos que usamos electricidad de una térmica de carbón, el crédito de CO₂ será mucho mayor que si suponemos que es electricidad de origen eólico).

Además no es el CO₂ el único GHG involucrado en el proceso (aunque si el más importante). Además del CH₄ ya mencionado, el óxido nítrico (protóxido de nitrógeno) N₂O, que se libera por el uso de fertilizantes es unas 300 veces más activo en su efecto GHG que el CO₂; por lo que modestos volúmenes de este gas pueden cambiar significativamente los balances calculados.

EL DESARROLLO TÉCNICO DE COMBUSTIBLES: LAS ESPECIFICACIONES

Pues bien, una vez clarificados cual es el escenario actual de los combustibles para el transporte, pasemos a su consideración técnica. Y debemos comenzar planteando que cualquier modificación susceptible de provocar alteraciones en el mercado debe compararse exhaustivamente

Porque a pesar de que pueda parecer lo contrario, el desarrollo de combustibles es un campo de actividad bastante dinámico y previsiblemente va a seguir siéndolo en los próximos años. Porque el desarrollo de

combustibles así planteado no se limita a la búsqueda de un producto que satisfaga las especificaciones oficiales, sino a la búsqueda de aquel que garantice la adecuación de su uso en el equipo al que va destinado. Tal garantía requiere un esfuerzo común con el fabricante del equipo -que tiene que definir cuales son los requisitos que se espera de los combustibles-, y una vez alcanzado ese objetivo, un esfuerzo interno en la optimización de las soluciones y en la resolución de problemas específicos de la industria.

Así aparecen las necesidades de medir características que no se miden habitualmente o que sencillamente no se miden. De ahí la necesidad de desarrollar métodos de ensayo, actividad que es fundamental y muy intensa en los ensayos de comportamiento en los motores, pero que no es desdeñable en los ensayos de laboratorio. ¿Como medir la compatibilidad entre productos?, ¿como la filtrabilidad en determinadas condiciones?, ¿y la tendencia a la emulsibilidad? y, sobretodo,..... ¿como relacionar estos datos con la realidad?. En ocasiones no hay respuesta a esas preguntas.

El comportamiento en los equipos (en los motores en el caso de biocombustibles) es en si mismo un aspecto de un gran dinamismo, ya que los ensayos deben realizarse sobre motores iguales a los que se están produciendo en cada momento. Pero si consideramos la enorme velocidad en el desarrollo de motores, puede entender que las técnicas de evaluación no pueden seguir ese ritmo, y no es exagerado decir que en ocasiones, cuando un ensayo acaba de ser universalmente aceptado, comienza a ser obsoleto y debe ser sustituido.

Finalmente los ensayos en flotas de vehículos, tienen un coste muy elevado y su utilidad consiste en confirmar, y validar todo el proceso anterior.

Así llegamos a las especificaciones. Las especificaciones son una lista de características que debe cumplir un producto y que definen su calidad, y son similares para todos los países de la CEE con excepción de alguna característica climática. La especificación europea de gasolina es la EN-228, la de gasóleo de automoción EN-590 y la de biodiésel EN14214. Se esta trabajando en la especificación de bioetanol. Las especificaciones deben garantizar la adecuación de los productos a sus fines de utilización:

- Por un lado, obtener el imprescindible rendimiento de las maquinas.
- Pero por otro alcanzar un nivel de calidad de aire ambiental.

BIOCOMBUSTIBLES

Como su propio nombre indica son combustibles que se producen a partir de materias primas de origen biológico (total o parcialmente). Los biocombustibles para el transporte más utilizados en la actualidad son el bioetano y el biodiésel.

El potencial de producción de biocombustibles es un tema controvertido, y mientras que algunas fuentes consideran que Europa no tiene el potencial para alcanzar el objetivo planteado (5.75% Biocombustibles en 2010); otras fuentes consideran que con biomasa pueden cubrirse el 15% de las necesidades energéticas en el transporte de la UE-15 y hasta el 41% de las necesidades mundiales.

Bioetanol

El alcohol etílico -Etanol, que desde ahora aparecerá en este texto con la anotación no técnica EtOH- es el alcohol de una cadena de 2 átomos de carbono. Su formula empírica es C_2H_6O aunque más

frecuentemente se representa como C_2H_5OH . Se obtiene de forma natural por la fermentación de azúcares y almidones de múltiples plantas. El EtOH es el biocombustible más utilizado en el mundo, y desde hace muchos años, como componente de la gasolina. Por no retrotraernos a periodos históricos (existen experiencias en España en los años 40) en los mercados de USA y Brasil hay una experiencia muy extendida y prolongada en el tiempo. Igualmente los países escandinavos tienen una decidida política de introducción del bioetanol como combustible. De la extensión del este uso da idea que la norma europea de calidad de gasolinas EN-590 establece la posibilidad de formular gasolinas con hasta el 5% de EtOH sin que se requiera ningún tipo de aviso legal al consumidor. Más aún la World Wide Fuel Charter (especificación de la Asociación mundial de fabricantes de automóviles) no se opone a gasolinas formuladas hasta con el 10% de EtOH. De hecho existe una especificación americana que establece la calidad que debe tener el EtOH para ser utilizado como componente de la gasolina (ASTM D-4806).

España es el primer consumidor europeo de bioetanol que se añade desde hace años a la gasolina en forma de ETBE, tanto en las refinerías de REPSOL-YPF como de CEPSA a partir de bioetanol producido por ABENGOA

La utilización de etanol en mezclas directas, aunque es técnicamente posible, presenta dificultades: aumento de volatilidad, avidez por el agua, y poder disolvente. Además, la implantación en el mercado de mezclas bioetanol-gasolina exige la adaptación de normativa nacional y comunitaria.

Los efectos medioambientales del uso del bioetanol en comparación con la utilización de gasolinas convencionales son:

- Reducción neta de emisiones de CO_2
- Variación no relevante de las emisiones de escape de los vehículos
- Debido a la mayor volatilidad, ligero aumento de las emisiones de hidrocarburos por evaporación, que tenderá a desaparecer con la renovación del parque automovilístico

Finalmente las principales objeciones al uso del bioetanol son las emisiones volátiles orgánicos VOC y su potencial formador de ozono. En 2003 se inició un estudio europeo, que se espera concluir en 2005 para aclarar este asunto tan controvertido.

Biodiésel

Mientras que el EtOH es un compuesto químico puro que no requiere otra definición que su propio nombre, biodiésel es una denominación que no es suficiente para su definición. El biodiésel - en su definición más aceptada hoy, y mañana puede haber cambiado, de hecho cambiará sin duda- es el resultado de esterificar grasas de origen vegetal con alcohol metílico dando origen a esteres de ácidos grasos (glicerina como subproducto). En Europa generalmente se le denomina FAME -acrónimo de la denominación inglesa (Fatty Acid Methyl Ester)- pero ni siquiera así se ha llegado a concretar la naturaleza química del producto. El origen de la variabilidad reside en que al esterificar grasas vegetales el resultado que obtenemos es una multiplicidad de esteres de ácidos grasos distintos y en proporciones muy variables. Y añadamos que de comportamiento técnico también muy variable. Por lo tanto no hay más remedio que acudir a una especificación técnica, la EN-14214, que defina no la naturaleza química del FAME sino su comportamiento como combustible. La utilización de aceites vegetales como combustibles de automoción es aún más antigua que el uso de etanol, y sorprende conocer que los primeros motores diesel en realidad se pensaron para utilizar aceites vegetales. No obstante se ha utilizado poco en el

pasado, reavivándose en los últimos años. En 1992 el Parlamento Europeo impulsó el uso del biodiésel mediante la directiva 92/81 de 19 de octubre de 1992 que permitió a los Estados miembros aplicar exoneraciones fiscales a los biocombustibles utilizados en proyectos de desarrollo tecnológico.

El 23 de marzo de 1994 la DGXVII, difunde un proyecto de Directiva que especifica características de los biodiésel. Esta especificación **impedía** el uso de biodiésel con origen en aceite de girasol. O sea ya desde el inicio se pensó en utilizar aceites de semilla de colza y desde ese mismo principio surgió la controversia de los países europeos que producen girasol. No nos atrevemos a pronosticar cual será el futuro pero los acuerdos del GATT hacen difícil que se pongan barreras a comercios de otras semillas (soja, palmiste, etc) y controlar que estos aceites no se desvíen al uso industrial puede ser complicado.

Como en el caso del EtOH, REPSOL tiene amplia experiencia con el biodiésel. En 1994 concluyó un estudio de FAME de origen girasol, que era en aquel momento el más completo que se había abordado. Muy recientemente aquellos trabajos se han retomado, al impulso de la Directiva que se ha mencionado en la introducción y se están actualizando todas las conclusiones entonces obtenidas. En 1994 los objetivos de los proyectos españoles relacionados con FAME fueron:

- Acabar con el impedimento de uso como carburantes de los derivados de aceites de girasol
- Generar tecnología propia en este campo
- Comprobar la compatibilidad el biodiésel con los sistemas de producción y comercialización de combustibles

y también de forma general, las conclusiones obtenidas fueron:

- No se encontraron diferencias entre el comportamiento de los derivados de aceite de girasol y los derivados de aceite de colza).
- El FAME de girasol cuando se mezcla al 30% con gasóleo de automoción se comporta en los motores de forma similar al gasóleo, incrementándose ligeramente el consumo. Desde el punto de vista de las emisiones contaminantes reguladas, se reducen las emisiones de óxidos de azufre, monóxido de carbono, humos y partículas y, en menor medida los hidrocarburos. Por contra se incrementa la emisión de óxidos de nitrógeno.
- La manipulación comercial del biodiésel presenta algunos inconvenientes, que sin embargo son técnicamente salvables.

Como en el caso del EtOH, la prueba final fueron ensayos de Flota, en este caso dos una pequeña flota de vehículos particulares que realizó 70.000 km sin ninguna circunstancia destacable; y un ensayo en la EMT de Valencia durante el cual se recorrieron más de 360.000 km y que constituyó un éxito absoluto.

Más recientemente este estudio se ha actualizado realizando ensayos en motorizaciones modernas y en vehículos de últimas generación. Igualmente se ha realizado un ensayo de flota en la EMT de Madrid de más de un año de duración sin encontrar incidencias dignas de mención. En la actualidad se siguen desarrollando trabajos que permiten discernir el uso en altos porcentajes y otras variables de origen y proceso de obtención

BIBLIOGRAFÍA

- 1 "Eficiencia energetica y Energias renovables" IDAE junio 2002

- 2 "Directiva 2003/30/ce del parlamento europeo y del consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte

- 3 Market Development of Alternative Fuels Alternative Fuel Contact Group Report. Diciembre de 2003

- 4 Production capacity of the renewable energies in the European Union DG Research julio 2003

- 5 Informe del "pozo a la rueda de energias convencionales y alternativas" ACEA, CONCAWE y JRC accesible en la web de JRC <http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/eh> Diciembre 2003

- 6 Energy and Greenhouse gas balance of biofuels for Europe. CONCAWE REPORT 2/2002

- 7 "LIBRO VERDE hacia una estrategia europea de seguridad en el aprovisionamiento energetico" COMISIÓN EUROPEA 29 de noviembre de 2002

- 8 "BIOFUELS. Application of biologically derived products as fuel in combustion engines" eur15647 from DGXXII. Junio 1994

- 9 Alternative Road Transport Fuels. ETSU report R92 volume 1 & 2. 03/1996.

- 10 Les Biocarburants, France, 1993 R.Levy

- 11 Energy balance, ecological impact and economics of vegetable oil methylester production in Europe as substitute for fossil fuel. ALTENER programme, contract No 4.1030/E/94-002-1. 12/1996.

- 12 CO₂ emissions from the production and combustion of fuel ethanol from corn. *Energy*, 16, 11/12, 1307-1316.G. Marland, A.F. Turhollow (1991).

- 13 Pros and Cons of RME Compared to Conventional Diesel Fuel. International Colloquium on fuels, Esslingen.G Reinhardt (01/2001).

- 14 Energy balance, ecological impact and economics of vegetable oil methylester production in Europe as substitute for fossil fuel. ALTENER programme, contract No 4.1030/E/94-002-1.K. Scharmer, G. Gosse (12/1996).

- 15 Energy balances in the growth of oilseed rape for biodiésel and of wheat for bioethanol.), Levington Agriculture Ltd, for the British association of biofuels and oils.I.R. Richards (06/2000).

- 16 The Limits of biomass utilization. In *The Encyclopaedia of Physical Science & Technology*, Academic Press: New York, in press.Pimentel, D. (2001).

- 17 Well-to-Wheels energy use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems - North American Analysis. Argonne National Laboratory.(04/2001).

- 18 Well To Wheel Efficiency for alternative fuels from natural gas or biomass. Ecotraffic R&D AB for the Swedish National Road Administration.P.Ahlvik, Å.Brandberg (2001).

- 19 Estimating the energy requirements and CO₂ emissions from production of the perennial grasses Miscanthus, Switchgrass and Reed Canary grass. ADAS consulting ltd. ETSU B/U1/00645/REP, DTI Pub URN 01/797.M. Bullard, P. Metcalfe (2001).

Obtención del biodiésel

Yolanda Briceño

Aún cuando los aceites vegetales pueden ser utilizados como combustible en motores diesel directamente sin refinar, presentan diversos problemas principalmente relacionados con la viscosidad. Por esta razón se han investigado diferentes maneras de disminuir la viscosidad y obtener un biocombustible con características similares a las del gasóleo de origen fósil. De acuerdo con estas investigaciones, modificándolos mediante un proceso químico para obtener el éster derivado, proceso de transesterificación, es la alternativa que mejores resultados ha presentado.

De todos los biocarburos que actualmente se podrían utilizar como sustitutos del gasóleo, los ésteres metílicos derivados de los aceites de origen vegetal, son los más adecuados **técnica y económicamente**, principalmente porque sus características son muy parecidas a las del gasóleo de origen fósil y porque su obtención a través del proceso de transesterificación ofrece ventajas frente a otras alternativas.

La transesterificación es el proceso químico más estudiado y que mejores resultados ha dado hasta el momento. La transesterificación se define como la sustitución de un alcohol de un éster de ácido orgánico por otro alcohol. En el caso de la transformación de los aceites vegetales a biogasóleo, consiste en reemplazar la glicerina por otro tipo de alcohol sencillo de cadena más corta. Este proceso también es llamado alcoholólisis y metanolólisis cuando se emplea alcohol metílico como alcohol de sustitución, obteniéndose ésteres metílicos de los ácidos grasos contenidos en los triglicéridos de partida o aceite vegetal. Es decir, a través del proceso de la transesterificación de los aceites vegetales con metanol, se obtienen los ésteres metílicos derivados, productos éstos con características similares en su comportamiento a las del gasóleo, principalmente en lo referente a la viscosidad, temperatura de ebullición, residuo carbonoso, número de cetano, etc.

Los triglicéridos en la reacción de transesterificación pueden ser transformados en sus ésteres derivados de ácidos grasos y en glicerina, con la ayuda de alcoholes monovalentes como el metanol o etanol. El peso molecular de una molécula “típica” de éster es cerca de una tercera parte de la molécula de aceite vegetal de la cual ha sido obtenido, y tiene una viscosidad aproximadamente de dos veces el gasóleo de origen fósil, en comparación con las 10 ó 20 veces que es mayor la viscosidad del aceite vegetal puro.

ETAPA DE REACCIÓN

La reacción de transesterificación es factible con cualquier alcohol, pero prácticamente sólo el metanol y el etanol se han empleado para este propósito. El hecho de utilizar exclusivamente el metanol (obteniendo el éster metílico), obedece a su capacidad de reaccionar totalmente con cualquier aceite vegetal de baja acidez. Las pruebas realizadas con etanol indican mayor dificultad de reacción, el proceso es más complejo, son necesarias condiciones más drásticas de presión y temperatura, el etanol debe ser completamente anhidro, los rendimientos son menores, y el biocombustible que se obtiene es menos estable y resulta ser más costoso, y además se requiere que el aceite sea refinado. Cuando la reacción se realiza con metanol recibe el nombre de metanólisis.

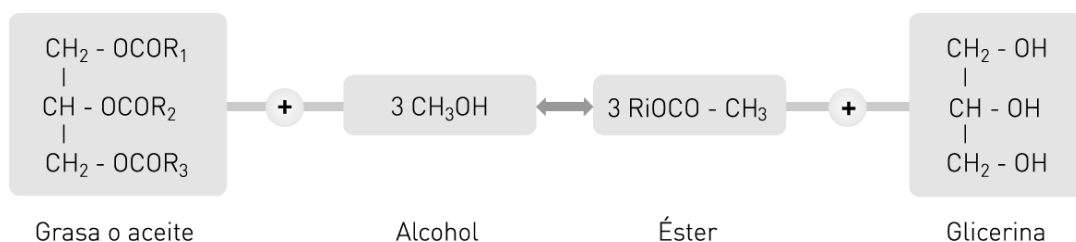


Figura 8. Reacción de transesterificación

La transesterificación con catalizador alcalino, tal como hidróxido de sodio o de potasio, ofrece la ventaja de permitir trabajar en condiciones suaves de bajas temperaturas (aproximadamente la temperatura de ebullición del alcohol). Sin embargo, como los ácidos grasos libres contenidos en el aceite inicial no son esterificados en este proceso, deben ser removidos antes de la transesterificación, o bien esterificar en una etapa de reacción adicional o separar la fracción no esterificable con la fase glicerina.

Los catalizadores ácidos, tales como los ácidos minerales, pueden catalizar tanto la transesterificación como la posterior esterificación de los ácidos grasos libres, pero las condiciones de reacción son más exigentes en cuanto a los reactantes. Una alternativa es utilizar catalizadores heterogéneos, por ejemplo de intercambio iónico o biocatálisis mediante unas enzimas específicas llamadas lipasas (Mittelbach, 1991).

Se ha comprobado que el efecto de la temperatura en el desarrollo de la reacción es bastante fuerte en los primeros instantes de la reacción, de manera que a temperaturas mayores corresponden velocidades mayores en la formación del producto. Sin embargo, al transcurrir un cierto tiempo, el efecto de la temperatura es prácticamente inapreciable. La reacción es endotérmica, por lo que a mayores temperaturas corresponden velocidades mayores de formación de producto. La temperatura óptima depende del catalizador utilizado.

En la reacción de transesterificación, en teoría se requieren tres moles de alcohol por cada mol de triglicérido, para obtener tres moles de éster y uno de glicerina. En la práctica, se ha comprobado que es necesario adicionar alcohol en exceso para obtener un alto rendimiento del proceso, logrando de esta forma desplazar, casi totalmente, la reacción hacia la formación del éster metílico. La presión y el tiempo de reacción dependen del resto de parámetros seleccionados

La transformación de los aceites vegetales en biogasóleo por medio de la transesterificación de los mismos, comprende dos etapas principalmente. La primera es la reacción de transesterificación y la segunda de separación y purificación de los ésteres obtenidos, que son el biogasóleo.

La reacción de transesterificación de los aceites vegetales da como resultado ésteres más glicerina (triacolhol). Los ésteres puros representan el biogasóleo, por esta razón restos de glicerina, glicéridos (mono, di y triglicéridos) y otras sustancias como restos de catalizador, se consideran impurezas que se deben retirar a través de la purificación. Por otra parte se debe tener en cuenta que la glicerina tiene un alto valor añadido en el mercado por su utilidad en industrias como la cosmética y farmacéutica.

Durante la reacción de transesterificación se presentan reacciones secundarias que dan lugar a productos indeseables o que contaminan los ésteres metílicos o biodiésel. Las reacciones secundarias que tiene lugar son principalmente las de formación de jabones, ya sea provenientes de la reacción saponificación de los aceites y/o grasas o de la neutralización de los ácidos grasos libres. La formación de jabones trae como consecuencias negativas, la disminución de la conversión y del rendimiento, la necesidad de etapas posteriores de purificación de los ésteres metílicos y el aumento de la posibilidad de que se presenten emulsiones en las etapas de purificación.

ETAPA DE PURIFICACIÓN

Un criterio esencial para calificar un proceso de transesterificación es la calidad del biogasóleo obtenido. En la fabricación de los metil ésteres una etapa fundamental es la de separación, tras la reacción, del producto principal del resto de subproductos que se encuentran en el medio, especialmente, de la glicerina y el metanol residual. El proceso actual de transesterificación es seguido por la separación de la glicerina, la cual es insoluble en los metil ésteres. Del metil éster se debe remover el exceso de metanol, los residuos de catalizador y el jabón que ha sido generado como subproducto, así como los ácidos grasos libres que no han sido esterificados. En el proceso convencional esto se hace usualmente con agua, y luego el metil éster limpio puede ser destilado o usado directamente.

La presencia de glicerina se considera también un contaminante para el biogasóleo, dado que posee un poder calorífico muy bajo, produce autoinflamación, con las altas temperaturas polimeriza creando polialcoholes, y también se puede craquear formando acroleína. La presencia de glicerina, incluso en pequeñas cantidades, contribuye a dificultar el filtrado en frío del biocombustible, de tal forma que, de no conseguirse ésteres metílicos de la adecuada pureza, pueden ocurrir problemas importantes para su paso por los elementos filtrantes del motor y, en general, de los sistemas de distribución y almacenaje. Por estas razones, es muy importante asegurar su total retirada del biocombustible.

El proceso de limpieza de la fase glicerina para su posterior venta es mucho más complejo. Después de la separación de las sales y jabones, la glicerina cruda puede ser sometida a una destilación a vacío para retirar el metanol y el agua existentes y obtener finalmente glicerina pura.

Por otra parte, la glicerina es ampliamente utilizada en cosmética, farmacia, explosivos, tabacos, alimentación, etc., con lo cual tiene un alto valor comercial que puede contribuir a rentabilizar la obtención de biogasóleo a partir de aceites vegetales. Aún cuando existen complicados y muy exigentes procesos de homologación de la glicerina, éstos no deberían constituir ningún obstáculo con las avanzadas tecnologías disponibles hoy en día para su purificación.

En relación con la presencia del metanol como contaminante de los metil ésteres, hay que indicar que ocasiona un incremento de la volatilidad, lo que a su vez se manifiesta como un aumento en la peligrosidad del manejo de los mismos. Además es importante recuperar el metanol remanente para reutilizarlo en el proceso de transesterificación en procesos sucesivos.

SUBPRODUCTOS Y APLICACIONES

La glicerina o glicerol (Propanotriol) es un subproducto de la elaboración del biodiésel. En su estado puro es un líquido incoloro, inodoro, viscoso y no tóxico, con un sabor muy dulce y tiene, diversos usos. La glicerina procedente del proceso de transesterificación de aceites vegetales usados es normalmente de color marrón oscuro debido a que contiene la mayor parte de sustancias que no son transesterificables y que están presente en la materia prima de partida tales como pigmentos, materia orgánica (restos de comida), etc., ácidos grasos libres, mono, di y triglicéridos y restos de catalizador, alcohol y agua.

La recuperación de la glicerina en el proceso de transesterificación es importante, debido a sus varios usos industriales (Detergentes, Química fina, Tabaco, Materiales plásticos, Productos farmacéuticos, Cosmética, Explosivos, Alimentación) y a la repercusión económica que ocasionaría su venta.

La **glicerina** se obtiene en el proceso de transesterificación y es separada fácilmente del éster mediante decantación, requiriéndose antes de su utilización un proceso de purificación para conseguir la calidad adecuada a su futura aplicación.

El otro subproducto que se obtiene dentro del proceso de producción de biodiésel son las **sales** que dependiendo del proceso pueden ser: sulfatos, fosfatos o cloruros, de sodio o de potasio. Éstas sales se utilizan como abono.

TECNOLOGÍAS PARA OBTENER BIODIÉSEL

Actualmente existen diversas tecnologías desarrolladas principalmente para la transesterificación de aceites vegetales limpios en medio básico. En la siguiente tabla se muestran las principales tecnologías que existen en el mercado.

En el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME. Hoy en día países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiésel en automóviles. En su producción se destacan instituciones como: BDP (Bioenergy Development Program of Canadá), PORIM (Palm Oil Research Institute of Malasia), COOPERATIVE ASPERHOFEN - Austria y CENPES/DIPROD del Brasil.

Existen otros proveedores de tecnología tales como Axens, Ballestra, Biodiesel Industries, Cimbria-Sket/Bratney, EKOIL, Energea, etc.

Si la materia prima de partida es aceite vegetal usado, hay necesidad de realizar un pretratamiento antes de iniciar el proceso de transesterificación.

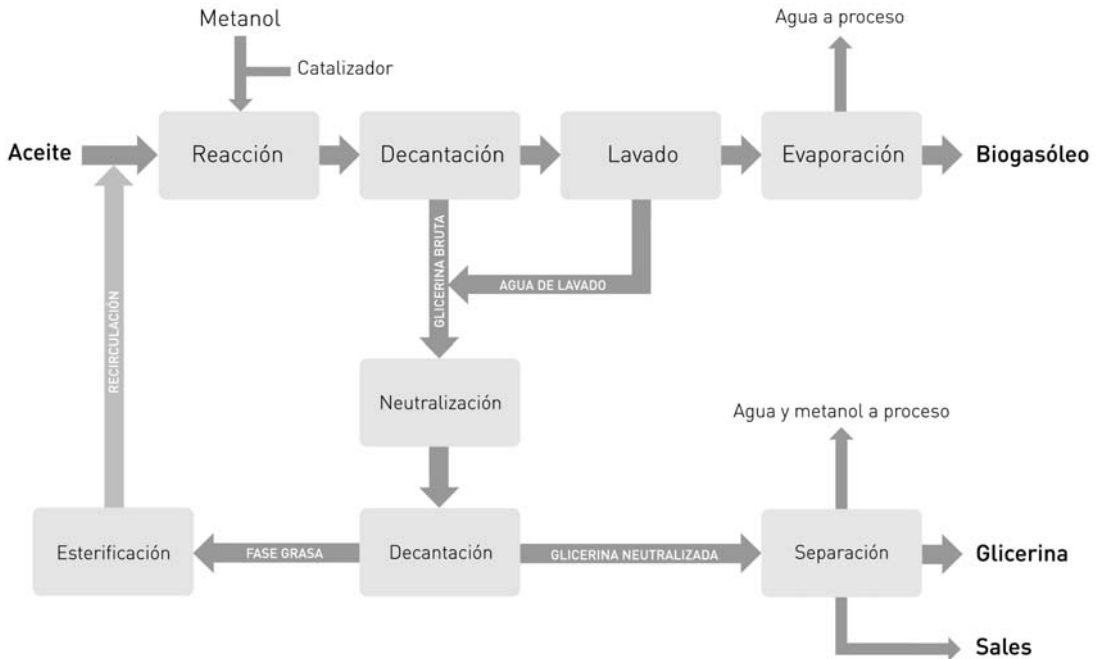


Diagrama de bloques del proceso de transesterificación

Las diferencias técnicas del proceso de obtención de biodiésel a partir de aceites vegetales y mediante transesterificación radican principalmente en los parámetros de reacción y en las etapas de purificación de los ésteres metílicos y la recuperación del metanol y tratamiento de los subproductos (glicerina y abono). La mayoría de las tecnologías realizan el proceso de transesterificación en medio básico, y el proceso es discontinuo o semi continuo.

Las tecnologías más conocidas en Europa son BDI, Lurgi, Desmet, Energea y Conneman que han construido varias plantas.

La tecnología de BDI admite diferentes materias primas incluidos los aceites vegetales usados, grasas animales y sebo. Han construido 10 plantas principalmente en Austria, los países del este y una en España.

La tecnología que ofrece Westfalia es la misma que ha desarrollado Connemann (Alemania) Axens comercializa la tecnología desarrollada por el IFP (Francia)

La tecnología desarrollada por Energea es modular y el proceso es continuo CTER (Continuous TransEsterification Reactor), la principal ventaja de ésta tecnología es que el tiempo del proceso se reduce y se obtiene un biodiésel que cumple con las normas exigidas. Han construido dos plantas (Austria e Inglaterra).

La tecnología de Lurgi ha construido una planta en España (Acciona biocombustibles).

Empresa	Condiciones de reacción			
	T (atm)	T (°C)	Catalizador	Operación
Lurgi	1	60 - 70	Básico	Continuo
Desmet	50	200	Metilato sódico	Continuo
Energea	1	60	KOH	Continuo
BDI	1	30 - 60	Básico	Batch
IFP axens	1	50 - 130	Básico/Ácido	Batch
Conneman/Field and Hahn	1	60 - 70	NaOH	Continuo
Westfalia	Baja	Baja	Básico	Continuo
Biofuels S. A.	1,5	90	NaOH	Batch
Comprimo/Vogel and Noot	1	Ambiente	KOH	Batch
Novamont/Technimont	1	> Ambiente	Orgánico	Batch
Total Fina	40	220	TiO ₂ soportado	Batch Continuo
Biox	1	Ambiente	Básico	Continuo
Gratech	3,5	95		Continuo
Ekoil Biodiesel Production	Reducida		KOH	Continuo
Crown Iron Works			Básico	Continuo
Biofuel Systems				
Biodiesel Technologies				
Nopec Corporation				
Pacific Biodiesel				
Superior Process Technologies				Batch
Procter & Gamble				
ME KFT				
AT Agrar				
Oceanair Environment				

Biocombustibles líquidos

Manuel Camps Michelena

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

Existe un problema en el mundo, a todos los niveles; la índole de este problema es política, ética, generacional, y también productiva, alimenticia, económica, demográfica, etc. Es de estos últimos apartados de los que nos hemos de preocupar. En lo que respecta al campo, el problema de la producción, más que cuantitativo, es cualitativo, es decir, se trata 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) más que global, es decir, que **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, y se empieza a pensar incluso en la opción de pagar por no cultivar, que no parece la mejor solución.

Se trata, entonces, de saber qué hacemos con el campo, y nos encontramos con el dilema que el Profesor Briz (ETSIA, Madrid) enuncia como **"Agricultura alternativa o alternativas a la Agricultura"**.

2. POSIBILIDADES Y ELECCIÓN

Se entiende por agricultura alternativa la búsqueda de las parcelas de mercado que puedan absorber en condiciones adecuadas de precio y cantidad los productos ofrecidos por la agricultura, pudiendo mencionar hoy en día como más significativos los que a continuación se indican:

- Cultivos que atienden demandas específicas, como puede ser la ornamentación, plantas medicinales y aromáticas, así como nuestro objetivo, que podemos diferenciar como **Cultivos energéticos que permitan aportar energía a través de recursos renovables.**
- Cultivo de productos biológicos o naturistas.
- Orientación de la calidad hacia los estratos de mayor demanda.

Las alternativas a la agricultura pretenden la utilización del campo para fines no agrarios, entre los que nos podemos encontrar con:

- Turismo rural, caza, pesca, etc.
- Industrialización y transformación de productos agrarios, mediante una gestión en el mismo campo, obteniendo así el agricultor el valor añadido.
- Reconversión hacia actividades no problemáticas, como una granja lechera a picadero.
- Mantenimiento y conservación de recursos naturales.

Entendemos que una solución bastante clara es la del apartado 2.1.2, o sea, la de emplear nuestros campos en cultivos energéticos de carácter renovable.

3. VOCACIÓN AGROENERGÉTICA

La **vocación agroenergética** se basa en algunas cualidades que deben poseer los cultivos (según Fernández, ETSIA, Madrid):

- vigor y precocidad de crecimiento;
- capacidad de acumulación de energía por unidad de peso;
- capacidad de rebrote, para poder obviar la resiembra;
- rusticidad, para adaptarse a terrenos marginales.

De acuerdo con esta vocación, algunos cultivos se pueden usar como fuente energética a corto plazo; los dividimos en azucareros, oleaginosos y productores de biomasa.

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

- a. la polivalencia del empleo de este producto en su transformación en energía, bien para electricidad, calor, o directamente en un motor de combustión interna.
- b. los motores admiten, mal que bien, este combustible; Diesel, en 1900, hizo funcionar su motor con aceite de cacahuete.
- c. el petróleo no durará siempre; es cierto que vamos retardando su final, pero hoy se le suponen unos 100 años.
- d. diversificación de la producción agrícola, precisamente hacia este tipo de cultivos.
- e. protección del medio ambiente; la combustión del aceite no altera el equilibrio del CO₂; tienen menos sulfuros; se manipulan y almacenan con mayor facilidad, salvo excepciones.
- f. se disminuye la dependencia de los países productores de petróleo.
- g. aprovechamiento de los subproductos.

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

- a. las operaciones que requieren los combustibles antes de su empleo en el motor (aditivos, esterificación, calentamiento, etc...).
- b. las modificaciones que, en general, necesitan los motores al querer utilizar estos combustibles alternativos.
- c. el precio, que aún es mayor que el del combustible derivado del petróleo.
- d. las prestaciones, menores que en los motores convencionales, quizás por estar éstos mucho más estudiados.

4. PRINCIPALES TENDENCIAS ACTUALES

Parece ser que las tendencias van en dos direcciones: una hacia combustible gas y otra hacia combustible líquido. A su vez, ambas formas se subdividen en dos: biogás y gas de gasógeno, por un lado, y aceites y alcoholes por el otro. Dedicaremos nuestra atención al caso de aceites y alcoholes.

5. BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

5.1. ALCOHOLES.

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, con la principal desventaja de la peligrosidad.

Los países pioneros son Brasil y Estados Unidos. El etanol se puede usar sólo o mezclado con la gasolina, dependiendo de su pureza; así, cuando puro (99.5%), se puede mezclar, sin apenas modificaciones en el motor; si impuro (95-96%), se utiliza en solitario, si bien es preciso realizar modificaciones de cierta importancia.

Los principales programas son el **Proalcool**, en Brasil (etanol a partir de caña de azúcar) y **Gasohol** en Estados Unidos (mezcla de gasolina super y de etanol obtenido a partir de maíz).

5.1.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

En cualquier caso, las **ventajas** que ofrece se enumeran a continuación:

- mejores prestaciones globales;
- incremento del par y del valor energético por unidad de volumen de mezcla;
- combustión más completa, menores residuos en general;
- aumentaría el número de puestos de trabajo en el campo;
- mejor distribución de la riqueza.

Las principales **desventajas** son:

- mayor consumo, habida cuenta del menor poder calorífico;
- emisión de aldehídos, y posible contenido en ácido sulfúrico;
- problemas de almacenamiento, sobre todo en el metanol.

5.1.2. MODIFICACIONES EN LOS MOTORES

Podemos enumerar las **principales modificaciones** que sufrirían los motores para poder emplear alcohol como combustible en solitario (en conjunto, superan el número de 300):

- nuevos colectores de admisión;
- válvulas y asientos capaces de soportar mayores esfuerzos, al ser mayor la relación de compresión;
- 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.

5.1.3. OBTENCIÓN DEL BIOALCOHOL

En cualquier caso, la obtención del alcohol de forma industrial se realiza a partir de tres distintos substratos: producto azucarado, almidón o material celulósico. Cualquiera de ellos requiere una preliminar molienda o desagregación, seguido de una fermentación y la destilación final. Cada uno de ellos es más costoso que el anterior. En el caso del metanol, el substrato es material celulósico, que se puede obtener tanto de especies arbóreas como de cultivos herbáceos.

Se piensa ya 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.

Si pudiéramos hacer lo mismo en España, calculando con 40 millones de habitantes, y suponiendo un consumo del 50% del que corresponde a cada usuario en los Estados Unidos, con una sustitución sólo del 15% del combustible usado en locomoción, necesitaríamos un millón de hectáreas, lo que representaría solamente el 2% de nuestra superficie, que es la considerada marginal en la práctica.

5.2. ACEITES

5.2.1. TIPOS DE ACEITES

En general, se suele hablar de tres calidades distintas en aceites de origen vegetal: bruto, refinado y esterificado.

El aceite bruto es el que se obtiene en primer lugar, mediante cualquiera de las técnicas industriales en uso hoy en día, como puede ser el prensado o algún disolvente.

El refinado es el que ha sufrido unos tratamientos de limpieza, decoloración y corrección de pH.

Finalmente, el esterificado es el resultado de la reacción química entre este aceite y un alcohol (metanol en el caso del metilester).

5.2.2. ELECCIÓN DEL CULTIVO

La elección del cultivo no es fácil, teniendo en cuenta que hay más de 300 especies capaces de producirlo en cantidades industriales. En general, es mayor la producción de aceite por unidad de superficie en árboles que en arbustos, pero la recolección decide rápidamente. Actualmente, la producción de aceite se realiza en explotaciones particulares, en cooperativas y a escala industrial; el principal cultivo para estas necesidades energéticas parece ser la colza (RME), pero aún no se debe despreciar el girasol (SME).

Los aceites, en su estado natural, tienen unas características que no se parecen en absoluto a las de los combustibles derivados del petróleo, en especial la viscosidad. Esta cualidad es de importancia fundamental, teniendo en cuenta que, desde su misma creación, la tendencia consiste en beneficiar cada vez más el uso del gasoil como combustible en este tipo de motores.

5.2.3. ESTERIFICACIÓN

La esterificación 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. Únicamente será preciso tener cuidado en algunos asuntos puntuales, como puede ser el ataque del éster sobre algunas conducciones, depósitos en la bomba de inyección y en la cámara de combustión, o dilución en el aceite lubricante; todo ésto tiene una solución bastante sencilla, pasando por la elección de ciertos materiales y lubricantes, y efectuando un mantenimiento con mayor frecuencia. Se mezcla el aceite con un exceso de metanol (la relación estequiométrica es de tres moles de alcohol por un mol de aceite) en presencia de un catalizador de la reacción (que suele ser K OH).

Poniendo doble cantidad de alcohol (que es normal) se necesita un tiempo comprendido entre 1 y 8 horas (según la temperatura) para obtener el metilester, a la vez que una fase acuosa a base de glicerina. Se suele usar un reactor discontinuo con un agitador. Para grandes producciones se puede emplear un método continuo.

La reacción se puede parar añadiendo ácido fosfórico. Se separa la fase acuosa. Se evapora el alcohol en exceso, destilándolo para poder volverlo a emplear. Se puede centrifugar el éster para eliminar cualquier residuo de agua.

Unos números prácticos indican que 100 kg de aceite y 11 kg de metanol (con catalizador) producen en una hora (a 70 °C) una cantidad de 100 kg de diéster (contracción de diesel y éster) y 11 kg de glicerina. Precisamente, el problema puede ser la gran cantidad de glicerina que introduciríamos en el mercado. En toda Europa se utilizan solamente 150000 toneladas al año.

Si consideramos una producción de semilla de colza de 3 t/ha con un porcentaje del 40% de aceite (que podría llegar al 45 ó al 50%), obtendremos una producción neta de 1200 kg/año.ha de combustible (1300 litros). Además, proporcionaría una cantidad de 1800 kg de torta útil para alimentación animal, así como 3 toneladas de paja. Todo ésto representa, en cuanto a cantidad total de combustible, entre 1900 y 2500 kg de petróleo por hectárea y año, con lo que se obtiene una energía total de 50 GJ/ha con un rendimiento aproximado de 3.

El lado negativo en cuanto a la parte energética reside en el hecho de la pérdida del alcohol usado para el éster, pero se puede perdonar fácilmente.

5.2.4. UTILIZACIÓN EN MOTORES

Este tipo de aceites se pueden emplear en cualquier motor de encendido por compresión, al ser sus parámetros tan similares a los del combustible ordinario.

El aceite bruto o refinado, en cambio, no se puede emplear en aquellos motores que utilizan el sistema de inyección directa (que son los presentes en la mayor parte de la maquinaria agrícola), pues producen en poco tiempo depósitos carbonosos en los inyectores, dificultando la pulverización dentro de la cámara, y acabando con el funcionamiento del motor en unos pocos cientos de horas. Este aceite, no obstante, se

puede utilizar en el caso de disponer de motores con precámara, que es como hacer, si bien que teóricamente, la combustión en dos etapas: una primera a alta presión, con exceso de combustible, y otra a baja presión y temperatura también baja, con exceso de aire y una disposición que favorece la creación de un torbellino. El inconveniente es el aumento del consumo específico en un 5%, y la disminución de la potencia en un porcentaje similar.

Otra solución puede ser la que se basa en una mezcla de aceite vegetal con gasolina y alcohol, y que se distribuye en Alemania desde principios de 1993 con el nombre de Tessel.

También se puede usar la solución de calentar el aceite vegetal puro para disminuir su viscosidad. Este calor se le puede proporcionar: eléctricamente, mediante cambiadores de calor con el aceite de refrigeración, o con el calor perdido por el motor.

Otra forma es optar por el régimen Dual, es decir, arrancar con el combustible tradicional, y calentar de este modo el aceite hasta que su viscosidad nos permita utilizarlo.

Cualquiera que sea el sistema empleado, se ha llegado siempre a unos resultados parecidos.

Conviene tener en cuenta, sin embargo, en todos los casos, las ventajas y los inconvenientes, algunos de los cuales ya hemos enumerado.

6. COROLARIOS

Después de todo, obtenemos dos corolarios.

El primero de ellos se recoge en las tres conclusiones siguientes:

- el petróleo aumentará su precio por ir agotándose las reservas;
- el aceite disminuirá su precio, porque mejorará la maquinaria de recolección, los rendimientos de extracción, etc. si prosperan el sistema y su utilización;
- los gobiernos tendrán que ayudar con descenso de tasas, aumento de exenciones fiscales, etc., habida cuenta de las ventajas socioeconómicas del problema, punto en el que no hemos entrado.

El segundo corolario se refiere al tipo de energía que usará la Humanidad en el futuro, con cierta probabilidad. Creo que, a corto plazo (hasta 30 ó 50 años), las cosas seguirán como hasta ahora, con ligeras variaciones, pero siempre en el sentido de mejora de la ecología. A plazo medio, pienso que aumentará el uso de la energía nuclear, cuando ya se haya ensayado más su empleo, y con la seguridad casi absoluta de que su uso no comporte peligro (como ahora sucede con otras de las convencionales). A largo plazo (quizás dentro de 200 ó más años) se pasará a utilizar la energía solar en sus dos manifestaciones actuales ó cualquier otro sistema que se nos escape en la actualidad.

El biodiésel: un carburante que no proviene del petróleo para países en desarrollo

Jesús Casanova Kindelán

Catedrático de Motores Térmicos. ETSII - UPM

El biodiésel es un éster metílico (o etílico) derivado de una gran diversidad de plantas oleaginosas. La planta utilizada influye en cierta forma en el producto final, pero sobre todo en las características físicas y químicas del éster metílico obtenido y en su uso como combustible. Sin embargo, debe tenerse presente que estas diferencias no son tan grandes como la propia diferencia entre el biodiésel y el gasóleo, y a pesar de ello pueden utilizarse ambos carburantes en un mismo motor, sin o con muy ligeras modificaciones.

La utilización sin trans-esterificar del aceite obtenido por prensado es una posibilidad ya explorada pero que tiene muchas dificultades de estabilidad y de duración de los motores. Cuando se piensa en su aplicación a la producción de energía mecánica en vehículos de motor u otras aplicaciones industriales, tiene el problema de no poder ser utilizado en motores convencionales. Se han desarrollado motores “ad hoc” como el motor Elsbett, pero su éxito comercial ha sido muy precario.

Pero el proceso de trans-esterificación es relativamente sencillo, sobre todo si no se trata de realizarlo en forma industrial en continuo, por lo que transesterificar el aceite vegetal es la solución propuesta razonable a corto y medio plazo para motores de combustión interna y otras aplicaciones.

El interés de la producción de biodiésel en países en desarrollo puede contemplarse desde tres perspectivas:

- Poner en producción tierra de cultivo para favorecer el desarrollo de pequeños agricultores cultivando productos de aplicación energética.
- Producir un combustible que no proviene del petróleo, lo cual implica reducir la necesidad de adquisición en el exterior, es decir, equilibrar algo la balanza de pagos. En principio esto podría hacerse en cultivos en grandes extensiones lo que reduciría el coste, pero su contribución al desarrollo será cuestionable
- Incrementar el nivel tecnológico del país mediante la construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de las plantas de prensado y trans-esterificación, pero también de la distribución, cultivo y recolección y transporte de la materia prima, y los laboratorios de análisis químicos necesarios.

Cuál de las perspectivas anteriores es más importante depende del país en concreto en el que se estudie la posible implantación. Es común que en este tipo de países se inicien actuaciones en forma de plantas de producción industrial con inversores foráneos o nacionales que en un tiempo relativamente corto quedan inactivas por falta de materia prima, falta de recambios o falta de personal. La forma de evitarlo

es implicar a los empresarios locales y las cooperativas, pero sobre todo crear un tejido industrial en el entorno y elevar el nivel técnico y cultural de las personas: ingenieros, directivos, técnicos, empleados de operación y de mantenimiento de las instalaciones, administrativos, agricultores, transportistas, etc.

Creo que es importante señalar que la producción de biodiésel no puede cubrir la demanda de carburantes de un país, aunque éste esté en vías de desarrollo, y menos aun cuando dicho país inicie su etapa de desarrollo; pero puede contribuir a equilibrar su dependencia externa y agilizar su desarrollo.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta siempre el proceso productivo y el desarrollo de nuevas plantas de producción de los biocarburos en Europa es el cumplimiento de la norma EN 41214. Sin embargo, creo que este problema no debe ser tan importante en países en vías de desarrollo, y se debe plantear un estudio sobre qué especificaciones de dicha norma son importantes y cuáles pueden no tenerse en cuenta o suavizarse los requerimientos. Esto reducirá el coste del proceso de producción además de facilitar la continuidad de la planta.

Para estudiar la viabilidad de producir biodiésel en un país en desarrollo debe estudiarse con detalle la posible aplicación del mismo. Algunas de las posibles aplicaciones son:

- Combustión en calderas: no necesita especificaciones especiales y posiblemente puede aplicarse el aceite sin esterificar. El problema es el coste relativo con otros combustibles, incluida la biomasa
- Aplicación a motores diesel estacionarios para generación de energía eléctrica o para moto-bombas en las propias zonas de cultivo. La ventaja es que estos motores no necesitan combustibles tan sofisticados como los de automoción.
- Aplicación a tractores agrícolas y otra maquinaria agrícola con la misma ventaja anterior añadiendo la de reducir el coste del transporte si se produce en las cercanías de donde se cultiva.
- Aplicación a motores de barcos marinos o fluviales con planteamientos similares.
- Aplicación a vehículos diesel pesados (camiones y autobuses) y ligeros (pequeños camiones, microbuses, pick-ups o turismos). Esta aplicación es donde la especificación del combustible es normalmente más estricta.

En el caso de que la aplicación principal sea la de los vehículos automóviles, debe estudiarse la composición de la flota media del país. Los vehículos que en Europa o EE.UU. cumplen las últimas regulaciones de emisiones contaminantes (las denominadas Euro 4 y Euro 5), para lo que disponen de motores con sistemas muy sofisticados de control de las emisiones como inyección de alta presión, turbocompresor, y sistemas de postratamiento de los gases de escape como catalizadores, filtros de partículas o EGR (recirculación de gases de escape). Para el buen funcionamiento de estos sistemas se exigen combustibles adecuados y evolucionados con especificaciones muy restrictivas.

Los vehículos antiguos, con motores menos evolucionados y sofisticados, así como los diseñados para trabajo pesado y donde no se exige al máximo de prestaciones y el mínimo de emisiones, pueden utilizar combustibles menos exigentes de lo que es normal en Europa, EE.UU o Japón. Un vehículo diesel de diseño antiguo, equipado con sistemas de control mecánico de la inyección y normalmente con muchas horas de uso no exige un carburante, y en particular un biodiésel, con especificaciones muy estrictas.

Si se esta pensando en países no densamente poblados y sin restrictivas normativas medio ambientales en entornos urbanos, como puede ser el caso de América Central, las regulaciones de emisiones de los vehículos nuevos no son seguramente muy estrictas, por lo que los vehículos que se venden y la media

del parque circulante, tendrán tecnologías más convencionales e incluso los combustibles normales no tendrán que cumplir especificaciones especiales como en países más desarrollados. A ello se suma que normalmente la flota de vehículos es bastante antigua.

En definitiva la aplicación del biodiésel a países en desarrollo parece demostrada en países como India, Malasia y otros, con connotaciones especiales, pero su aplicación a Iberoamérica plantea una problemática diferente. Debe estudiarse el tipo de cultivo energético más apropiado y las aplicaciones más razonables; y en base a ello determinar las especificaciones más adecuadas y el proceso de producción acorde con las necesidades y el nivel técnico del país.

Biodiesel. The Indian Experience

Sandeep Chaturvedi

Gujarat Oleo Chem Ltd

INTRODUCTION

Biodiesel has received enormous publicity both in the developing and developed world with a result that it is now being considered as one of the alternatives that may partially substitute the fossil Diesel fuel. It has received major attention because of the ever increasing crude oil prices, since the higher the crude price is, the better economic viability result for biodiesel marketing.

Biodiesel can be defined as an ester of long chain fatty acids derived from vegetable oils or other natural sources. Vegetable oils are mainly constituted of triglycerides of long chain fatty acids. Main applications of vegetable oils are Food (Cooking), Cosmetics & Chemicals, Lighting and to some extent Fuel. There may be several specific applications to the geographic location, availability and acceptability of the vegetable oils.

Historically Triglycerides have always been in short supply. This shortage has been reduced to a certain extent by few countries that have made persistent scientific efforts over the last few decades to increase the yields of the oil producing plants. These operations are largely mechanised and well integrated within the global markets. But countries like India, which is the second most populous in the world, are net importers of vegetable oils in order to fulfil several applications, especially cooking. The average imports of vegetable oils in India are 40-50 million tonnes per annum; only behind the crude import bill.

VIABILITY OF BIODIESEL PRODUCTION

Considering the scarce availability of raw materials for biodiesel production, it may only partially substitute the diesel fuel. It would need about 2 million tonnes of biodiesel to blend 5% biodiesel per year in India that is the sixth largest fuel consuming nation in the world and its approximate consumption of diesel fuel is 45 million tonnes per annum. This figure was about 40 million tonnes in the year 2003.

Biodiesel has several associated advantages that would be beneficial in terms of employment generation and environmental benefits to the entire globe. It would usher in an era of decentralized economic boom in rural areas of developing countries. Oil seeds needs massive cultivation and would need a huge labour for its collection, which can be mechanized in the developed countries. The tree/plant provides a green

cover and a net production of Oxygen, since CO₂ is used during the process of photosynthesis. The seeds provide oil and the meal is used as food. In case of non edible oil seeds the meal is used for bio-gas production, which can be piped and transported for local applications.

For the success of any industrial activity, it should be self sustaining. The current global scenario is that most of the developed countries have started granting assistance in the form of subsidies to biodiesel manufacturers and/or users. The schemes are different for each country; policies have been formulated for blended or 100% pure biodiesel. Considering the limited volumes, it has been very wise to provide assistance to the manufacturer/user of biodiesel. The benefits are immense and the cost out-go is limited as compared to assisting granted to biodiesel, since they stand to gain much more by utilizing the vast natural resources in addition to reducing the vehicular emission levels.

It would be very short sightedness on part of any nation's leadership to consider subsidies/assistance to biodiesel as an expenditure or loss of revenue. In fact, this would go a long way towards nation building. Projects of this nature need a visionary far sight, as the projects need extra faith and patience to be eventually successful.

VIABILITY IN DEVELOPING COUNTRIES

Most Developing and under Developed countries have huge natural resources that are underutilized. The use of advanced agronomical techniques for production of oil bearing seeds, will present a great opportunity to the local population in form of jobs, since the skills required are minimum in the agricultural sector and masses can be trained with minimum efforts. This will result in an increase of efficiency handling land and human resources.

Production Cost and marketing of Biodiesel is probably the most significant issue that all developing countries will face, with a few exceptions there are no support policies for biodiesel. But on the other hand almost all the developed nations have a Biodiesel policy supported by the respective governments, with an element of subsidies.

This will result in developing countries as net exporters of biodiesel to the developed world; probably it is natural as the product has to reach the market. But the exporting nation need to have a policy framework to promote cultivation of oil seeds crops/plants/trees depending on the agronomical conditions in that state. There are no simple solutions and often the ground reality is very different, but still the entire situation can be made into a bankable (economic) proposition only with the active cooperation of all the stakeholders i.e., farmers, local governments, processing units and finally the marketing of biodiesel.

We have learnt from the past experience in India that if any of the activity is carried out in isolation, it will always result in a failure of the entire idea, so it has to be done on cooperative model. The milk and sugar industry is a globally acclaimed success of our country. It is the best example of cooperation between all the stakeholders. The results are displaying the success story of the cooperative movement in the form of the Regional (Asia) famous brands like "Amul".

There is huge global demand for fuels coupled with a desire to substitute fossil fuels to reduce the dependence on imports and also to save the environment by reducing carbon emissions. But the market is driven by price factor and we believe that Biodiesel can be produced at an economical scale with globally

competitive prices. Especially if it is taken up as a project with active participation from all stakeholders with a pre-defined role to play.

There are several vegetable oils that can be used for the manufacture of biodiesel although preferably it should be a triglyceride of long chain fatty acids of C16 to C22 fatty acids. To name a few crops that can be used for the manufacture of Biodiesel:

- a. Jatropha (Known as Ratanjot in India)
- b. Pongamia Pinnata (Karanj)
- c. Neem Seed Oil (High Cost)
- d. Soya bean Oil
- e. Rapeseed Oil
- f. Sunflower Oil
- g. Cotton seed Oil
- h. Palm Oil
- i. Waste fatty acid mixture
- j. Castor Oil (High Cost and needs further treatment)

Considering our background of manufacture of various oleo chemicals, we have also used economically available fatty acids and fractions from our plant. Only hurdle being that, they need more rigorous pre-treatment and much involved technology, resulting in higher initial cost of plant and machinery. Other major raw material is the once-used vegetable oil with manageable FFA values that can be achieved with slight caution during initial handling and storage.

THE INDIAN EXPERIENCE

Our manufacturing experience has been carried out with almost all the items above mentioned, but the current discussion will be limited only to the raw materials that are mostly tree borne oil seeds that we intent to propagate in India.

Our role has been mostly on the manufacturing of Biodiesel, hence the data that is reproduced on the agronomical aspects here is only based on feedback from the agencies involved in cultivations activities and some limited field experience on the crop patterns/plantations we have verified.

We started manufacturing long chain fatty acid esters from 1998-99 to be used as an alternate of diesel fuel in our furnace. This production was very limited in quantity and a through specification analysis was conducted only in the year 2003 for compliance with ASTM standards.

My knowledge about Biodiesel production is mostly acquired during the early days since I was involved in the setting up of the castor oil derivative plant at Gujarat Oleo Chem. The major insight into the behaviour of long chain fatty acid esters (Biodiesel) came during the initial operating days of our Cracking plant for castor methyl esters. The esters of long chain fatty acids are the starting raw material for the cracker. This was a technology which was supplied by an Indian process licensors, the process was yielding about 87-89% yields with very poor quality of esters largely containing soap and free fatty acids. Our requirement was to overcome this drawback of the process.

It took us about four years to understand and master the process and today we have the unique proprietary process and equipment technology to have a yield of about 100% and one of the most cost-effective plant and machinery. We have a single step process with no effluent generation and all co products are of very high purity.

Most physical properties like the Iodine Value, Saponification Value, FFA content and the overall fatty acid compositions play a key role in predicting the reaction products and final properties and specifications of the finished products. This practical knowledge about the properties of triglycerides helped me a lot, in fact my first independent design was the Saponification reactor, followed by many more other process viz: hydrogenations, esterification and oxidization.

The current discussion is limited only to transesterification of various vegetable oils and esterification of mixed fatty acids which are used as Biodiesel.

It is my attempt to touch upon the manufacturing of Biodiesel in a very limited way to the extent of contribution from our own experience.

ACHIEVING THE STANDARDS

Biodiesel may be defined as a fuel consisting of long chain fatty acid esters made from the vegetable oils that can meet ASTM and European Standards (EN)_(R1) standards; it is a high Btu fuel with properties similar to petroleum no.2 diesel fuel. The process that is generally available in the market involves the reaction of the triglyceride with methanol in presence of a suitable catalyst, preferably NaOH or KOH or their methoxides, the temperatures are in the range of 40 to 110 °C. This is a two stage reaction and the excess methanol is recovered and recycled and the methyl esters are washed of all impurities to get Biodiesel with the conversion of the triglycerides of about 99% - 99.5% and the final yield of the desired Biodiesel is always 98.5%.

Our process is different since we carry our reaction in one step and get complete esterification. No washing is involved and the glycerine obtained is of very high purity and can easily be processed further. The consumption of methanol is almost near about theoretical requirement.

Each process has its own merits and demerits and should be selected on a case to case basis. The throughputs and availability of feed stock being the main criterion; the conclusions are that, the continuous operation is more suitable for a consistent quality of feed where the operating parameters are constant within a given range.

Whereas in our case, we have a wide variety of feed stock of virgin vegetable oils to waste side stream of mixtures of fatty acids and their esters. We needed a wide range of flexibility on the operations and batch was best suited for our requirements.

Our first major supply of 25,000 litres of Biodiesel was to HSRTC at their Rewari Terminal during June-July 2004. The product was blended by IOC Ltd, field results were accumulated by the R&D division of IOC. Similar supplies were made to the RDSO Indian railways at their Amosi, Lucknow UP.

The results of emission measurements at the GSRTC buses running between the Gandhinagar and Ahmedabad from 12th march 2005 showed a reduction in particulate emission by 23%-15% by use of 5% blend of biodiesel with diesel.

CONCLUSIONS

Pioneering the use of biodiesel in India has presented many challenges on the raw materials, processing, handling and storage in various climatic conditions. We had the opportunity to study the shelf life and stability related issues.

We are of the view that biodiesel has proven its applicability and has found very quick acceptability. With the current level of *Jatropha* plantation being undertaken in India, there will be assured supply of raw material. Major facilities are being envisaged for processing the vegetable oils and almost all the refiners are drawing up blue prints to have maximum presence in the blended fuel market. This will ensure India as a global leader in the processing and exporting biodiesel blended fuels.

Biocarburantes y ayuda al desarrollo Ventajas sociales, oportunidades de financiación europea y proyectos de la ONU

Emilio Font de Mora Rullán

Sin acceso a la energía, el progreso de países pobres o en vías de desarrollo es muy difícil que tenga lugar. Debido a la falta de infraestructuras de alto coste, el acceso a la electricidad convencional a través de líneas de distribución no va poder realizarse a corto plazo en muchas partes del planeta que lo necesitan. Por todo ello, el acceso a tecnologías de pequeña escala, modernas y descentralizadas, particularmente las energías renovables y los biocarburantes, son un elemento importante para la erradicación de la pobreza.

Las ventajas sociales que los biocarburantes pueden aportar para aliviar la pobreza en países pobres o en vías de desarrollo son los siguientes:

· Creación de puestos de trabajo

De acuerdo con la Universidad de San Paulo, in 2004, Brasil tenía 700,000 trabajos directos y alrededor de 3.5 millones indirectos debido a la producción de 350 millones de toneladas de caña de azúcar destinada a la producción de bioetanol. Datos similares se podrían obtener en el caso de desarrollar una economía de escala basada en el biodiésel.

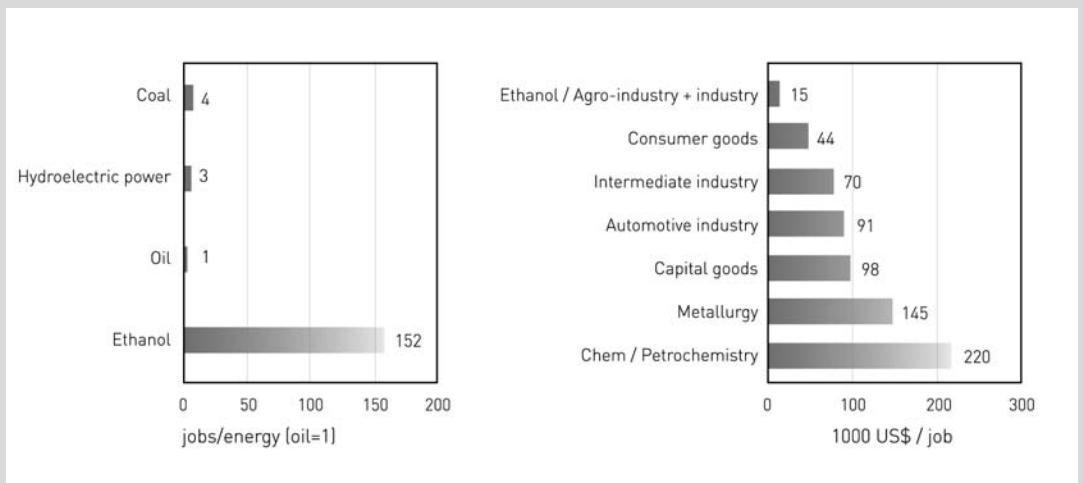


Figure 1: Job creation in Brazil. Source: University of Sao Paulo

· **Suministro de energía en poblaciones remotas y dispersas**

En los países menos desarrollados del planeta, la introducción de biodiésel, producido por la sociedad de esos mismos países, ayudaría a mejorar el suministro de energía, lo que podría redundar en:

- una mejora del acceso a agua potable. El uso de biodiésel en motores de pozos locales ayudaría a obtener agua de calidad para beber y cocinar.
- acceso al alumbrado en el interior de los hogares. Este alumbrado podría proporcionar más seguridad nocturna y la posibilidad de usar instrumentos educativos y de comunicación tanto en escuelas como en casa.

· **Mejora de la contaminación interior en los hogares**

Actualmente, en los países menos desarrollados, la leña es el material más utilizado para obtener alumbrado y capacidad de cocinar en la mayoría de los hogares. La sustitución de la quema de madera en el interior de las casas, por pequeños motores exteriores funcionando con biodiésel podría reducir la contaminación interior en los hogares lo que haría reducirse el número de casos de cáncer de pulmón y otras enfermedades respiratorias, disminuyéndose así las muertes prematuras.

· **Favorecer del desarrollo de la mujer**

Normalmente, en los países menos desarrollados, las mujeres y los niños tienen que recorrer grandes distancias para recoger leña para poder cocinar en sus hogares, o para recoger agua en manantiales o fuentes naturales, para poder beber (agua que no suele estar, en la mayoría de casos, en buenas condiciones). Esto implica la pérdida de una cantidad considerable de tiempo. Mediante el uso de biodiésel, las mujeres y los niños podrían dedicar ese tiempo a actividades más fructíferas, como la educación en el caso de los menores.

· **Recuperación de áreas degradadas**

Según el gobierno de India, la plantación de árboles de jatrofa en tierras degradadas, para producir aceite destinado a la fabricación de biodiésel, sería una buena medida para frenar la deforestación en algunos países como la India, donde estas florestas, aunque no originarias del lugar, ya se han adaptado desde hace siglos. Asimismo, como el aceite de jatrofa no es comestible y no iría destinado a la alimentación, se podrían obtener cosechas abundantes en tierras marginales o contaminadas, pudiendo ser regadas, además, con aguas residuales, con lo que se mejoraría la fertilidad de las tierras.

· **Evitar o reducir los flujos migración a las grandes ciudades**

Actualmente, las grandes capitales del planeta están sufriendo un flujo migratorio de masas de gente procedentes de zonas rurales degradadas. Estas masas provocan la formación de grupos marginales en las afueras de las ciudades, lo que desemboca en un aumento de la pobreza, la violencia y la inseguridad. La mayoría del empleo que se crearía con la plantación de especies dedicadas a la producción de materias primas destinadas a la fabricación de biocarburantes, tendría lugar en zonas rurales, con lo que se disminuiría la marea migratoria hacia las grandes metrópolis.

OPORTUNIDADES DE FINANCIACIÓN EUROPEA PARA PROYECTOS EN EL TERCER MUNDO

Actualmente la Comisión Europea tiene abiertos diferentes programas de financiación de proyectos sobre energías renovables, incluyendo entre ellas los biocarburantes. Parte del presupuesto de estos programas está destinado a subvencionar, total o parcialmente, proyectos de cooperación internacional en terceros países no pertenecientes a la Unión.

Programa de Energía Inteligente para Europa

Este programa, creado por la Dirección General de Transporte y Energía, tiene como objetivo eliminar las barreras tecnológicas que afrontan las políticas de energías renovables y de eficiencia energética. Actualmente subvenciona más de 200 proyectos internacionales. El presupuesto para la próxima convocatoria es de 215 millones de euros.

Dentro de este programa hay una sección llamada COOPENER, cuyo objetivo es subvencionar proyectos de energías renovables en el campo de la cooperación con otros países no pertenecientes a la Unión Europea. Para la próxima convocatoria se pretende promocionar proyectos dedicados a:

1. la creación de políticas y legislaciones medioambientales para desarrollar servicios energéticos en países en desarrollo.
2. el desarrollo, en países en desarrollo, de capital humano local con conocimientos en energía

El mes pasado la Comisión publicó el documento “2006 Work Programme” y en mayo se abrirá la convocatoria de presentación de proyectos. Mas información en la página Web de Intelligent Energy Executive Agency (IEEA)

Sexto programa Marco de financiación

Este programa, que ya va por la sexta convocatoria, está dirigido por la Dirección General de Investigación. Tiene como objetivo establecer un instrumento financiero que permita concretar la creación de un verdadero Espacio Europeo de Investigación.

Dentro de las líneas de actuación de este programa, cuyo presupuesto es de 13.345 millones de Euros, se incluyen temas como “desarrollo sostenible, cambio climático y ecosistemas (incluida la investigación en el ámbito de la energía y los transportes)”, cuyo presupuesto es de 2.120 millones de Euros. El objetivo de esta acción es aplicar un desarrollo sostenible que integre los objetivos ambientales, económicos y sociales marcados por la UE, incluyendo las energías renovables, los transportes y la gestión sostenible de los recursos terrestres y marinos en Europa.

También se incluyen actividades que abarcan un campo de investigación más amplio y en las que se incluyen “medidas específicas de apoyo a la cooperación internacional” cuyo presupuesto es de 315 millones de Euros y cuyo objetivo es fomentar la cooperación internacional en el ámbito de la investigación con los países en desarrollo, los países mediterráneos (incluidos los Balcanes occidentales), Rusia y los Nuevos Estados Independientes (NEI).

Estas actividades de investigación pueden insertarse en otros marcos de cooperación europea, como COST (cooperación en el ámbito de la investigación científica y técnica de actividades de interés público financiada a nivel nacional en Europa y coordinada con el apoyo de la UE) y EUREKA (programa extracomunitario de investigación y desarrollo tecnológico basado en una financiación mixta de las acciones). Más información en:

<http://www.madrimasd.org/proyectoseuropeos/ProgramaMarco/default.asp>

COST: <http://programasue.info/documentos/2006-C093-01.pdf>

Séptimo programa Marco

Este programa, que se encuentra aún en proceso de aprobación, se inscribe en un conjunto de nuevas medidas a favor del crecimiento y el empleo con cargo al próximo programa financiero de la Unión Europea para el periodo 2007-2013. Tiene un presupuesto de 4.734,621 millones de euros que corresponden a cuatro objetivos principales de la política de investigación europea, uno de los cuales es la cooperación. Así, se apoyarán actividades de investigación llevadas a cabo en cooperación con otros países, en forma de proyectos de colaboración, de redes o de coordinación de programas de investigación. Para más información consultar el documento *COM (2005) 119*.

DG de Medio Ambiente

Esta dirección general ha publicado recientemente una convocatoria para cofinanciar proyectos sobre medio ambiente para el año 2006. De forma indicativa, la DG de Medio Ambiente está planeando aportar una suma total de 2.360.000 euros para financiar entre 16 y 30 proyectos.

Entre los proyectos susceptibles de ser cofinanciados se encuentran aquellos que estén destinados a ayudar a ONGs que estén operando en proyectos medioambientales en países candidatos, los Balcanes y países mediterráneos. Más información en:

http://europa.eu.int/comm/dgs/environment/index_en.htm

Proyectos LIFE - Terceros Países

Este programa, puesto en marcha por la DG de Medio Ambiente, lleva funcionando desde 1992 y desde entonces a cofinanciado al menos 2500 proyectos cubriendo 40 países y territorios, con un presupuesto de 1.3 billones de euros.

El programa acababa en un principio en 2004 pero visto el éxito de los proyectos puestos en marcha, se decidió extenderlo hasta 2006 (LIFE III) y recientemente se ha abierto la posibilidad de crear el programa LIFE+.

Dentro del programa LIFE existe un apartado para la financiación de proyectos medioambientales en terceros países (LIFE Third Countries), cuyo objetivo es cofinanciar proyectos que aporten asistencia técnica para promover el desarrollo sostenible en tales países. Más información en:

<http://europa.eu.int/comm/environment/life/home.htm>

PROYECTOS DE LA ONU DE AYUDA AL DESARROLLO MEDIANTE PRODUCCIÓN DE BIOCARBURANTES

UNCTAD (UNCTD United Nations Conference on Trade and Development). Biofuels Initiative

UNCTAD lanzó en junio del año pasado (2005) la llamada “Iniciativa sobre Biocarburantes”. El objetivo de esta iniciativa es ayudar a los países menos desarrollados a que saquen el máximo provecho a su potencial de producción de energías renovables, y específicamente de biocarburantes.

Para ello, se ha puesto en marcha un grupo internacional de expertos que asesoraran a estos países a incrementar la producción, el uso y el comercio de biocarburantes, de biomasa para biocarburantes y de tecnología de producción. UNCTAD coordina las diferentes actividades que son conducidas conjuntamente con otras agencias de la ONU, el sector privado, ONGs y centros de investigación.

Asimismo, esta iniciativa ayuda a la atracción de nuevas inversiones privadas o públicas en estos países, con medidas tales como la promoción de Mecanismos de Desarrollo Limpio, ya que, según esta plataforma, los biocarburantes tienen todos los atributos para ser calificados como bienes medioambientales y podrían, de esta manera, ayudar a países en desarrollo a desplegar mercados para la exportación, de acuerdo con la declaración ministerial de DOHA (adoptada por la OMC en noviembre del 2001), que fomenta negociaciones sobre “la reducción o, si fuera apropiado, la eliminación de tarifas y barreras de otro calibre sobre los bienes y servicios medioambientales”

UNIDO/UNDP (UN Industrial Development Organization / UN Development Programme). Promotion of Biodiesel Production in Croatia

Este proyecto, aún en preparación, tiene como objetivo fomentar la producción de biodiésel en la república ex-yugoslava. En él participan el Ministerio de economía, el Ministerio de agricultura y el Ministerio de medio ambiente, la Universidad de Zagreb, industrias privadas y ONGs.

Los objetivos específicos de este proyecto son asistir a eliminar aquellas barreras técnicas, financieras, de información e institucionales que frenan el desarrollo del biodiésel a gran escala. Así, el proyecto prevé iniciar la producción de biodiésel de forma comercial (unas 3.000 toneladas por año), con lo que se estimularía el mercado de biodiésel en el país.

United Nations Environmental Program (UNEP) - Daimler Chrysler Jatropha-Biodiesel Project

En 2003, Daimler Chrysler anunció el lanzamiento de un proyecto de producción de biodiésel en la India. Este proyecto está promovido por UNEP y participan en él la Universidad de Hohenheim, Alemania y el instituto indio de investigación CSMCRI.

El objetivo de este proyecto es la producción de biodiésel a partir de jatrofa en tierras erosionadas y la preparación del aceite para su posterior uso en motores de combustión mediante la fabricación de biodiésel.

Este proyecto tiene una duración de cinco años e investiga una gran variedad de tópicos: la conversión de aceite en biodiésel y su idoneidad química como carburante, la absorción de CO₂ en plantaciones, uso de los subproductos, y finalmente, los beneficios estimados que se generarían.

Para llevar a cabo el proyecto, se organizaron dos plantaciones diferentes de jatrofa en diferentes regiones climáticamente diferenciadas del país. Así, se puede llegar a determinar qué condiciones locales son mejores para el cultivo. Orissa, una de las regiones menos desarrolladas del país, tiene una plantación de 20 ha en un clima subtropical. Allí el 44% de la población local vive por debajo del umbral de la pobreza y casi la mitad de tienen problemas de acceso a electricidad y agua potable. Gurajat, la localidad de la segunda plantación, es una de las regiones de India más industrializadas. Allí, en un clima semiárido, se estableció un área de 10 ha.

UNITAR (United Nations Training and Research) ACCCA (Advancing Capacity of Climate Change Adaptation)

El objetivo de esta iniciativa, cofinanciada por la Comisión Europea, es unir a empresas, entidades internacionales, ONGs y comunidades científicas de países en desarrollo para permitir y apoyar la adopción de decisiones efectivas para reducir la vulnerabilidad de estos países al cambio climático y medioambiental, a la vez que se promociona el desarrollo sostenible.

ACCCA está actualmente en proceso de aceptación de propuestas de proyectos en África y países en desarrollo de Asia. Más información en la página Web de la Comisión Europea:

europa.eu.int/comm/external_relations/env/rio_posters/02_rio_broch_en.pdf

Jatropha curcas – its promise as a tool for rural income generation

George Francis Ph.D

Workgroup:
Multifunctional plants - Food, Feed, Industrial Products
Department of Aquaculture Systems and Animal Nutrition,
Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics,
University of Hohenheim, Stuttgart, Germany, frgeorge@uni-hohenheim.de

THE PLANT AND ITS PRODUCTS:

Jatropha curcas (Family-Euphorbiaceae, Gk: Jatro – physician and trophe – food; common name physic nut or purging nut; Pictures 1 and 2) is ideally suited for plantation in degraded tropical areas. It is a low-growing tree that attains a height of about 3 m in 3 years and occurs widely in South and Central America, Africa and Asia. The most important traditional uses of *Jatropha curcas* include erection of live fences, erosion control and oil production. Preparations of various parts of the plant have been used in traditional medicine and as pest repellents.



Picture 1. Three year old *Jatropha curcas* plant with fruits from India

Jatropha grows well in well drained soils receiving an average rainfall of 300 to 1000 mm. It is, however, highly adaptive and tolerates high rainfall conditions, occasional frosts and years without rainfall and is well adapted to marginal soils with low nutrient content. Because of its succulent nature and the adaptive shedding of leaves, it is able to survive long dry seasons.

Under suitable conditions, *Jatropha* often starts yielding from the first year onwards, with yields reaching commercial levels when the plants are about 3-5 years old. The productive age of *Jatropha* is reported to be over 30 years. The dry seeds of *Jatropha* weigh 500-750 mg (or higher) and contain more than 33% by weight of oil that is suitable for conversion into bio-diesel. The kernel forms around 60% of the seed. Verifiable yields of intensive plantations over the long term are not available, but estimates from different sources mention figures ranging from 0.5 to 12 t/ha/yr. Our experiences till now show that a production of about 0.5-0.75 tonnes of oil/ha/yr that can be transesterified into bio-diesel is possible from poor soils under low-input conditions. The de-oiled seed kernel meal has a crude protein content of about 60% and a favourable amino acid profile. If the toxic substances are removed, it can be used as an animal feed ingredient.



Picture 2. Wastewater irrigated *Jatropha curcas* growing lushly in the Egyptian desert (Photos taken with the kind permission of the Egyptian ministries of Environment and Agriculture)

THE CASE FOR LARGE-SCALE JATROPHA PLANTATIONS IN THE TROPICS

The UNEP has classified 23% of all usable land degraded to the extent that their productivity is affected. The vicious cycle of decreased productivity and increased use of chemicals has exacerbated the already difficult condition of many small farmers in the tropical countries of Asia, Africa and Latin America.

The economies of many countries in the tropics are partially or completely dependant on imports for their crude oil requirements. The rapid increase in the use of energy, mainly for mobility around large cities, has resulted in high air pollution in many countries, particularly around the high economic growth regions in Asia and Latin America. The recent spurt in world oil prices has thrown the economies of several tropical countries into disarray.

This combination of factors has lead policy makers in many countries to look at integrated solutions such as setting up “energy plantations” on unproductive land to address the diverse issues of land degradation, atmospheric pollution and dependence on imported energies.

Jatropha oil has been found to have properties that enable conversion into biodiesel that conforms to the EN 14214 standard (Tables 1 to 3).

Calorific value	37.8 MJ/kg
Appearance	Light yellow liquid
Specific gravity at 30°/30°	0.92
Acid value	1.24
Saponification value	197
Iodine value	102
Unsaponifiable matter	0.4%

Table 1. Physical/chemical properties of *Jatropha curcas* seed oil

Oleic acid	35-51%
Linoleic acid	27-42%
Palmitic acid	9-22%
Stearic acid	5-8%
Arachidic acid	0-2%
Myristic acid	0-2%
Palmitoleic acid	0-1%

Table 2. Fatty acid composition of *Jatropha curcas* seed oil

Variable	JME	European standard
Density @ 15°C (kg/m ³)	884	860-900
Viscosity at 40°C (mm ² /s)	4.9	5-5.0
Flash point (°C)	169	> 101
Iodine number (g I ₂ /100g)	98	<120
Cetane number	58-62	>51
Phosphorus (mg/kg)	<1	<10
Sulphur	<1	<10

Table 3. Some properties of *Jatropha* biodiesel

The *Jatropha* biodiesel was produced at the CSMCRI laboratory in Bhavnagar, India and tested at DaimlerChrysler laboratory in Stuttgart Germany as part of our joint project “Biofuels from eroded soils in India”.

Tests have shown that *Jatropha* biodiesel can be used in the pure form in vehicles that have the manufacturers' approval for 100% biodiesel use. Its level in other vehicles that run on petro-diesel can be up to a level of 20% without having negative effects. The use of 100% *Jatropha* biodiesel has been found to reduce exhaust emissions, particularly particulate matter (75% lower compared to that when petro-diesel is used) and hydrocarbons (50% lower).

SUITABILITY OF JATROPHA AS A SUBSIDIARY CROP IN SMALL HOLDINGS

The characteristics of *Jatropha* make it a good subsidiary crop in resource poor small farms. The small land holders may be encouraged to take up its planting as hedges or in sections of the plots as part of co-ordinated regional projects. The encouragement could be in the form of repayable cash-credits against suitable guarantees and/or seed purchase agreements at remunerable prices. Land where complete coverage with *Jatropha curcas* is to be promoted needs to be carefully demarcated. These has to be only those areas where conventional farming is at a disadvantage due to climatic and soil conditions.

The selection of planting material and establishment of nursery should be taken up by organisations with the necessary technical competence. The seedlings should then be distributed among the farmers and technical advice on plantation, agronomic interventions to maximise production, harvest and post-harvest treatment and storage of seeds need to be provided. Intercropping with suitable crops or vegetables (picture 3) should be made a pre-condition in small holdings as this has been observed to have a salutary effect on the development of the *Jatropha* plants and the generation of income over the short term.



Picture 3. *Jatropha curcas* intercropped with vegetables in a small holder farm

The project should be having a technical supervisory body with the suitable expertise on these aspects. This body could be entrusted with the function of setting up an economic model for the whole system based on the conditions existing locally and on input-production data from a few representative local pilot farms. This economic model would then be the basis for establishing a system for determination of assistance required for the different cultivation models.

Once the seeds are in the market, commercial firms can be mobilised to establish oil presses of appropriate size for demarcated regions and the further use of the oil as it is or its further conversion into biodiesel. Care should be taken to ensure the use of the seed cake locally. As mentioned before, the *Jatropha* seed cake has potential as an animal feed ingredient, but until suitable technology for this use is available, the seed cake need to be locally distributed as a biofertilizer cum biopesticide.

CONCLUSION

A properly planned strategy to encourage small and marginal farmers to cultivate *Jatropha* has potential to:

- Increase farm productivity and income
- Reclaim unused land wherever available
- Produce CO₂ neutral fuel
- Increase energy security on a regional basis
- Saving foreign exchange by reduction in import of fuels
- Diversification of crops and reduction of complete crop failure risks

Biodiésel en Países en Desarrollo

Juan Félix González González

Departamento de Ingeniería Química y Energética. Universidad de Extremadura,
Avenida. de Elvas s/n, 06071 Badajoz, ESPAÑA.
Tfno: +34-924-289619, Fax: +34-924-289601, E-mail: jfelixgg@unex.es

INTRODUCCIÓN

Un proyecto de cooperación para el desarrollo tiene su razón de ser en la identificación de las necesidades de la población, luego es necesario que a lo largo de su elaboración se propicie la participación de los beneficiarios de la actuación, así como que la transformación que se efectúe sea sostenible en el tiempo, hablando entonces de desarrollo sostenible.

Así pues, la identificación de un proyecto de cooperación es mucho más que la implementación de una tecnología determinada en un país del Sur; busca la mejora de las condiciones de vida integral de las personas que habitan, y que las actuaciones que se realicen puedan perdurar a lo largo del tiempo.

El desarrollo e implantación de este tipo de proyectos hay que encauzarlo dentro de varias vertientes, 1) disminuir la dependencia de los combustibles fósiles con objeto de diversificar las fuentes energéticas de un país, 2) mejorar el medio ambiente potenciando el uso de recursos renovables, 3) potenciar la economía de las zonas rurales utilizando las tierras abandonadas para cultivos energéticos dando lugar a un incremento del empleo en las mismas, 4) implementar la agroindustria energética.

BIOCOMBUSTIBLES. BIODIÉSEL.

Actualmente, la alternativa más interesante para los combustibles fósiles en el transporte es el uso de los biocombustibles, bioetanol y biodiésel. El desarrollo de estos biocombustibles en los Países de América Latina debe ser una realidad debido a que reúnen todas las condiciones para su implantación, alta disponibilidad de tierras arables con rendimientos agrícolas altos tanto para la producción de alcohol como de aceite. Además también, actualmente, están exportando oleaginosas para la producción de biodiésel en la Unión Europea.

El biodiésel constituye una fuente de energía renovable y además es biodegradable (el gasoil tiene un índice de biodegradabilidad de 112 días frente a un biodiésel que es de 28), con las ventajas medioambientales que ello produce. La utilización de biodiésel en motores de combustión presenta una serie de ventajas respecto al diesel convencional (reducción total de las emisiones de azufre, reducción

del monóxido de carbono, de las emisiones de partículas, no altera las emisiones de CO₂ debido a que el CO₂ generado en el proceso de combustión, se reabsorbe en el proceso de fotosíntesis en los cultivos necesarios para la producción). También presentan algunos inconvenientes (pérdida de potencia, residuos en inyectores y otros puntos, dilución del aceite del motor, ataca los compuestos de caucho, problemas de arranque en frío), pero que pueden minimizarse si el biodiésel se utiliza mezclado con gasoil.

Aunque el biodiésel no pueda desplazar totalmente el uso de combustibles fósiles para el transporte, si puede cubrir una parte importante de la demanda, fundamentalmente, para el consumo de autobuses urbanos y/o maquinaria agrícola. Esto proporcionaría cierto grado de autonomía a los países que implantasen este tipo de combustible en su cadena energética, además de ser una fuente de trabajo y un motor de desarrollo en regiones deprimidas económicamente.

OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL. TECNOLOGÍA

La transferencia de tecnología procedente de la investigación en plantas piloto y su posterior implementación resulta un complejo proceso, si a esta complejidad se añaden las situaciones propias de los países del Sur, el ejercicio de implementación de una planta de biodiésel en un país en vías de desarrollo supone un reto complejo y apasionante.

El proceso de obtención de biodiésel es sencillo, el más generalizado es la transesterificación “básica” ya que su tecnología es más madura, más amortizada y más barata, pero ello no significa que no haya que seguir investigando nuevos procesos que eliminen la etapa de purificación del biodiésel. Pues como es sabido, dicha etapa conlleva la eliminación del catalizador básico, eliminación de agua, separación de glicerina, eliminación de exceso de alcohol y mono, di y triglicéridos. El proceso de purificación del biodiésel se vería ampliamente mejorado con el uso de catalizadores heterogéneos, cuya investigación estamos realizando en este momento así como otros grupos de investigación internacionales.

ANÁLISIS DE UN PROYECTO DE COOPERACIÓN

La ejecución de un proyecto de biodiésel requiere un estudio en distintos ámbitos; siendo necesarios la realización de los análisis agronómico, industrial y económico sin obviar las características propias de un proyecto de cooperación.

a) Análisis agronómico

Respecto al análisis agronómico es difícil dar una única solución y que se óptima, y, por tanto, es necesario estudiar las plantas oleaginosas que se adapten mejor a cada zona, ya que la climatología es un factor determinante. Son muchas las plantas oleaginosas que pueden ser utilizadas, girasol, colza, soja, cynara, palma, Jatropha, ajonjolí, maní, soya, etc.

Nuestro grupo de investigación ha estudiado la producción de biodiésel a partir de aceites de colza, girasol, cynara, aceites fritos y grasas animales con buenos rendimientos. En nuestro grupo se estudia la

adaptación de plantas oleaginosas (diferentes variedades de cynara, girasol de alto oleico, colza y soja) en diferentes zonas de la región de Extremadura. Fruto de estos trabajos son las publicaciones en dos revistas internacionales (*Ind. Eng. Chem. Res.*, vol 38, 1999, 2927-2931; *Energy&Fuels*, vol. 16 nº 2, 2002, 443-450). Creo que para llevar a cabo un desarrollo de proyectos de biodiésel en América Latina es necesario este tipo de estudios previos que indiquen el tipo de oleaginosas que mejor se adapte a cada zona. Otra de las cuestiones que se debieran estudiar es la posibilidad de la recolección mecanizada, los avances realizados en la recogida de café pudieran indicar la posibilidad de la recolección automática, si bien debiera tenerse en cuenta también la importancia de la contratación de la mano de obra local, así como las condiciones topográficas de las tierras propiedad de los campesinos.

Uno de los problemas mayores en la utilización de biomasa consiste en el elevado volumen de materia biomásica que requiere ser movido, en este sentido resulta posible la ejecución de pequeñas almazaras en las cooperativas para transportar únicamente el aceite con el que se elaborará el combustible, o bien el transporte del fruto directamente a una planta almazara centralizada.

b) Análisis industrial

En lo referente al análisis industrial sería conveniente optimizar el proceso previamente a escala piloto para posteriormente ajustar el proceso con fines satisfactorios a escalas mayores, sobretodo para conocer si el producto final cumple la normativa vigente del país en cuestión. No obstante, si el producto final no cumpliera la normativa para su utilización como biodiésel (EN-14214 para la UE) podría utilizarse para la obtención de biolubricantes, se trataría de partir de metil o etil-ésteres y transformarlos en ésteres de mayor peso molecular y más ramificados mediante un proceso de transesterificación con un alcohol de mayor peso molecular y ramificado, liberándose el metanol o etanol que podría aprovecharse en otro proceso.

En este sentido, mi grupo de investigación (Grupo "Aprovechamiento Integral de Residuos Biomásicos y Energías Renovables, GAIRBER) estaría dispuesto a colaborar con ISF para llevar a cabo estudios de optimización del proceso de obtención de biodiésel a partir de aceites de plantas oleaginosas que se adapten adecuadamente a la climatología de los países iberoamericanos. Para ello se podría realizar previamente estudios en reactores de laboratorio de 1 L de capacidad y en una planta piloto de 200 l/carga.

c) Análisis económico.

Otra de las cuestiones abordadas a lo largo del desarrollo del taller es el análisis económico. En función de la capacidad de producción se analizó la viabilidad económica. En todo caso, parece necesaria la comercialización de subproductos tanto del aceite como del propio proceso de elaboración del biodiésel con objeto de buscar la rentabilidad del proyecto. Así será necesario dar aplicaciones a las tortas después de extraer el aceite de la semilla. Para ello habrá que evaluar las posibilidades de utilización de dichas tortas en la alimentación animal. Habría que buscar mercado para la glicerina que se genera en dicho proceso. En este sentido además de todas las aplicaciones normales (alimentación, cosmética, pastas de dientes, droguería y farmacia, productos de limpieza, poligliceroles, etc) también se puede utilizar como combustible en calderas de fuel-oil (10500 kcal/L) pues su poder calorífico es interesante (4300 kcal/L), algo inferior al primero. Se probaría en mezclas o sólo.

Otra de las cuestiones destacadas a lo largo del análisis económico es la importancia de las características propias de la mano de obra en la zona que se considera, resaltando de nuevo la necesidad de garantizar la colaboración e implicación de la contraparte si se desea garantizar el éxito del proyecto.

Es cierto que para dar uso al biodiésel como combustible alternativo al gasoil, es necesario obtener un producto de calidad que cumpla la normativa correspondiente. En el caso de Europa, si el combustible se comercializa mezclado con gasoil es necesario que cumpla los requisitos de la norma EN-590 y como biodiésel puro la norma EN-14214. También en el caso de los países sudamericanos es necesario que el biodiésel que se obtenga sea competitivo con los obtenidos por otros países. En ese sentido, mi grupo de investigación se comprometería, como ya se ha comentado, a participar en proyectos conjuntos para la elaboración de biodiésels de calidad que cumplan la normativa vigente a partir de plantas oleaginosas autóctonas de esos países.

CONCLUSIONES

Complejidad del proyecto, en relación a que es necesario que administraciones locales, agrarias, sociales, cooperativas, centros de investigación, etc., se pongan de acuerdo para implementar este tipo de proyectos, que desde el punto de vista industrial es posible, siempre que se les de salida a todos los subproductos que se generan en el proceso global.

La implementación de un proyecto de biodiésel en zonas deprimidas económicamente puede ser positiva ya que :

- Genera riqueza en zonas rurales y evita la despoblación de las mismas.
- Genera empleo en el sector agrario, industrial, creación de cooperativas, industrias de distribución, etc..
- Mejora las condiciones ambientales, como ya se ha comentado, y dado el carácter renovable de este tipo de combustible contribuye a un desarrollo sostenible.

El grupo de investigación GAIRBER estaría dispuesto a colaborar con iniciativas de este tipo para aportar un granito de arena al desarrollo sostenible de dichas zonas.

BIBLIOGRAFÍA

J.M. Encinar, J.F. González, E. Sabio, M.J. Ramiro. Preparation and Properties of Biodiesel from *Cynara Cardunculus L.* oil. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1999, 38, 2927-2931.

J.J. Rodríguez, and A. Tejedor. Biodiesel Fuels from Vegetables Oils: Transesterification of *Cynara cardunculus L.* Oils with Ethanol. *Energy&Fuels*, 2002, 16(2), 443-450.

“The Jatropha System” Integrated Rural Development by Utilisation of *Jatropha curcas* L. (JCL) as Raw Material and as Renewable Energy

Reinhard K. Henning

Rothkreuz 11, D-88138 Weissensberg, Germany
Tel: +49 8389 984129, e-mail: henning@bagani.de
see also: www.jatropha.org

1. INTRODUCTORY REMARKS

This paper contains only some information concerning “the Jatropha System”, just to understand its potential to contribute to rural development by its utilization.

A lot of information can be found on the Jatropha website for downloading: www.jatropha.org

The economic evaluation of the Jatropha activities in Tanzania are based on real data. In other countries the Jatropha activities also show positive economic results, as far as soap making is concerned. The economic use of Jatropha oil as fuel (direct or as biodiesel) depends very much on the level of rural labour costs, as well as on the price of diesel fuel, which is often substantially subsidized.

2. DESCRIPTION OF THE PLANT, DISTRIBUTION, ECOLOGY

Jatropha curcas L. (JCL) is a tall bush or small tree (up to 5 m high) and belongs to the euphorbia family. The genus *Jatropha* contains approximately 170 known species. The genus name *Jatropha* derives from the Greek *jatrós* (doctor), *trophé* (food), which implies medicinal uses.

The plant is planted as a hedge (living fence) by farmers all over the world around homesteads, gardens and fields, because it is not browsed by animals

2.1 Botanical description

Jatropha curcas L., or physic nut, has thick glabrous branchlets. The tree has a straight trunk and gray or reddish

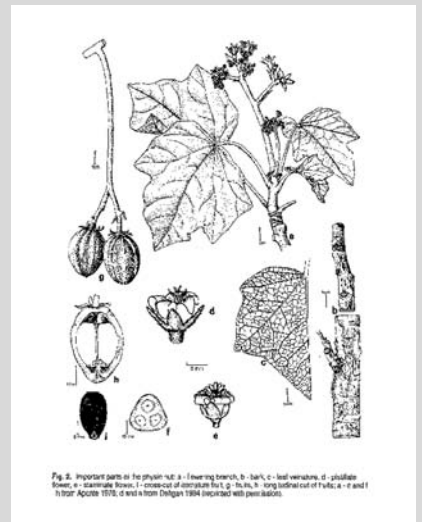


Fig. 2. Important parts of the physic nut: a - flowering branch, b - leaf venation, c - stipulate flower, e - arborescent flower, f - cross-cut of arborescent fruit, g - fruit, h - long radial cut of fruit, d - e and f - from Agreste 1976, d and e from Delgado 1984 (reproduced with permission).

bark, masked by large white patches. It has green leaves with a length and width of 6 to 15 cm, with 5 to 7 shallow lobes. The leaves are arranged alternately.

Dormancy is induced by fluctuations in rainfall and temperature/light. But not all trees respond simultaneously. In a hedge you may have branches without leaves, and besides ones full of green leaves.

The branches contain a whitish latex, which causes brown stains, which are very difficult to remove.

Normally, five roots are formed from seeds: one tap root and 4 lateral roots. Plants from cuttings develop only lateral roots.

Inflorescences are formed terminally on branches. The plant is monoecious and flowers are unisexual. Pollination is by insects.

After pollination, a trilocular ellipsoidal fruit is formed. The exocarp remains fleshy until the seeds are mature. The seeds are black and in the average 18 mm long (11 – 30) and 10 mm wide (7 – 11). The seed weight (per 1000) is about 727 g, this are 1375 seeds per kg in the average.

The life-span of the *Jatropha curcas* plant is more than 50 years.

Varieties (there are 3)

The Cape Verde variety is the one which is spread all over the world.

A *Jatropha* variety in Nicaragua has fewer, but larger fruits. The yield per ha seems to be the same.

A non-toxic variety exists in Mexico which is used for human consumption after roasting. It does not contain Phorbol esters. ("This non-toxic variety of *Jatropha* could be a potential source of oil for human consumption, and the seed cake can be a good protein source for humans as well as for livestock.", Becker et al, 1999).

2.2 Distribution

Jatropha curcas originates from Central America.

From the Caribbean, *Jatropha curcas* was probably distributed by Portuguese seafarers via the Cape Verde Islands and former Portuguese Guinea (now Guinea Bissau) to other countries in Africa and Asia. Today it is cultivated in almost all tropical and subtropical countries as protection hedges around homesteads, gardens and fields, since it is not browsed by animals.

2.3 Ecology

Jatropha curcas L. is not a weed. It is not self propagating. It has to be planted.

It grows well on marginal land with more than 600 mm of rainfall per year, and it withstands long drought periods. With less than 600 mm it cannot grow except in special conditions like on Cape Verde Islands, where the rainfall is only 250 mm, but the humidity of the air is very high (rain harvesting).

It cannot stand frost. It survives a very light frost, but it loses all leaves. The production of seeds will drop sharply.

3. DESCRIPTION OF THE JATROPHA SYSTEM

3.1 The Jatropha System

The Jatropha System is an integrated rural development approach. By planting Jatropha hedges to protect gardens and fields against roaming animals, the oil from the seeds can be used for soap production, for lighting and cooking and as fuel in special diesel engines. In this way the Jatropha System covers 4 main aspects of rural development:

- promotion of women (local soap production);
- poverty reduction (protecting crops and selling seeds, oil and soap);
- erosion control (planting hedges);
- energy supply for the household and stationary engines in rural areas.

The obvious advantage of this "Jatropha System" is that all the processing procedure, and thus all added value, can be kept within the rural area or even within one village. No centralised processing (like in the cotton industry) is necessary.

3.2 Possible Uses of the Jatropha Plant

- The Jatropha plant is used as a medicinal plant:
 - The seeds against constipation;
 - The latex / sap for wound healing;
 - The leaves as tea against malaria; etc.
- Jatropha is planted in the form of hedges around gardens or fields to protect the crops against roaming animals like cattle or goats;
- Jatropha hedges are planted to reduce erosion caused by water and/or wind;
- Jatropha is planted to demarcate the boundaries of fields and homesteads;
- Jatropha plants are used as a source of shade for coffee plants (on Cuba);
- In Comore islands, in Papua New Guinea and in Uganda Jatropha plants are used as a support plant for vanilla;

4. Economic Aspects

This is an example of a successful project in Tanzania. The Jatropha plant is already known by the population since a long time, but its utilization was limited to the use of the plant as protection hedge around homesteads and gardens. The seeds were not used.

The KAKUTE project convinced the Massai women as well as a women group in Mtu Wa Mbu, both near the Ngorongoro Crater, Arusha, Tanzania, of the interesting economic potential of this plant. Especially the medicinal property of the soap makes it interesting for the rural population. And KAKUTE was able to maintain the image of the soap to be a "medicinal soap".

4.1 Economy of Small Scale Jatropha Utilization in Tanzania (data from KAKUTE, 2003)

Collection of seeds			
Collection of seeds: 2 kg in 1 hour Sale of seeds: 150 TZS per kg			
Value added for 1 hour work	300 TZS	0,29 USD	per hour
Oil extraction			
1,0 hours of work to extract 1 litre of oil 0,5 filtering of the oil			
Input: Purchase of 5 kg of seed	750 TZS	0,71 USD	per litre
Depreciation/maintenance of ram press 0,04 USD / kg for 5 kg:	210 TZS	0,20 USD	per litre
Output: Sale of 1 litre of oil	2.000 TZS	1,90 USD	
Total of revenues	1.040 TZS	0,99 USD	
Value added for 1 hour work	693 TZS	0,66 USD	per hour
Soap making			
16 hours work for 252 bars of soap 10 hours for miscelenous work (organising purchase of oil, wrapping the soap, etc) 1 bar sold for 500 TZS Purchase of 20 litres of oil à 2.000 TZS = 40.000 Purchase of 3 kg of Caustic Soda à 2.000 TZS = 6.000 TZS Plasic for wrapping soap = 3.000 TZS			
Input: 20 l oil à 2.000 TZS	40.000 TZS	38,10 USD	
Plastic	3.000 TZS	2,86 USD	
Caustic Soda	15.000 TZS	14,29 USD	
Total input	58.000 TZS	55,24 USD	
Output: 252 bars à 500 TZS	126.000 TZS	120,00 USD	
Total of revenues for 26 hours work	68.000 TZS	64,76 USD	
Value added for 1 hour of work	2.615 TZS	2,49 USD	per hour

The added value by 1 hour of work of the utilization of the Jatropha plant can be summarized as follows:

- Collection / harvesting of seeds 0,29 USD
- Extraction of Jatropha oil with hand press 0,66 USD
- Soap making 2,49 USD

4.2 Economy of Small Scale Production of Jatropha Oil as Fuel in Tanzania

Production and utilization of Jatropha oil as fuel (price for Diesel in Tanzania in Nov. 2003: 650 TZS) has a positive result in the economic analysis, but only, if the raw material (Jatropha seeds) are not bought, but collected. If the revenues of the whole process are calculated in respect of the necessary working hours, an economic benefit is visible:

Extraction with hand press (Bielenberg ram press):

- **Labour costs:**

- In reality a rural worker gets about 10.000 TZS per month (technical assistant in a flower mill), but he will get some extras like housing, medicine, etc., which is difficult to calculate. Working 6 days a week and 8 hours a day, these are 190 hours a month. This gives a calculated salary on hour basis of 53 TZS.
- Usually it is too much to calculate with 8 hours of work daily, so we take 6 and get a payment per hour of 70 TZS.
- Officially the costs of labour is 1.200 TZS per day of 8 hours. So 1 hour is worth 150 TZS. To be on the secure side, we calculate also with 6 hours work per day and get 200 TZS per hour.

- **Depreciation of the hand press:**

- Price of the press: 150 USD, capacity: 5 kg seeds/h, lifespan: 5 years;
- Throughput in 5 years: 5 years x 10 hrs/day x 6 days/week x 50 weeks = 15.000 kg
- Depreciation: 150 USD / 15.000 kg = 1 cent / kg

- **Costs of the handpress:** Depreciation + maintenance = 1 + 1 = **0,02 USD per kg = 20 TZS/kg;**

- **Collection / harvest of seeds:** 3 kg of seeds can be harvested per hour (measured in Mali), 5 kg are needed for 1 litre of oil; i. e. the labour to collect/harvest 1 kg of seeds is: 1,7 hours.

- **Extraction of the oil:** Per working hour 1 litre of oil can be extracted by one person with a hand press. Additionally 1 hour is needed for purifying the raw oil (sedimentation, filtration); i. e. 1,5 working hours for the extraction of 1 litre of oil.

• Cost factors of oil production:	Harvesting/collecting seeds	= 1,7 hours/litre
	Extraction of the oil	= 1,5 hours/litre
	Depreciation/maintenance	= 0,10 USD/litre

- **Summary of costs:**

• Low cost calculation: (10.000 TZS/month, 144 hrs.)		
	3,2 hrs. at 70 TZS/hr	= 224 TZS
	costs of extraction (costs handpress):	= 100 TZS
	Total costs:	= 324 TZS

• High cost calculation: (1.200 TZS/day, 6 hrs.)		
	3,2 hrs. at 200 TZS/hr	= 640 TZS
	costs of extraction (costs handpress):	= 100 TZS
	Total costs:	= 740 TZS

- **Profit of oil production:**

High cost calculation:	= 650 – 740	= no feasibility
Low cost calculation	= 650 – 324	= 276 TZS/litre

- **Profit per working hour of oil production:**
 - **Structure of the costs:**
 - Sale of 1 liter of oil: 650 TZS
 - ./ costs of extraction (costs handpress): 100 TZS
 - Profit of the sale of 1 litre of oil at the price of diesel fuel 550 TZS

Profit: 550 TZS for 3,2 working hours, this are **172 TZS per hour** or **0,17 USD per hour**
This is almost 3-times the real salary of a rural worker
or almost the official minimum salary of 1.200 TZS a day (which is about 200 TZS/hr
(6 hours work per day).

Extraction with Sayari oil expeller:

Cost factors of oil production: Harvesting/collecting seeds = 1,7 hours
 Extraction of the oil (Sayari) = 150 TZS/litre

- **High cost calculation:** (1.200 TZS/day, 6 hrs.)

1,7 hrs. at 200 TZS/hr	= 340 TZS
Extraction 150 TZS	= 150 TZS
Total costs:	= 490 TZS
- **Low cost calculation:** (10.000 TZS/month, 144 hrs.)

1,7 hrs. at 70 TZS/hr	= 120 TZS
Extraction 150 TZS	= 150 TZS
Total costs:	= 270 TZS
- **Profit of oil production:**

- High cost calculation:	= 650 – 490	= 160 TZS per litre
- Low cost calculation:	= 650 – 270	= 380 TZS per litre
- **Profit per working hour of oil production:**
 - **Structure of the costs:**
 - Sale of 1 liter of oil: 650 TZS
 - ./ costs of extraction (Sayari expeller): 150 TZS
 - Profit of the sale of 1 litre of oil at the price of diesel fuel 500 TZS

Profit: 500 TZS for 1,7 working hours, this are **294 TZS per hour** or **0,28 USD per hour**

Conclusion

The estimation (transport costs, storage etc. are not considered) shows, that the production and sale of Jatropha oil as diesel substitute is economically feasible.

Using the hand press the official labour costs of 1.200 TZS are too high to produce the oil at a price below the diesel price at the pump.

But if somebody declares himself an entrepreneur, who collects/harvests Jatropha seeds and extracts them with a ram press, she/he will get a payment of 172 TZS per working hour.

Using a Sayari expeller, the profit will be higher. Even a high cost calculation shows some profit of 160 TZS per litre of oil, but if the calculation is done for a one person company, a payment of 294 TZS per working hour is calculated. This really seems to be a promising business.

4.3 Central Hypothesis.

This above presented calculation might be different in other countries with lower wages for rural work. But it also shows clearly, that the added value of Jatropha oil utilization for soap making is very high and that this is a real possibility of creating rural income without big initial investments.

Therefor a central hypothesis of the Jatropha System can be formulated:

The Jatropha System creates a positive reciprocity between raw material/energy production and environment/food production.

i. e. the more seeds/oil Jatropha hedges produce, the more food crops are protected from animals and erosion. Also additional income is created, mainly for women.

5. STRATEGIES TO DISSEMINATE THE KNOW HOW OF THE JATROPHA SYSTEM

A strategy to disseminate the know how of the Jatropha system should formulate different activities on 3 different levels:

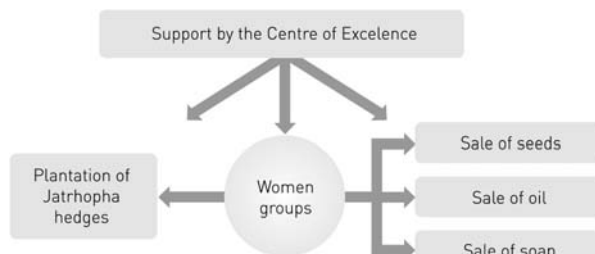
- a **local level**, i. e. farmers who plant Jatropha hedges to protect their crops, women groups who look for income, NGOs which look for possible actions to support rural development.
- These local activities should be supported by know how centres on a **national level**.
- These centres are supported by a promotion centre which acts on an **international level**.



5.1 Local level:

On a local level “Jatropha Project Modules” should be developed, which can be realized by development groups and/or small NGOs. The centre of such a module is an active women group, which is engaged to utilize the economic potential of the Jatropha System.

If Jatropha is not yet available, the project needs a preparatory time of 4 to 5 years to plant Jatropha and wait for the production



5.2 National level:

On a national level “Centres of Excellence” should be created in each country. They should play the role of a “know how centre” and support the implementation of Jatropha activities by groups and organizations of rural development.

Such a “Centre of Excellence” is a number of persons who are familiar with all the aspects of Jatropha production, oil extraction, soap production and marketing. These persons have to be up to date with regional development in extraction technology and marketing techniques (“eco-label”).

These persons can easily be invited by some organisations to start Jatropha projects in their region:

- Support of the supply of material & chemicals to projects; list of suppliers; Organisation of the exchange of information;
- Creation of a national JCL network; Support of the marketing of products; Facilitation of credits.
- Organization of national workshops;
- Looking for wholesale buyers for Jatropha soap and / or oil in national markets;
- Presentation of Jatropha products on agricultural & bio-product exhibitions (national / international);
- Approach of national / international trading companies of natural products.

5.3 International level:

On an international level a “Jatropha Promotion Centre” should be created, which supports the different “Centres of Excellence” by various activities:

- Publication of available and useful information concerning the application of the Jatropha know how into the internet. This internet presence will supply up to date information to all members of the “Centre of Excellence” and will facilitate the exchange of information between the “Centres of Excellence” in different countries.

- Organization of a Q & A service;
- Creation of a Jatropha network for mutual support and exchange of know how, including workshops, seminars and visits of different projects with different approaches and in a different socio-economic environment (capacity building);
- Publication of Jatropha information
- To keep the Jatropha network alive, regular workshops on regional level should be held, accompanied by some central seminars (capacity building);
- Supply of tools & blueprints & contacts with experts;
- The "Jatropha Promotion Centr" can also identify research topics and coordinate the work on these topics by different organisations / universities and distribute the results. Such topics could be:
 - Selection of high yield Jatropha plants (seeds, cuttings);
 - Selection of high oil yield Jatropha plants;
 - Selection of a pure line of the non toxic variety from Mexico (edible oil, press cake as animal feed);
- Establishment of a seed bank to provide Jatropha projects / initiatives with high yield and / or non toxic seeds;
- Conception of small scale projects, which can be financed by small donor agencies (modular project system) and executed even by small NGOs.
- Looking for export / import possibilities on international markets;
- Presentation of Jatropha products on agricultural & bio-product exhibitions (national / international);
- Approach of national / international trading companys of natural products.

Biodiesel in the EU and in development countries Overview on market perspectives and challenges

Anne Nuria Kemnitz

AN OVERVIEW OF THE EUROPEAN BIODIESEL “SUCCESS STORY”

The success of biodiesel in the EU is largely based on the multiple benefits that are perceived to be generated by this clean fuel, produced from vegetable oils, recycled oils or even animal fats. Besides acting as a solution to cut rising oil import bills and to relief the shortage of diesel on EU consumer and commercial markets, biodiesel use has contributed to the EU's commitment to reduce greenhouse gas emission reduction under the Kyoto protocol, while offering new opportunities for the EU agricultural sector. Biodiesel is today on the track to become a key transport fuel in the EU.

As EU biodiesel production has expanded to over 3 million tonnes in 2005, consumers have taken increased interest in biodiesel and biofuels. This interest is reflected in the substantial media attention received by the biodiesel industry, both by financial and national media and their local equivalents. The wide-spread debate on biofuels in the EU has also been triggered by the “Biomass Action Plan” and the “EU Strategy for Biofuels”, published recently by the EC Commission.

Despite the rising interest in biodiesel, many consumers are not aware that biodiesel is already widely available as a low blend in most European petrol stations. This is because low biodiesel blends do not require adaptations to be made to vehicles or separate pumps to be set up, as the EN 590 standard for diesel allows for a 5% percentage of biofuel to be mixed into standard diesel without labelling. Only in few countries, consumers have the option to choose for 100% biodiesel. In Germany for example, biodiesel is marketed in its pure form as “B100” at more than 2000 petrol stations across the country, contributing to consumer awareness about biodiesel.

Although the European biofuels market has become the most advanced in the world, the 2% biofuels target set by EC Directive 2003/30 for 2005 has not yet been reached by most EU Member States. Those countries that achieved higher biofuels market shares typically had put in place a favourable legislative framework, which also seems to be the case in non-EU countries with a biodiesel industry. A comparison of the situation for biodiesel across the world suggests that the issues and challenges related to expanding biofuels markets are similar across the globe, and that optimal solutions will need to be found in common.

THE EUROPEAN APPROACH TO BIOFUELS PROMOTION

The EU is strongly supporting the use of biodiesel and biofuels. Over the past three years, Europe has emerged as world leader in biodiesel production.

In October 2003, the unanimous and definitive adoption by the EU Council of Ministers of a new EC Directive on Energy Taxation established pan-European rules for the detaxation of biodiesel and biofuels. This new legislation came as a second milestone of the overall EU strategy in favour of biofuels, requesting Member States to take measures to increase the use of biofuels to 2% by 2005 and 5,75% by 2010. Although these targets are non-mandatory, they have a high political value, and the EC Commission is closely monitoring Member States progress towards these targets. Under the infringement procedure, the EC Commission can request individual countries to provide reasons for not meeting the targets, and can – at last resort – call on the European Court of Justice to pronounce on the matter. At present, the EC Commission is revising EU biofuels legislation (EC Directive 2003/30), which may result in mandatory targets at EU or Member States level. This process is due to be finalised by the end of 2006.

As long as biodiesel production costs are still higher than those of mineral diesel, a favourable policy framework and political support seem essential for the successful development of a biodiesel industry. In the EU, most Member States have now transposed the EU biofuels legislation into national law, or are currently finalising this process. Mechanisms to promote of biofuels production and consumption include a variety of tax incentive models and – or – mandatory targets. The overall implication is that there is no such “one” biofuels policy in Europe. Instead, each country has transposed EC Biofuels Directives in a specific way, responding to the national context.

The European standard definitions for mineral diesel – EN 590 – and for pure biodiesel – EN 14214 – have played another important role for the development of a biodiesel industry in the EU. These product standards ensure that consumers across the EU can purchase a high-quality product.

Particularly, the EN 590 standard for diesel allows for a blend of 5% of biodiesel without that labelling is required, and this maximum for the biodiesel component may soon be increased, possibly to 10%. If biodiesel is used in its pure form, or as “B100”, minor modifications (seals, piping) are required, unless specifically guaranteed by car manufacturers. In every case with blends and in most cases with B100, no changes in the distribution system are required for the transport sector. This helps avoiding expensive infrastructure changes and has resulted in wide-spread acceptance of this fuel by the mineral oil and car industry.

Driven by wide-spread support and supportive legislative frameworks across the EU, the production of biodiesel production has increased nearly ten fold since 1998, amounting to around 3,1 million tonnes in 2005. This marks a 65% increase when compared to 2004 biodiesel production. As for 2006, biodiesel production capacities are estimated to reach more than 6 million tonnes, up from around 4,3 million tonnes in 2005.

Today, the leading biodiesel producers in Europe are Germany, France, Italy, Poland, Czech Republic and Spain, but new capacities are expected to come on stream over the coming years, including in the Netherlands, UK and Sweden where biodiesel has so far only been produced at a limited level. Bioethanol, the other major biofuel, reached a market share of around 20% in 2005, and it is mainly produced in the US and Brazil.

Although Europe was the first to develop a large scale biodiesel industry, this biofuel is becoming more and more a world-wide reality and many countries have developed legislations or strategies to promote biofuels, notably the US, Brazil, Malaysia, Thailand and India.

THE ROLE OF BIODIESEL IN EC AND INTERNATIONAL DEVELOPMENT COOPERATION

Biofuels (i.e. both biodiesel and bioethanol) have a potential for international development policy and represent the main solution today to tackle the problem of GHG emissions in the transport sector, which is heavily dependent on fossil energies and imports (especially diesel imports in Europe). In most parts of the world, transport is the only industrial sector where GHG emissions keep rising (around 20% in the period 1990-1999), and so far no other alternative energy options apart from biofuels are widely available and are competitive with mineral diesel.

The development of a biodiesel industry can occur at different scales and contribute to different objectives. Poverty reduction and development in rural areas is one of these objectives. The production of biodiesel, using appropriate technologies can serve as an outlet for rural communities to generate an alternative source of income and employment, while reducing livelihood vulnerabilities related to a dependency on fluctuating mineral oil prices.

Recent studies undertaken in France and Germany suggest that up to 20 jobs can be generated per 1000 tonnes of biodiesel produced, depending on the specific raw materials and technologies used. Although this employment output is based on the EU production context, the general conclusion is that investments into biodiesel production can constitute an important measure to contribute to job creation and development in marginalised areas.

To analyse the market perspectives and challenges for an emerging global biodiesel market, the specific local climatic conditions, available raw materials base and rural development objectives need to be taken into consideration. Besides a supportive legislative framework at national level, the availability of funds for bio-energy investments play an important role for the perspectives of a biodiesel industry in a developing country context.

The World Bank and EBRD are amongst the major donor organisations that have designated funds specifically for the development of biodiesel projects. The EU, under the so-called “Coopener Programme” promotes capacity-building and training related to biodiesel production in developing countries. The underlying objective of this EC Commission initiative is to strengthen local policies and legislation and to encourage sustainable energy services for poverty alleviation and sustainable development.

LOOKING AHEAD: THE FUTURE OF BIODIESEL IN A GLOBALISING WORLD

Across the world, the main challenge faced by the biodiesel industry today seems to relate to enhanced cooperation with national institutions to demonstrate biofuels shortages together with the irreplaceable role of biofuels to reduce GHG emissions from the transport sector.

The creation of a real international market for biodiesel and biofuels, as has already been suggested by the IEA, will become more and more central as the quantity and the exchanges of biofuels will progress. However, such a market will need to take into account the specificity linked to the different legislations and detaxation programmes supporting biofuels at national level, as well as the necessity of processing raw materials locally in order to be environmentally efficient and justify financial support.

To conclude, an international global cooperation on biofuels may need to be relaunched in order to realise the full potential of biodiesel in terms of reduced imports dependence, GHG emission reductions, rural development, poverty reduction, and public health for developing countries benefiting. Such cooperation has also been proposed recently by the EC Commission in the frame of the “Biomass Action Plan” and “EU Strategy for Biofuels”.

A crucial aspect constituting such cooperation will be the design of a rural and efficient support system for growing agricultural raw materials for biofuels production. The development of certification systems for biofuels raw materials production, such as in the frame of the Round Table on Sustainable Palm Oil Production seems to provide an important basis for an emerging global market for biodiesel and biofuels.

El biodiésel ante los retos futuros

Magín Lapuerta

Universidad de Castilla-La Mancha

El petróleo se agota, y sus precios no cesan de subir. Ya resulta ingenuo pensar que este crecimiento es parte de una fluctuación. El panorama energético debe cambiar rápidamente, y ante la alternativa nuclear, las opciones basadas en las energías renovables deben cumplir los retos marcados, y superar las dificultades que van surgiendo.

En estos momentos, el sector del transporte y en particular de transporte por carretera, está siendo señalado acusadoramente por no estar sujeto a los mecanismos puestos en marcha a raíz del Protocolo de Kyoto, cuando paradójicamente contribuye más que ningún otro sector a las emisiones de CO₂. La búsqueda de alternativas a los combustibles convencionales (gasolinas y gasóleos) que vayan acompañadas de argumentos medioambientales favorables se hace acuciante. Se señala al hidrógeno como vector energético entre la fuente energética y la propulsión, pero su implantación industrial está lejos de poder alcanzarse. Entre estos dos momentos, el actual y el futuro aún incierto, el papel de los biocarburantes debe tomar protagonismo, y su desarrollo justifica grandes esfuerzos en investigación, en inversiones, en difusión e imagen, y por parte de la administración, en mantener las ventajas fiscales y las ayudas a la inversión, así como en organizar su logística. En el momento presente y en España, la avalancha de iniciativas de producción de biocarburantes no va todavía acompañada de la adecuada planificación, infraestructura logística y difusión pública.

Los biocarburantes (biocombustibles de automoción) son combustibles líquidos de origen renovable, pero eso no significa que su combustión en el motor de los vehículos no genere emisiones de CO₂. Las genera, y no inferiores (al menos por unidad de potencia desarrollada) que las que genera un combustible convencional. Sin embargo, su contribución al equilibrio atmosférico de CO₂ es muy importante, pues las emisiones se contrarrestan durante el crecimiento de la biomasa de la que proceden. Por tanto, la implantación del biodiésel como combustible de forma mucho más extensa que la actual puede ser una solución ambivalente para el problema de las reservas y para el de las emisiones. Pero no es nada fácil sustituir a un elemento, la gasolina o el gasóleo, perfectamente integrado en el sistema: elevadísima densidad energética, que se traduce en grandes autonomías para los vehículos, gran estabilidad, lo que facilita el almacenamiento, fácil manipulación, buenas propiedades de inflamabilidad, además de un largo recorrido en el proceso de optimización (ya se considera una variable de diseño más) de los motores, y en el de familiarización del usuario. Por tanto ¿cómo incentivar su consumo? Se proponen a continuación tres requisitos imprescindibles para lograrlo:

1. Garantizar la calidad del biodiésel. El cumplimiento de la norma de calidad europea EN-14214 resulta muy difícil en las circunstancias españolas, y mucho más puede resultar en países en vías de

desarrollo. Una de las limitaciones más exigentes es la estabilidad a la oxidación. Los biocarburantes son biodegradables, pero eso implica que son menos estables y ello dificulta su logística. La exigencia de estabilidad obliga a aditivar encareciendo el producto. Otras limitaciones están más asociadas a la calidad del proceso productivo. Las especificaciones de calidad se han incumplido frecuentemente en los últimos años, en parte por la falta de controles de calidad, de los que es responsable la administración. No obstante, la normas de calidad europea o americana no son necesariamente trasladables a otros países con circunstancias diferentes.

2. Reducir el precio de venta del biodiésel. El biodiésel se vende en la actualidad casi siempre más caro que el diesel por unidad energética. El frecuente desconocimiento de su menor poder calorífico facilita su comercialización al mismo precio por litro, pero el usuario acaba detectando un consumo proporcionalmente mayor, y atribuyendo éste a un peor rendimiento o a una peor combustión. Todo ello influye en el deterioro de la imagen del biodiésel.
3. Mejorar de la imagen del biodiésel. Este requisito es consecuencia directa de los dos requisitos anteriores. A menudo el biodiésel es una incógnita ante la que fabricantes de automóviles, fabricantes de componentes, compañías petrolíferas, talleres mecánicos y usuarios, responden con grandes recelos. Pero la imagen del biodiésel puede mejorarse difundiendo sus ventajas medioambientales, energéticas y socioeconómicas, y la ausencia de problemas que su utilización genera en los componentes de los motores, cuando ésta tiene lugar en condiciones propicias.

Aunque el precio de venta del gasóleo en el surtidor pueda servir como referencia para el del biodiésel, éste también está restringido por los costes de producción y de la materia prima, costes que están sometidos a grandes incertidumbre debidas a la falta de garantías de suministro, a la posible competencia con otros consumos como la alimentación y a la variabilidad en aspectos tales como la producción agrícola, los precios de las semillas, del propio aceite o del transporte, las cuantías de las subvenciones de la PAC, etc. Y mientras no se consoliden los métodos de producción de biocarburantes a partir de biomasa lignocelulósica (procesos Fischer Tropsch a partir de gas de gasificación, hidrólisis-fermentación para producir bioetanol, etc.) o se puedan utilizar eficientemente materias primas residuales o de menor competencia (aceites usados, grasas animales) es poco probable que dichos costes puedan reducirse mucho. El biodiésel procedente de oleaginosas convencionales es, en este sentido, uno de los biocarburantes con más escaso margen de abaratamiento en el futuro. Sin embargo, existen ciertas medidas que pueden ayudar económicamente al biodiésel, y contribuir al cumplimiento de los anteriores requisitos:

1. Inclusión del sector transporte en el esquema europeo de comercio de derechos de emisión. El consumidor de biodiésel tiene pendiente los beneficios derivados de la inclusión en el régimen de comercio de las emisiones difusas, en concreto del transporte por carretera. En dicho esquema, las emisiones de CO₂ por los motores diesel se benefician de un factor de emisión nulo (en rigor debería ser casi nulo, pero no estrictamente nulo). Dichos beneficios repercutirían tanto sobre el usuario (menor precio del biodiésel) como sobre la empresa productora de biodiésel (mayor demanda).
2. La asignación de derechos de emisión de CO₂ a las plantas de producción de biodiésel, sobre la base de una idéntica producción de combustibles de automoción que las refinерías de hidrocarburos (en realidad son refinерías de hidrocarburos oxigenados), pero en base energética (por Julio), no en base volumétrica. Si dicha asignación se hace en base a las asignadas a las refinерías (como tecnología de referencia (“*benchmark*”), la planta productora de biodiésel podrá, sin duda, vender derechos, ya que:

- La energía necesaria para una reacción de transesterificación es muy inferior a la necesaria para una destilación completa del crudo, ya que la temperatura requerida es muy inferior.
- Desaparece una de las operaciones de mayor gasto energético (y por tanto emisiones de CO₂) como es la hidrodesulfuración, ya que el contenido de azufre del biodiésel es, de por sí, muy bajo. Esta ventaja es, además, cada vez mayor, ya que las necesidades de desulfuración son crecientes (10 ppm obligatorias a partir de 2009).

Ello conduciría a un beneficio, que inversamente al punto 1, repercutiría también sobre el consumidor (permitiría abaratar el precio del biodiésel) y por supuesto, sobre el medio ambiente.

3. Internalización de los beneficios derivados de la menor emisión de partículas. En un momento (el actual) en que la preocupación por las emisiones de partículas es creciente (producto de la dieselización exagerada en Europa, y especialmente en España), el sector del biodiésel debe reivindicar esta ventaja medioambiental.

El reto que tiene por delante el biodiésel es enorme, pero tiene potencial para afrontarlo, y además tiene que hacerlo antes de que finalice el periodo de tratamiento fiscal favorable del que disfrutan (hasta el 2012). Mucho es lo que les queda por mejorar y por demostrar al biodiésel para fortalecer su posición en el mercado. Deben optimizarse sus procesos productivos, mejorando el producto y aprovechando sus co-productos. Debe ampliarse la gama de materias primas con el fin de asegurar el suministro de éstas. Debe estudiarse su comportamiento en los transitorios de motor (responsables de la mayor parte de las emisiones, sobre todo en las ciudades) y adaptar los sistemas de control de éstos a los nuevos combustibles. Debe conocerse mejor su comportamiento a largo plazo (su tendencia a formar depósitos, o bien a disolverlos, su mayor o menor tendencia a la obstrucción de filtros, a la corrosión y los desgastes de las piezas, etc.). Y deben estudiarse otros efectos ambientales sobre los que los biocarburantes quizá tengan cierta desventaja, como el tamaño de las partículas o la reactividad atmosférica de los hidrocarburos emitidos. El conocimiento de todos estos efectos permitirá defender con más autoridad la posición que les corresponde a los biocarburantes, y el papel que deben jugar en el futuro.

Los biocombustibles líquidos para el transporte en América Latina¹

**Hugo Lucas
Marie N. Faillenot**

El fuerte impacto ambiental de los combustibles fósiles, la escalada del precio del barril de petróleo que ha pasado de 10 \$/barril de media en 1998 hasta los 54,5 \$/barril en 2005, así como la fiabilidad y madurez tecnológica que están demostrando las tecnologías de producción de energía a partir de fuentes renovables está llevando a la mayor parte de los países a tomar medidas para iniciar la transición a una economía no basada en el petróleo.

La Conferencia Internacional sobre Energías Renovables celebrada en Bonn en junio de 2004, puede considerarse como un punto de partida en el camino hacia el cambio de modelo energético. De los veintiún países de América Latina sólo Bolivia, Belice, las dos Guayanas y Surinam faltaron a la cita de Bonn. En la XV Cumbre Iberoamericana celebrada en Octubre 2005, el bloque de países de Centroamérica puso de relieve el castigo severo que para sus economías suponía el alto precio del crudo.

LOS BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS COMO SOLUCIÓN A CORTO PLAZO PARA EL TRANSPORTE

Quizás el mayor reto energético a corto plazo para la mayoría de los países desarrollados, reside en buscar alternativas al petróleo en el sector del transporte.

A nivel mundial el sector del transporte es el mayor consumidor de petróleo. En el año 1973 el consumo de petróleo era de 2.141 Mtep y el transporte representó el 42,3%; este porcentaje se elevó en el año 2002 hasta alcanzar el 57,2% de la demanda de petróleo que a su vez alcanzó la cifra de 3.054 Mtep.

Las únicas alternativas a los combustibles fósiles planteadas en el transporte son el Hidrógeno y los biocombustibles líquidos, siendo los biocombustibles la única posible a corto plazo.

1. Publicado en *Energías Renovables*, nº 45, Marzo 2006.

La utilización de biocombustibles líquidos para el transporte, además de contribuir a mitigar el impacto económico negativo de la importación de combustibles fósiles, mantiene y desarrolla el empleo agrícola, reduce la dependencia energética, desarrolla una nueva agroindustria y mejora la calidad de los combustibles.

En América Latina se dan además, circunstancias que podrían acelerar el desarrollo de esta industria. Es una región con alta disponibilidad de tierras arables con rendimientos agrícolas altos, tanto para cultivos alcoholígenos como oleaginosos, cuenta con el caso ejemplarizante de Brasil que ha introducido exitosamente a gran escala el bioetanol en su matriz energética. Por todo ello, gobiernos y empresas de la región empiezan a tener expectativas de producir no sólo para sus mercados nacionales si no con vistas a exportar a la Unión Europea.

Por último, firmes están siendo los pasos de la Unión Europea en la consecución de sus objetivos en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo de energías renovables y un pilar fundamental es el consumo a gran escala de biocarburantes. La Comisión Europea tanto en el Plan de Acción de la Biomasa hecho público el 7 de diciembre de 2005, como en la comunicación del pasado 8 de Febrero de 2006 sobre una estrategia para los biocarburantes en la Unión Europea propone entre otras medidas el apoyo a los países en vías de desarrollo en una producción sostenible de biocarburantes o sus materias primas para su importación a Europa.

A continuación se repasa el panorama actual de las principales iniciativas de promoción de los biocarburantes que se están llevando a cabo en estos momentos en América Latina.

BRASIL PIONERO Y LÍDER MUNDIAL EN BIOCABURANTES TRAS LA INTRODUCCIÓN DEL BIOETANOL DESARROLLA UN AMBICIOSO PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y USO DE BIODIÉSEL

El 43,6% de la energía primaria consumida en Brasil es de origen renovable, el 29% procede de la biomasa y el resto de la energía hidroeléctrica.

Brasil fue el primer país en introducir a gran escala los biocarburantes con el desarrollo del programa PRO-ÁLCOOL a lo largo de la década de los setenta.

En la actualidad el bioetanol representa el 15,4% de los combustibles consumidos en el transporte, 40% del bioetanol consumido es bioetanol hidratado para motores que funcionan 100% con alcohol el resto corresponde a bioetanol anhidro presente en toda la gasolina comercializada.

Si bien a finales del 2004 Brasil seguía siendo el mayor importador neto de crudo y derivados en América Latina, la política energética de Brasil tiene el objetivo principal de asegurar el suministro intensificando la exploración y producción de petróleo y promoviendo las energías renovables. En el caso concreto de los biocarburantes la medida más reciente es el lanzamiento en Diciembre de 2004 del Programa Nacional de Producción y Uso del Biodiesel.

En doce meses el programa ha organizado la cadena productiva, publicado el marco regulatorio, definido líneas de financiación y estructurado una estrategia de investigación tecnológica.

El marco regulatorio para garantizar el mercado, se ha desarrollado en la Ley N° 11.097, aprobada en Enero de 2005, estableciendo una trayectoria de crecimiento del uso comercial del biodiésel. Entre 2005 al 2007, el uso de la mezcla del 2% de biodiésel al diesel será mediante autorización. En el período entre 2008 al 2012, la adición del 2% será obligatoria. El volumen de adición obligatorio será elevado al 5% a partir 2013. El Consejo Nacional de Política Energética podrá anticipar los plazos, que dependerán del éxito alcanzado en el ingreso del biodiésel en el mercado nacional. El mercado creado tiene un potencial de comercialización de 800 millones de litros de biodiésel año.

Líneas de financiación. Para promover un mayor impacto positivo de esta nueva agroindustria entre la población rural se ha definido el concepto de Combustible Social que es el biodiésel producido con materia prima adquirida a pequeños agricultores. Para fomentar esta actividad los productores de Combustible Social tienen acceso a exoneraciones de impuestos. En la actualidad ya tienen el reconocimiento de productores de Combustible Social diez plantas de biodiésel.

Para evitar cuellos de botella a lo largo de toda la cadena productiva del biodiésel se han habilitado fondos específicos para financiación ventajosa tanto de plantas de producción de biodiésel como para equipos necesarios para el cultivo y el almacenamiento.

Por último, la estrategia de investigación tecnológica se basa en un plan de investigación y desarrollo tecnológico con la finalidad de superar las barreras tecnológicas que puedan surgir con la utilización de aceites autóctonos no tradicionales, garantizar la calidad del combustible y avanzar en materias como el almacenamiento y usos de los co-productos.

COLOMBIA SIGUE LOS PASOS DE BRASIL Y TRAS EL EXITOSO INICIO DE LA INTRODUCCIÓN DEL BIOETANOL TRABAJA PARA EL DESARROLLO DEL BIODIÉSEL

El 28 de Octubre de 2005 se inauguró en Colombia la primera de las cinco plantas que producirán bioetanol anhidro. Desde el 1 de Febrero de 2006, toda la gasolina comercializada en Bogotá y en las principales urbes de los municipios colindantes, llevan incorporada un 10% de bioetanol, su uso se irá extendiendo progresivamente a todo el territorio. Estos son los primeros logros de una larga marcha emprendida en el uso de los biocombustibles por un país que pretende además retirar progresivamente los subsidios al combustible fósil.

El marco legal desarrollado se inició en Septiembre de 2001 con la publicación de la Ley 693 que recoge entre otros conceptos la obligación por parte de los distintos Ministerios de desarrollar reglamentación para el uso de la biogasolina y para la producción del alcohol, permitiendo a su vez que ésta pueda ser llevada a cabo por la iniciativa privada. Legislación posterior exonera al bioetanol de impuestos especiales y del IVA, además de establecer la garantía de compra por parte de los distribuidores mayoristas al precio fijado por el Ministerio de Energía.

El biodiésel por su parte también cuenta con su programa de promoción en Colombia iniciado a finales del 2004 con el que se pretende conseguir que en Enero de 2008 se empiece a comercializar diesel mezclado con biodiésel. En la actualidad ya se cuenta con una legislación con exoneraciones fiscales y una reglamentación en materia de calidad.

ARGENTINA PENDIENTE DE LA APROBACIÓN DEL MARCO LEGISLATIVO DE PROMOCIÓN DE LOS BIOCARBURANTES

Desde Noviembre de 2004 Argentina cuenta con un Programa Nacional de Biocombustibles, promovido por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, fundamentado en el hecho de que Argentina dispone de grandes extensiones de tierras aptas para el desarrollo de cultivos oleaginosos tradicionales. Además aprovechando la gran diversidad de ecosistemas del país se está estudiando la viabilidad de la producción de biodiésel con cultivos no tradicionales tales como el tung (*Aleurites fordii*) el cártamo (*Carthamus tinctorius*).

Para apuntalar el desarrollo sostenible de la industria de los biocombustibles líquidos en Argentina la principal acción del Programa ha sido el diseño de un marco jurídico favorable. El 1 de Diciembre de 2004 el Senado aprobó el Proyecto de Ley relativo al régimen promocional para la investigación, desarrollo, generación y uso de biocombustibles y derivados oleoquímicos.

El Proyecto de Ley recoge entre otros aspectos, la obligatoriedad de incorporar un 5% de bioetanol o biodiésel a toda la gasolina y diesel respectivamente, que se comercialicen en el territorio nacional. Exoneración de impuestos para el biocombustible y estabilidad fiscal en un periodo de quince años. Fomento del uso de biocombustibles en flotas cautivas de carácter público y en parajes singulares y la promoción de la investigación sobre la producción y uso sostenible de los biocombustibles.

Dado el tiempo transcurrido desde la presentación del Proyecto de Ley al Parlamento se espera que este se pronuncie antes del mes de Abril del presente año. Se estima que de aprobarse la Ley, en el año 2008 se consumirían en Argentina 665 millones de litros de biodiésel y 200 millones de litros de bioetanol.

ECUADOR DESARROLLA UN PLAN DE PRODUCCIÓN Y USO DE BIOALCOHOL PARA REDUCIR LAS IMPORTACIONES DE GASOLINAS DE ALTO OCTANO

A finales del 2004 se aprobó la creación del Consejo Consultivo de Biocombustibles responsable de la redacción e implementación del "Programa de fomento a la producción y uso del bioetanol anhidro".

Hasta la fecha se han realizado análisis de: potenciales de producción, la futura demanda, las barreras, los costes y se ha diseñado un plan en dos fases. La primera fase consiste en la puesta en marcha de un plan piloto para la mezcla de un 10% de bioetanol anhidro en toda la gasolina consumida en la ciudad de Guayaquil. La segunda fase, mediante la aprobación de un marco legislativo, obligará a incorporar un 10% de bioetanol en toda la gasolina comercializada en el país lo que supondrá más de 200 millones de litros al año.

Actualmente se trabaja en las adaptaciones de la infraestructura de la terminal de hidrocarburos de Guayaquil para la implementación de la primera fase la cual se espera esté terminada en Julio de 2006. Además se está discutiendo el mecanismo que, durante la segunda fase del Programa, servirá para la formulación del precio a pagar por el bioetanol por parte de Petroecuador a las destilerías.

CASI NINGÚN PAÍS DE AMÉRICA DEL SUR SE QUIERE QUEDAR ATRÁS

Uno de los últimos países de América Latina en promover legislación favorable a la producción de los biocombustibles ha sido **Bolivia**. El Gobierno promulgó en Noviembre de 2005 la Ley 3207 fijando incentivos fiscales a la producción del biodiésel.

A falta de desarrollar un Reglamento, la Ley estima que en dos años se incorporará un 2,5% de biodiésel al diesel comercializado en todo el país, incrementándose anualmente este porcentaje hasta llegar al objetivo del 20% en el 2015.

Los principales instrumentos para lograr dichos objetivos son la consideración del biodiésel como aditivo, con lo que se le concede la exención de los impuestos a los hidrocarburos y la liberación del pago de hasta el 50% de los impuestos a las empresas cuya actividad sea la producción o la comercialización del biodiésel.

Paraguay a finales del 2005, concretamente el 7 de Octubre aprobó la Ley 2748 de fomento de biocombustibles. La Ley establece la obligatoriedad de mezclar los combustibles fósiles con biocarburantes si bien el porcentaje de la mezcla se establecerá en el posterior Reglamento. Además los gobiernos de Paraguay y Estados Unidos han firmado una alianza para la transferencia de conocimientos y tecnología en esta materia.

Por último, si bien **Uruguay** cuenta con un marco de reducción de las cargas fiscales para el biodiésel, no ha sido suficiente aún para su integración a escala industrial en la matriz energética del país. En cualquier caso existen tres plantas, una en Paysandú, planta pionera construida con aportaciones públicas y con objetivos de investigación, que elabora el biodiésel a partir de aceite de girasol; y dos plantas situadas en Montevideo que trabajan con aceites de fritura usados y grasas animales respectivamente.

CENTROAMÉRICA Y MÉXICO SIGUEN DISCRETAMENTE EL CAMINO DE SUS VECINOS DEL SUR

Tras las crisis energéticas de finales de los años setenta, varios países de Centroamérica intentaron sin éxito la introducción del bioetanol. Guatemala, El Salvador y Costa Rica comercializaron mezclas de gasolina con alcohol, pero no lograron seguir adelante por problemas de calidad y precios. Sin embargo, estos países mantienen su capacidad y exportan este biocombustible a los Estados Unidos.

Las acciones encaminadas a la producción de bioetanol vuelven a estar presentes en la región donde la industria azucarera ha creado la Asociación de Combustibles Renovables de Centroamérica, para promover el apoyo gubernamental y la creación de un marco legal favorable a la producción y uso del bioetanol.

En **Costa Rica** se están empezando a ver los frutos con la decisión firme de incorporar bioetanol en todas las gasolinas comercializadas para lo que se ha creado una comisión técnica de trabajo que debe formular, identificar y diseñar estrategias para el desarrollo del etanol anhidro.

En lo que se refiere al biodiésel, si bien todavía no se ha desarrollado una producción a escala industrial si merece la pena mencionar la experiencia de El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua.

El Salvador está en fase de construcción de la primera planta piloto de biodiésel del país que procesará semilla de higuierillo (*ricinus comunis*) en la localidad de San Miguel. Los ensayos realizados por el Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA) avalan el uso de este biodiésel en motores.

En **Guatemala**, con aportaciones económicas de los programas de cooperación de Finlandia, entrará en breve en funcionamiento una planta piloto de producción de biodiésel a partir del aceite de la semilla de *Jatropha curcas*, una planta conocida localmente como piñón.

La asamblea legislativa de **Honduras** está en vía de discutir un Proyecto de Ley para regular el comercio de una mezcla de 98% de diesel y 2% de biodiésel. Además, con fines de investigación, desarrollo y demostración se han llevado a cabo pruebas del uso de este biocombustible en la flota cautiva de autobuses de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Si bien la actualidad no es especialmente prometedora, **Nicaragua** cuenta con la primera experiencia de producción de biodiésel en la región. En la década pasada, una empresa estatal con apoyo del gobierno austriaco desarrolló una plantación una planta procesadora de frutos de *Jatropha curcas* para la producción de biodiésel. Si bien el componente tecnológico de esta experiencia piloto resultó satisfactorio los rendimientos drásticamente decrecientes del cultivo llevaron el proyecto al fracaso.

Para terminar el repaso a la actualidad de los biocombustibles líquidos para el transporte en América Latina, en **México** el hecho de entrar en competencia con el monopolio estatal de los hidrocarburos ha desanimado hasta la fecha las tímidas iniciativas de autoabastecimiento de flotas cautivas con biocarburantes. Pero el panorama podría cambiar, si bien el camino es largo y en la actualidad México se encuentra pendiente de la próxima elección presidencial, el pasado 8 de Diciembre de 2005 se presentó el Proyecto de Ley para la Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos que tiene como uno de sus objetivos fundamentales la superación de las barreras para la incorporación del bioetanol como oxigenante de las gasolinas.

A modo de conclusión, podemos asegurar que nos encontramos en el momento de mayor auge en la historia de los biocombustibles líquidos para el transporte.

El uso de los biocarburantes diversifica la matriz energética y beneficia al medio ambiente. Su producción genera empleo y desarrollo rural.

La Unión Europea tiene presente que parte de su consumo deberá provenir de la importación de biocombustibles o de materias primas para su producción que deberán realizarse bajo criterios de sostenibilidad.

América Latina tiene potencial para la producción a gran escala de biocarburantes y trabaja con dinamismo para la creación de un marco favorable para su desarrollo que podría situarla a medio plazo en actor principal a nivel mundial en la producción de bioetanol y biodiésel.

¿Qué hacemos con la Glicerina?

Francisco A. J. Mata

El segundo producto más importante en el proceso de transesterificación para hacer biodiésel es la glicerina, nombre que proviene de la palabra griega *glykys* que significa dulce y el término se usa cuando el principal producto que lo compone es el propanotriol o glicerol en más del 95%. En términos de peso supone generalmente del orden del 10% del éster producido. Ello sobre la base de considerar un 100% de riqueza a este producto, lo que usualmente no ocurre, ya que generalmente se extrae parcialmente diluido con agua y mezclado con mono y diglicéridos, jabones, metanol, agua y catalizador, por lo que precisa de posteriores procedimientos de concentración. También se pierde parte de la glicerina mezclada con las aguas residuales, y siempre el éster conserva una mínima proporción que debe ser inferior a la permitida en la norma CEN 14214.

Así pues, la glicerina obtenida en la transesterificación puede sufrir apenas una neutralización ácida y pasar directamente a los depósitos de almacenamiento. Hasta ahora la venta de ese tipo de glicerina no era atractiva y se procedía a su purificación. En este segundo proceso se recuperan las sales presentes para su uso como fertilizante, además del metanol y el agua por evaporación, obteniéndose una glicerina que contiene entre el 80% y el 88% de glicerol.

En muchas ocasiones hasta ahora, las plantas transformadoras de biodiésel llegaban más allá y producían una glicerina refinada. El objetivo era cumplir las rígidas especificaciones impuestas para la utilización como alimento, envase de alimentos, producto farmacéutico o cosmético. Generalmente ese proceso consiste en su destilación seguida de un tratamiento a través de carbón activado. En algunos casos se utilizan también resinas de intercambio iónico (catiónicas y aniónicas) en función de la utilización que se la quiera dar y por ello de los requisitos a cumplir. Para cambiar el olor y el color se utilizan así mismo procesos de absorción, a través de carbón activado seguidos de filtración de la glicerina purificada.

A veces se presentan problemas por la solidificación de la glicerina. Esto ocurre principalmente cuando no se ha incorporado suficiente metanol en el proceso. A nivel industrial, esa solidificación puede ser problemática, ya que sería necesario utilizar potentes bombas capaces de mover fluidos muy viscosos o la opción de tener que calentarla para disminuir su viscosidad.

También ocurre que en la película que se forma entre la fase de glicerina y la de biodiésel se puede depositar restos del catalizador. Éste, que es una sustancia polar, tiene tendencia a ser arrastrado por la fase de glicerina que también es polar. Esto obliga a hacer más exigente el proceso de lavado final. En conclusión, el aumento en la cantidad de catalizador parece favorecer la solidificación de la fase de glicerina, mientras que el del metanol favorece su separación.

La glicerina tiene más de 1.500 usos conocidos, no obstante en este momento las aplicaciones más importantes se derivan de su destino para la industria de la alimentación que además, es también el que más crece con tasas del 4% anual. La cosmética y cuidado personal le sigue en importancia con tasas de crecimiento anual que superan el 3,5%. Un detalle aproximado de la situación actual se puede observar en la siguiente tabla:

Aplicaciones de la Glicerina	% del consumo total
Alimentación	24%
Cosmética	23%
Pastas de dientes-Farmacéutica	17%
Tabaco	11%
Poligliceroles	8%
Droguerías y productos de limpieza	7%
Resinas	3%
Diversos (celofán, explosivos, lubricantes...)	7%
Total	100%

Fuente: Chemical market reporter

CALIDAD DE LA GLICERINA

La calidad de glicerina que se obtiene como coproducto en la fabricación de biodiésel depende de varios factores, pero principalmente del proceso tecnológico, del tipo de aceite y del tratamiento posterior para concentrarla y refinarla en función de los usos a los que vaya a ir destinada.

Dependiendo de la tecnología utilizada y de la voluntad del promotor se puede obtener una concentración mayor o menor del producto que suele oscilar entre un 87% hasta el 99,5% de la que cumple con la norma USP (United States Pharmacopeia). Sin embargo la glicerina es también altamente "hidroscópica", por lo que resulta difícil mantenerla con un elevado grado de concentración.

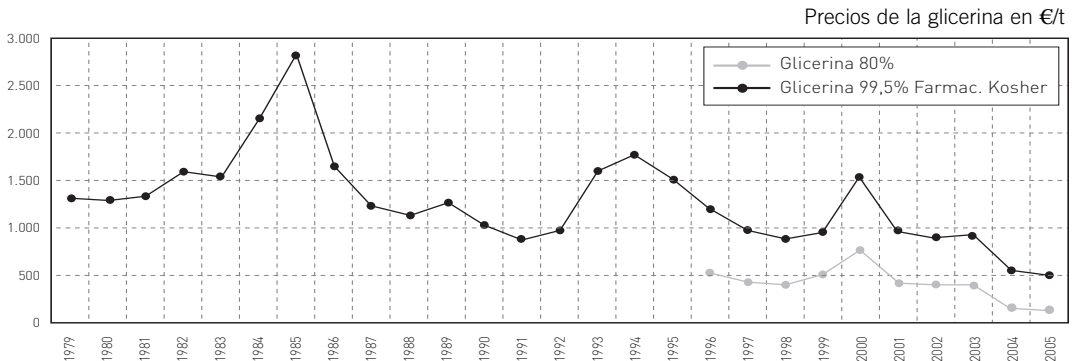
La glicerina puede ser vendida en forma bruta (glicerina natural), sin ninguna purificación, o purificada. Se comercializan principalmente dos tipos de glicerina natural. El primero, impone una especificación del 80% de glicerol, mientras que el segundo, impone como especificación del 88 al 91% de glicerol. En cuanto a la glicerina purificada se clasifica en dos tipos: glicerina técnica (99,5% de glicerol) o glicerina farmacéutica (del 86% al 99,5% de glicerol).

PRECIO DE LA GLICERINA

Aunque la calidad de la glicerina no depende en absoluto de que su origen haya sido vegetal, animal o sintético, durante muchos años se ha buscado una diferenciación del producto basado en esa circunstancia, sobre todo si el destino del producto era la cosmética o la producción de jabones de calidad, que valoran más el origen vegetal. Valoración que se acentuó a raíz de la crisis de la enfermedad de las "vacas locas".

La estimación del precio futuro de este co-producto es más difícil de realizar ya que los datos históricos aportan poca información si valoramos que su mercado se puede encontrar en pocos años más que sobresaturado. Es evidente que se generarán excedentes muy importantes a la par que se vayan cumpliendo los compromisos objetivados por las diferentes administraciones públicas para el biodiésel. Según la información disponible el mercado de la glicerina se sitúa en el mundo en 0,8-0,9 millones de t/año de los que Europa consume unas 300 mil toneladas y EE.UU. otras 230 mil t/año.

Como consecuencia de la producción de biodiésel se deriva también un importe equivalente al 10% de aquél en glicerina. Así pues, si se cumpliera el objetivo europeo de que el 5,75% del consumo en 2010 de todos los combustibles para transporte fuera biodiésel y bioetanol, consecuentemente la oferta de glicerina en Europa podría pasar a 1,5 millones de toneladas año, lo que supone casi cinco veces el mercado actual europeo de este producto. El temor a este exceso de oferta de glicerina ha sido puesto de manifiesto por la industria oleoquímica europea, que ve en ello un gran peligro, ya que podría generar un descenso de los precios del 50% en la glicerina, incidiendo de paso en otros sectores como el de los alcoholes de azúcar o polioles, lo que colocaría a esta industria europea en una posición de debilidad.



Fuente: Elaboración propia con datos de CTVO-Workshop, Michael Heming, P.D.G. HB International, y de Lurgi. Los datos anteriores a la entrada en vigor del Euro han sido convertidos conforme al cambio de introducción de esta moneda.

Además de esa notable diferencia entre los dos tipos básicos de glicerina que podemos encontrar en el mercado, se producen otras dentro del segmento de 99,5% en función de su origen y de los tratamientos y adaptación a las diferencias exigencias normativas. Un detalle comparativo se puede observar en la tabla siguiente, donde se observa la notable diferencia en precios que alcanza hasta el 33% entre unos y otros tipos:

Tipos de Glicerina	(€/t)	Precio medio 2001/2002
99,7% No Kosher		1.407 (100)
99,7% Kosher		1.548 (110)
99,5% No Kosher. Grado vegetal. Grado FCC		1.407 (100)
99,5% líquida. USP.		1.759 (125)
99,7% sintética.		1.876 (133)

FCC – Food Chemical Code; USP – United States Pharmacopeia.

Grado Kosher: certifica a los consumidores estar absolutamente seguros de la pureza de los productos que consumen.

(Fuente: Chemical Market Reporter)

Esta incidencia de la producción de cantidades adicionales de glicerina, como resultado de la fabricación de biodiésel, se ha observado a pesar de que las cantidades puestas en el mercado hasta ahora, no han sido excesivas en comparación con los objetivos que se han marcado. Así se puede observar en el gráfico anterior, como se produce una importante caída en el precio entre 2003 y 2004, mientras que otros productos de origen petroquímico (monoetilenglicol) han experimentado, una subida importante a lo largo del mismo período. Por ejemplo tendríamos que de un diferencial a principios del año 2002 de casi 500 €/t a favor de la glicerina, se ha pasado a un diferencial de 300 €/t a favor del monoetilenglicol a principios de 2005.

Así pues, ya se comprende que los destinos tradicionales de la glicerina están en claro peligro, al menos de forma masiva. Sólo el descubrimiento de nuevos empleos que valoricen la utilización de grandes cantidades de glicerina purificada, puede justificar la instalación de estos procesos añadidos a la transesterificación.

A la vista de la evolución futura del mercado, y si no aparecen aplicaciones que le den un mayor valor que el esperado de la evolución del mercado, el precio de partida considerado para la glicerina, va ser el que resulte de su uso como sustitutivo de combustible de calefacción teniendo en cuenta su poder calorífico. Como precio de referencia se podría utilizar el del gasóleo EN590 del que se puede obtener el precio correspondiente del gasóleo de calefacción.

Así para un precio de referencia para el gasoil EN590 de 576 \$/t, el correspondiente precio de calefacción sería de 536 \$/t. A esta cantidad, habría que añadir los impuestos especiales del gasóleo de calefacción que ascienden a 84,73 €/m³. No obstante en la opción de consumo interno, no se devengarían estos impuestos.

TRANSFORMACIÓN DE LA GLICERINA EN METANO

Una interesante forma que merece la pena estudiar para aprovechar la glicerina, es transformarla en gas metano a través de digestores, o mediante pirólisis.

En la pirólisis, el reactor calienta la glicerina en un recipiente hermético sin oxígeno. En estas condiciones la glicerina no arde, sino que desprende metano que se puede almacenar o utilizar como combustible en la propia planta. Esta producción puede destinarse también, a la cogeneración de calor y electricidad con excelentes resultados económicos, aprovechando la tarifa especial establecida, para la combustión de biomasa de segunda generación.

Este biogás se utiliza como combustible en motores diesel que generan la electricidad. Pero nos preguntamos, si se podría utilizar directamente en los digestores la mezcla de glicerina con jabones, sales, catalizador etc.

Hay estudios que indican que se podría usar esa mezcla directamente en digestores preparados. Aunque, se precisaría una población microbiana que se adaptara bien a esa mezcla y habría que estudiar el tiempo de residencia preciso para la optimización del proceso.

Se pueden resumir en dos los caminos para conseguir recuperar la energía de esos residuos:

1) La bio-conversión, 2) La termo-conversión.

Probablemente la generación de biogás utilizando una mezcla correcta de proteínas, glicerina y sales sea mejor que la combustión directa, aunque esta podría incorporar como materia prima a los lodos que se producen en las columnas de destilación.

Desde 2001 se está investigando la conversión en gas de la glicerina obtenida como co-producto en la transesterificación. Este proceso podría aportar también, una notable ayuda en la depuración del resto de residuos de la planta que se incorporarían como materia prima en los digestores.

PROCESO DE COGENERACIÓN CON LA GLICERINA

Ya hemos apuntado que la posibilidad de quemar directamente la glicerina junto con los lodos procedentes de la torre de destilación, es una alternativa que merece la pena estudiar, determinando su viabilidad económica, técnica y medioambiental. Ese es precisamente el objetivo de mi tesis doctoral en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.

El precio del gasoil de calefacción guarda correlación con el EN590, y el de la glicerina se puede estimar conforme a la siguiente fórmula:

Precio de la glicerina €/t = (Precio gasoil calefacción €/m³ /0,86) x 0,377

Siendo 0,377 la relación de poderes caloríficos inferiores de la glicerina y el gasoil de calefacción.

En nuestro caso y para el actual cambio euro/dólar de 1,20 la anterior fórmula, nos daría un precio equivalente de venta de la glicerina en base 100% de 206 €/t, que es el que se debe utilizar como valor de referencia, para el análisis de rentabilidad.

En cuanto a la combustión se refiere, la glicerina se quema bien, pero ha de ser quemada a altas temperaturas para evitar que emita vapores de acroleína que es tóxica por inhalación y por contacto a través de la piel. El límite legal de exposición humana a la acroleína es de 0,1 ppm como promedio durante una jornada de trabajo de 8 horas y en ningún momento se puede exceder de 0,3 ppm durante más de 15 minutos. Los vapores de acroleína se producen al quemar la glicerina entre 200 y 300 °C.

Así pues, la opción de quemar la glicerina debe contar con unos quemadores que permitan alcanzar una combustión completa a una temperatura del orden de los 1.000 °C y mantenerlo en los quemadores un tiempo superior a 5 segundos, siendo conveniente incorporar también un proceso previo de precalentamiento y atomización.

No obstante hay un importante trabajo por delante para determinar la conveniencia entre las dos opciones que hemos planteado, pareciendo en este momento más adecuada la de su transformación en metano en los digestores anaerobios.

Acerca del taller biodiésel y cooperación en Madrid

Ing. Leonardo Mayorga

Proyecto Biomasa. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua

MERCADO DE BIODIÉSEL

Los biocombustibles líquidos para su uso en el transporte automotriz, como bioetanol y biodiésel, parecen ser al momento las únicas tecnologías que podrían sustituir parcialmente a los derivados del petróleo. El Biodiésel ha pasado por diferentes etapas de ensayo en su utilización total o parcial como combustible en motores del ciclo Diésel. Esto ha originado normas o especificaciones que con el transcurso de los ensayos se han mejorado para adecuar el Biodiésel a la exigencia de los motores actuales y futuros que sean producidos.

La existencia de diferentes normas, que se adecuan a las necesidades de cada país o región, obliga a tener una característica del Biodiésel, lo cual lo convierte en un producto no tan transable. En otras palabras si queremos tener un comercio entre regiones con Biodiésel hay que ponerse de acuerdo en las especificaciones, para poder producirlo y comercializarlo.

La producción de Biodiésel tiene como consecuencia la producción de la fase glicerol, no siendo previsible que exista una demanda industrial para este subproducto por lo que su uso masivo seria como combustible calefactor y por lo tanto su precio estaría referido a su contenido de energía (esto seria lo ideal, la realidad es que se tendría un precio inferior).

La producción y el comercio de Biodiésel tienen sus propias características de mercado. Europa va a tener que importar materia prima (aceite) o Biodiésel para suplir sus necesidades futuras, su producción propia no va cubrir su demanda. Esto significa que si importa aceite, que es producido en otras regiones, se va tener que enfrentar al manejo del subproducto glicerol y si importa Biodiésel, hay que adecuarlo a la norma existente y en las regiones donde se produjo también tendrán que manejar el subproducto de la fase glicerol, pero en peores condiciones si se les compara con Europa.

En la medida que la oferta y la demanda de Biodiésel se incrementen, ya sea por el incremento de los precios de los combustibles fósiles o de las políticas energéticas y ambientales, aparecerán como relevantes los aspectos de transporte, comercial y de normalización, que hasta hoy no han sido plenamente abordados y que tendrán sus propios problemas a superar. Es previsible que tanto el transporte y el comercio de Biodiésel, tome la experiencia del actual transporte y comercio de los combustibles fósiles.

CULTIVOS ENERGÉTICOS, PRODUCTIVIDAD Y MANO DE OBRA

Como se sabe la producción económica de los biocombustibles, incluyendo biogás, están supeditados a las siguientes condiciones:

- productividad por Ha/año del cultivo (unidades energéticas/Ha/año)
- posibilidad de mecanizar la cosecha
- requerimientos de mano de obra
- volúmenes del material a cosechar y procesar
- necesidad de tener valor económico de los diferentes subproductos de la producción energética para maximizar los ingresos.

La producción de Biodiésel, también tiene que enfrentarse a estas condiciones, aun en aquellos casos, en que la producción sea parcialmente subsidiada. Es de mencionar que la ampliación futura de la oferta de Biodiésel se dará a través de grasas o aceites que provengan de cultivos agrícolas y no va a ser tan significativa la oferta proveniente del procesamiento de aceites domésticos usados. Esto es particularmente válido para países con bajo desarrollo económico, donde los aceites domésticos son utilizados continuamente hasta su agotamiento, por las bajas condiciones socio económicas de sus poblaciones.

Los cultivos energéticos que suministren materia prima para la producción de Biodiésel por su forma de producción se pueden clasificar en tres categorías:

- cultivos energéticos de oleaginosas mecanizados, por ejemplo, soya, girasol, colza.
- cultivos energéticos de cosecha manual, por ejemplo, Jatropha, Palma africana, ricinos
- cultivos proteicos y de carbohidratos para alimentar un animal que los convierte en carne y grasa, por Ej., Moringa y yuca para alimentar cerdos.

Estas formas de producción están íntimamente asociadas a los costos de producción, por ejemplo, si el cultivo es mecanizado el enfoque de los costos está, en la parte agrícola, para aumentar el rendimiento, mientras que si la cosecha es manual el enfoque del manejo de los costos está, en la organización, en el rendimiento y valor de la mano de obra.

Después de examinar las formas de producción que están asociadas a los costos, lo más importante son las productividades de aceites y grasas que se pueden obtener por área de cultivo.

A través de las distintas experiencias que se conocen de cultivos energéticos para la producción de biodiésel se puede concluir que se están debatiendo en el campo de la productividad, los costos de la mano de obra y la necesidad de dar valor económico a los subproductos. Esto ha llevado muchas veces, a sobrestimar la viabilidad de algunos proyectos de cultivos energéticos, haciendo cálculos de productividad elevados, bajos costos de mano de obra e ingresos económicos por la venta de subproductos, es posible que en el futuro cercano, si estos proyectos fracasan crearían una mala imagen no solamente de los cultivos energéticos, sino también, del concepto de la producción de Biodiésel.

El cultivo de Jatropha es un caso típico de la anterior situación, donde se han creado expectativas muy altas en distintos países, pero hay pocos resultados prácticos. La replicabilidad del sistema de producción de Biodiésel a partir de Jatropha no ha sido demostrado integralmente con el nivel actual de conocimiento y con los precios del Diésel fósil, esto no significa que el cultivo de Jatropha no sirva para la producción

de Biodiésel, sino que muestra la necesidad urgente de investigar y resolver los problemas pendientes como la productividad, la toxicidad de la torta como subproducto y el manejo organización del cultivo.

Se puede decir, que cualquier proyecto de Biodiésel, debe desarrollarse dando el valor real a la mano de obra tanto en la productividad como su costo diario. Sería un error argumentar que un proyecto de biodiésel es viable en sus costos de producción porque en una región existe un alto desempleo y bajo valor de la mano de obra. Hay que pensar que la mano de obra rural en el futuro tiende a disminuir y su valor a crecer en la medida que las poblaciones rurales emigran a las áreas urbanas y tengan un nivel educativo y de calidad de vida superior. También es común argumentar que se tiene un alto potencial de desarrollar cultivos energéticos en áreas donde se tienen grandes extensiones de tierra deterioradas, pero se olvida, que también las productividades de estos cultivos serán bajas en esas áreas y por lo tanto la prioridad del cultivo energético será la recuperación de esas áreas y secundariamente se tendrá una producción energética.

BIODIÉSEL Y DESARROLLO

Cada región, cada país, debe de verificar bajo sus condiciones socio económica, que tipo de cultivo se puede desarrollar para la producción de Biodiésel pero también, tienen que incorporar el respaldo gubernamental, a través de la definición de políticas energéticas renovables, desarrollo agrícola y disminución de la pobreza. La experiencia de Brasil tanto en la producción de Etanol, y ahora, en la producción de Biodiésel, es una referencia mundial que tenemos que tener en cuenta para desarrollar los cultivos energéticos.

Hay que ver que hasta al momento, el foco de la producción de Biodiésel estuvo en un primer momento en la tecnología industrial de transformación (esto ya fue superado porque hoy ya existe suficiente conocimiento tecnológico y capacidad para crearlo si fuera necesario más, el cual es fácilmente transferible y no es una barrera tecnológica entre países), actualmente, el foco se localiza en la producción y organización agrícola y esto es clave para países en vías de desarrollo porque permitiría desarrollar una nueva tecnología agrícola (*know how*) que tendría impactos importantes en el empleo, sustitución de importaciones, creación de mercados internos y exportaciones.

Si se piensa en el desarrollo de regiones o países, en donde los combustibles líquidos son importados, la producción de Biodiésel será un aporte importante para asegurar su desarrollo ya sea que decidan consumirlo internamente o exportarlo.

BIODIÉSEL Y COOPERACIÓN

La Cooperación Externa a países en vías de desarrollo en el tema energético y particularmente en Biodiésel, es clave para desarrollar la parte agrícola, tanto en investigación como en proyectos pilotos, hay que mencionar que desde el punto de vista de la transformación industrial de los aceites hacia Biodiésel, la necesidad de investigación es menor.

Por otra parte, La Cooperación Externa, en conjunto con las políticas energéticas de los países en vías de desarrollo, tienen que definir, que los proyectos que impulsen, tomen en cuenta la meta energética

exclusivamente, en una primera fase y después que se tengan alguna madurez y experiencia en estos proyectos, incorporar otras metas como el empleo, la recuperación de áreas desforestadas, sustitución de importaciones, etc. Esto es para evitar acumular experiencias no exitosas con sectores poblacionales o regiones, que después ocasionen imágenes distorsionadas sobre la producción de Biocombustible.

Es importante que los esfuerzos de desarrollo de cultivos energéticos, en una primera fase, incorporen a segmentos de productores agrícolas privados que tengan conocimiento y manejo de labores agrícolas, que sean ya exitosos en otras esferas de la producción agrícola ya que resultara en una disminución de los riesgos en los proyectos al tratar de desarrollar un nuevo cultivo agrícola. Si los productores privados tienen éxito en estos proyectos, es mas alta la posibilidad, que otras formas de organización de producción agrícola, puedan iniciar actividades en la producción de cultivos energéticos.

Centroamérica y la transferencia tecnológica: el sector de los biocombustibles

IProf. titular Jaime O. Muñoz Jans, Ph.D.
Prof. Catedrático Bohumil Havrand, Ph.D.

Universidad Checa de Agricultura en Praga, Instituto del Trópico y Subtrópico
Departamento de Ingeniería, Economía y Desarrollo Rural de Trópico y Subtrópico

INTRODUCCIÓN

Las últimas décadas en el mundo, han significado un gran cambio para la sociedad, trayendo consigo la transformación de las relaciones económicas a nivel de toda la economía mundial y nacional de los estados. Estos cambios han inducido una profunda transformación de los sectores económicos, en los que los recursos humanos y naturales sufren grandes mutaciones en forma y contexto ya sea positivamente o negativamente, en el marco de las nuevas exigencias del mercado del trabajo y de las necesidad de la explotación medioambiental para la extracción de las materias primas.

En este contexto, la reducción de las reservas de portadores energéticos para la industria y el transporte, conjuntamente con la inestabilidad de su precio, directamente influyen el crecimiento económico y juegan un papel importante en el desempeño de las economías nacientes y en su sostenibilidad en el tiempo y en el espacio.

La posibilidad del aprovechamiento apropiado de los recursos naturales en países menos desarrollados, enfocado a la biomasa como materia prima para producir portadores energéticos alternativos, tiene gran incidencia en ayudar a la reducción del efecto invernadero que produce el calentamiento global, entregando una material neutral en referencia al dióxido de carbono (principal precursor de este fenómeno) y la renovabilidad del ciclo productivo. Además, el uso energético de la biomasa, previamente implementado un sistema correctamente planeado y administrado de la integración de los programas bioenergéticos, puede incidir enormemente en la rehabilitación del paisaje, la reducción de las emanaciones de óxido sulfuroso, de nitrógeno y de material particulado a la atmósfera, y lo más importante creando desarrollo constante en las industrias rurales y generando empleo, quebrando la disparidad económica existente entre ciudades y áreas rurales, y al mismo tiempo elevando el estándar de vida de la población rural.

La adecuada implementación de un programa de tales magnitudes, no se puede realizar sin una apropiada introducción de las tecnologías existentes en el sector, esto es realizando una adecuada y viable transferencia tecnológica, uniendo las posibilidades a desarrollar que se encuentran a disposición de las instituciones de educación superior y las empresas privadas.

Los biocombustibles líquidos, como un reemplazo a los combustibles de origen fósil, ofrecen grandes posibilidades de implementación en países que cuentan con un elevado potencial agrario, que actualmente no pueden competir en la producción de cultivos con finalidad alimenticia, pero que al contar con apropiados recursos naturales pueden abrir nuevos mercados produciendo materias primas para el sector técnico, químico o energético.

TRASFONDO

1. Breve visión del trasfondo actual y sus perspectivas en la nueva economía para el desarrollo de la transferencia tecnológica biocombustible en el sector agropecuario.

Las últimas décadas en el mundo, que significaron de gran cambio para la sociedad, trajeron consigo asimismo el cambio de las relaciones económicas a nivel de toda la economía mundial y nacional de los estados. Estos cambios indujeron a una transformación de los sectores económicos, en los que los recursos humanos y naturales sufren grandes transformaciones de forma y de contexto.

En esta Nueva Economía el sector económico agropecuario, para adaptarse an los nuevos desafíos, ha debido cambiar orientaciones, cambiar sistemas de producción, ha debido modernizar los métodos y al mismo tiempo aplicar los nuevos conocimientos de la ciencia y la tecnología para de una manera responder a las exigencias del mercado y a las exigencias medioambientales. Todo esto, sin olvidar que la mantención del nivel de producción y las mejoras del ambiente rural, ha tenido una gran influencia en la preparación y desempeño de los recursos humanos en la economía nacional. Leves transformaciones de forma han tratado de mejorar directamente el gran problema social existente en las áreas rurales y se han esforzado en eliminar la disparidad salarial entre la gran ciudad y la villa campesina tratando de crear puestos de trabajo, pero sin una solución compleja global sostenible en el espacio y en el tiempo.

La modernización de la utilización de los recursos en la agricultura aumentando el rendimiento de los cultivos agrícolas, se puede presentar a través de la mejora genética de las especies, de la mecanización y automatización de los procesos productivos, ya sea en la Producción Vegetal, Animal o en el Procesamiento de los Productos Agrícolas. Con esto podemos aumentar el valor neto de los productos originados en los procesos agrícolas y asimismo ampliar la gama de materias primas que tendrían la posibilidad de ser vendidas y formar parte de un ingreso más para la empresa agrícola. Asimismo una respuesta a los requisitos educacionales para sostener estos cambios en el tiempo y el espacio, es una condicionante tan importante como la existencia de medios financieros para la realización de cualquier proyecto productivo.

Aquí el desempeño de las estructuras estatales e instituciones educacionales debería estar dirigido a mejorar no sólo la oferta a nivel técnico profesional de la educación para la población en edad activa, sino ampliar la gama de oferta en relación a cursos de recalificación y de especialización para el amplio espectro de interesados en el desarrollo de un nuevo sector económico, ya sea de parte de extensión estatal o de carácter privado.

Otro punto importante es la mala utilización de los recursos naturales en la agricultura, que llevó a la degradación del fondo de la tierra, del aire y del agua en la naturaleza. Se manifestaron las contradicciones económico-medioambientales, las que por ende han empobrecido aún más a los agricultores y los ha limitado enormemente en su expansión económica.

En esta Nueva Economía se manifestó más que nunca la necesidad del desarrollo de los recursos humanos, el que está intrínsecamente unido al desarrollo de la producción y del ambiente agrícola. Se trata no sólo de educación a nivel primario o secundario, sino a una preparación superior de los cuadros campesinos, que les permitiese innovar y construir alternativas propias de desarrollo en sus pequeñas empresas campesinas. Por ejemplo, el desarrollo del tratamiento de los desechos agrícolas con la posterior solución de los problemas ecológicos producidos por éstos, se aumenta el valor agregado de las zonas agrícolas como entes turísticos y de recreación.

Los acuerdos internacionales como el Protocolo de Montreal en relación a la contaminación del aire, es una tarea permanente de mejoración del medioambiente y unida a él la existencia y el futuro de la vida en la tierra. Por esto no podemos olvidar de aplicar sus directrices en la agricultura de los Países en Vías de Desarrollo, donde ésta -como sector productivo- ocupa un alto porcentaje en el PIB de éstos.

Acompañado de la intensificación de la agricultura, se presenta el aumento del consumo energético en los procesos productivos (insumos agrícolas, combustible, etc.) Esto conlleva por una parte al rápido agotamiento de las fuentes de combustibles fósiles y al aumento de la contaminación ambiental del agua, de la tierra y del aire, y al encarecimiento de los insumos agrícolas en la producción de artículos agrarios. Esto último conlleva a la pérdida de competitividad de los productos agrícolas en los mercados debido a su precio más elevado. Por esto, la implementación de la energía no convencional (Energía Renovable), podría considerarse como una vía para solucionar los problemas de origen económico y ecológico, en donde se incluyen los biocombustibles producidos a partir de la biomasa.

2. Establecimiento de las necesidades infraestructurales para el desarrollo de la transferencia tecnológica biocombustible en el sector agropecuario.

La eventual infraestructura de la producción biodiésel representa en los planes empresariales agrarios tradicionales un nuevo elemento, ya que significa la unificación de criterios que corresponden a cuestiones interministeriales, que sin una armonía de ellas, no es posible con éxito la implementación y sostenibilidad del programa marco a desarrollar. Para una buen funcionamiento técnico y un servicio rentable del sistema, se debe asegurar un personal de calificación técnica media y superior especializado, que fuese capaz de una manera rápida y creativa de implementar los conocimientos en esta área con las tecnologías existentes y adaptarlo a las condiciones del área en cuestión. Un medio ideal para la preparación de nuevos especialistas que implementarían un nuevo sistema productivo biodiésel se basa principalmente en:

- a) realizar seminarios especializados para expertos de los diferentes sectores productivos y consultores de los ministerios correspondientes que tuviesen relación al cultivo, procesamiento, producción y utilización clásica de la producción agraria, enfocando las nuevas perspectivas de este sector en el país correspondiente, poniendo énfasis en la importancia de la nueva producción;
- b) realizando congresos específicos para profesionales en las sub-áreas eventuales de la producción biocombustible enfocada a los sectores de energía y transporte para mejorar la logística del programa;
- c) creando laboratorios modelos en instituciones universitarias e institutos de investigación para el dominio del sector y el desarrollo de tecnologías propias a ser implementadas;
- d) la construcción de unidades piloto estándar para la visita de agricultores, industriales e inversores interesados en aportar sus medios en el nuevo sector productivo;
- e) elaboración de un estudio de factibilidad para analizar la capacidad productiva correspondiente y el financiamiento necesario de las capacidades a implementar y a mediano plazo ser extendidas;
- f) realización de proyectos reales para el abastecimiento de los sectores de consumo correspondientes;
- g) la educación masiva por medio de seminarios con temáticas generales para hacer conocer el sector y sus productos a la población en general, es decir a los consumidores.

3. Desarrollo de un programa para la implementación tecnológica biocombustible en el sector agropecuario.

La implementación de la producción y utilización del biocombustibles se puede realizar sólo bajo ciertas condiciones determinadas. La agrupación y armonización común de éstas forman un programa, en cuyos inicios se estimaría ponerlo en marcha con la ampliación de determinados cultivos adecuados y utilizando los biocombustibles producidos a partir de éstos, enlazando todos los factores y condiciones necesarios para esto. Este hecho puede resultar ser correspondiente a una condición natural del futuro programa bioenergético.

Los fundamentos para la inserción de un programa bioenergético debería correspondientemente responder a premisas importantes, como es por ejemplo:

- establecer el cultivo de especies apropiadas escogidas para finalidad técnica o energética con un rendimiento óptimo de la materia prima a procesar;
- procesar la materia prima (utilizando los conocimientos actuales y la capacidad productiva existente) con una elevada producción del producto principal;
- elaborar y utilizar productos secundarios acompañantes a la producción principal y monetizarlo;
- tener solucionado el problema del procesamiento de residuos y la siguiente utilización de los productos ganados;
- producir materias primas, productos semielaborados y productos finales biocombustibles;
- contar con un área agraria determinada de producción, ya sea en propiedad del estado o de acuerdo con personas físicas o jurídicas involucradas que ofrezcan sus tierras para utilizarlas;
- tener asegurada la ventas de los productos originados en esta producción, ya sea de los productos principales y de las materias primas en la industria petroquímica, y de los residuos de utilización secundaria en la industria química.

El requisito básico para constituir un programa de tales magnitudes es utilizar una metodología sistemática, que sería asegurada con la adecuada elección de los garantes del programa. Indispensable en esto es la participación de instituciones del estado, de un garante de capitales (bancos, fondos de inversión) y de escuelas superiores o institutos de investigación.

CONCLUSIÓN

La producción de biocombustibles como reemplazantes de fósiles energéticos, es una posibilidad para reducir el consumo y la importación de este recurso fósil, y una vía para disminuir el fenómeno con efecto invernadero.

Asimismo, la generación de focos productivos de materias primas estratégicas de manera autosuficiente y autóctona mediante la adecuada utilización de los recursos naturales en el medio agrario, se enfoca

a una producción sostenible no contaminante desde el punto energético y medioambiental, y lo más importante desarrollando nuevas tecnologías conjuntamente con el desarrollo de nuevos conocimientos creando capitales sostenibles.

La implementación de un programa de tal envergadura requiere un compromiso de carácter nacional entre el estado y los ciudadanos enfocado a cumplir una determinada estrategia de programa clave para un futuro desarrollo del rubro biocombustible en el país en cuestión.

*Ing. Jaime Muñoz Jans, Ph.D.
Prof. Catedrático Bohumil Havrland, Ph.D.
Instituto Tropical y Subtropical
Kamycka 129, 165 21
Tel.: 00420 - 224382177
Fax: 00420 - 234 381 829
e-mail: munoz@its.czu.cz*

Análisis crítico del programa brasileño de biodiésel

Expedito José de Sá Parente

Presidente de TECBIO

INTRODUCCIÓN

El participante, autor de este documento, lleva trabajando en el universo del Biodiésel desde finales de 1977, cuando concibió y propuso los ésteres metílicos y etílicos de ácidos grasos, el biodiésel, como combustible para motores de ignición por compresión. Es además el poseedor de la primera patente mundial de este biocombustible, hoy de dominio público.

El autor, a lo largo de estos casi 30 años, ha sido testigo y participe de toda la historia mundial del biodiésel, teniendo la oportunidad de actuar en las diferentes áreas del conocimiento del universo del biodiésel. De esta forma, adquirió conocimientos y experiencias en todos los asuntos relacionados con los cuatro módulos programados en el taller, cualificándose así para emitir y discutir diversas informaciones y opiniones.

Por otro lado, por sus dimensiones continentales y sus diversificadas condiciones edafoclimáticas, Brasil se ha considerado el país de la biomasa energética, no sólo en la producción de bioetanol, sino también en la producción de biodiésel. La variedad de oleaginosas brasileñas es muy extensa, alcanzándose importantes potencialidades productivas. La empresa TECBIO – Tecnologías Bioenergéticas Ltda.- de la cual el autor es el presidente, es una empresa de base tecnológica que domina el conocimiento de numerosas materias primas.

Como mayor productor mundial de alcohol etílico (etanol), Brasil podrá afrontar tanto la catálisis metélica como la etélica en la producción de biodiésel, en función del criterio del productor. Las plantas de producción de biodiésel concebidas con la tecnología TECBIO pueden utilizar indistintamente etanol o metanol como agente conversor del aceite o grasa en biocombustible en pequeñas, medias y grandes escalas de producción.

A raíz de lo expuesto anteriormente, la propuesta que se realizará a continuación tendrá un tratamiento plural, considerando todas las materias primas (aceites vegetales, grasas animales y aceites usados) adecuadas para la conversión en biodiésel por reacción de transesterificación, mediante el uso de etanol o metanol, por procesos continuos o en batch, en pequeños, medios y grandes sistemas productivos.

Un análisis crítico del Programa Brasileño de Biodiésel podrá ser presentado por el participante y discutido por el resto del grupo de trabajo. El autor diverge en algunos aspectos importantes del Programa, y las discordancias deberán ser discutidas a lo largo del taller.

MÓDULO I: ANÁLISIS INDUSTRIAL

Un sistema de producción de biodiésel depende de varios factores; los más importantes se citan a continuación:

- Disponibilidades y Estacionalidades de las Materias Primas
- Disponibilidad y Coste del Alcohol
- Integraciones con otros Sistemas Productivos
- Condiciones de salida para las Materias Primas y Productos
- Consumo Potencial de Biodiésel en la Región de Influencia
- Posibilidades para las Exportaciones
- Motivaciones e Incentivos Regionales

Se tienen que definir las cuestiones de los abastecimientos de las materias primas a lo largo del año operacional, el uso del etanol o del metanol, la capacidad de la planta o el estilo del proceso de producción (continuo, semi-continuo o discontinuo). Todos estos puntos deben ser considerados con base en el coste final del biodiésel y su competitividad.

En cualquier situación, partiendo de la materia prima agrícola, el Sistema de Producción de Biodiésel está compuesto por una Planta de Extracción y Refino de Aceite y de una Planta de Producción de Biodiésel. Opcionalmente, el sistema estará compuesto de una Planta de Purificación de Glicerina. Evidentemente, la producción de biodiésel a partir de grasas animales o de aceites y grasas residuales requiere una Unidad de extracción de Aceite, precisando además generalmente una Unidad de Refino de la materia prima bruta.

Debido a su superávit energético, asociado a su infraestructura técnica, una Fábrica de Azúcar y Alcohol ofrece excepcionales condiciones para incluir un Sistema de Producción de Biodiésel, repercutiendo no solamente en una increíble reducción de las inversiones, sino también en una disminución sustantiva de los costes operacionales. Por su elevada demanda de energía, la introducción de una Unidad de Purificación de Glicerina casi siempre parece oportuna.

Extracción de Aceite

La extracción de aceite de los granos y vainas oleaginosas puede realizarse por un proceso de extracción mecánica, por extracción con disolvente, o de forma mixta: extracción mecánica seguida de una extracción por disolvente.

La elección dependerá del contenido de aceite en la oleaginosa, de la capacidad requerida de extracción y del valor y aplicación de la torta resultante. Normalmente cuanto mayor sea la capacidad deseada de la planta, cuanto menor sea el contenido en aceite y cuanto mayor sea el valor de la torta, mayor deberá ser la viabilidad de extracción por disolvente.

De cualquier forma, los productos obtenidos a raíz de la extracción es el aceite vegetal bruto y la torta.

Refino del Aceite o Grasa

Para la producción de biodiésel, el aceite o grasa no debe contener sólidos en suspensión, debe poseer el mínimo de acidez (<1%) y el mínimo de humedad (<0.5%). Normalmente para que el aceite bruto sea adecuado para su conversión en biodiésel, será necesaria una filtración, una neutralización y un secado, cuyos procedimientos dependen de la naturaleza del aceite bruto.

Producción de Biodiésel

El proceso de conversión de aceite para la obtención de biodiésel comprende las siguientes etapas:

- Preparación del Catalizador
- Primera Reacción de Transesterificación
- Primera Separación de Fases
- Segunda Reacción de Transesterificación
- Segunda Separación de Fases
- Recuperación del Alcohol en Exceso
- Deshidratación del Alcohol Recuperado
- Purificación del Biodiésel
- Purificación de la Glicerina (opcional)

Es fundamental el ingreso del aceite o grasa en el proceso de conversión en sus mejores condiciones de limpidez, acidez y humedad, pues la obtención de un biodiésel que cumpla las especificaciones requeridas puede resultar muy difícil si tales condiciones no son alcanzadas.

Aparentemente, el proceso de conversión de aceites y grasas en biodiésel se presenta como una cuestión simple, sin embargo existen cuestiones y situaciones donde algunas complicaciones deben ser afrontadas. Tales situaciones merecen discusiones especiales.

Productos y Subproductos

Del proceso de transesterificación de los aceites y grasas se obtienen el biodiésel y la glicerina bruta, es decir, el glicerol contaminado predominantemente de jabones, ácidos grasos, sales y otras pequeñas impurezas. Usualmente, de 1000 kg de un aceite vegetal o grasa animal resultan de 950 a 1150 litros de biodiésel y de 110 a 160 kg de glicerina bruta.

Incluso correctamente producido y purificado, el biodiésel deberá adecuarse a la forma (concentración de uso) y al local de utilización (temperatura). La viscosidad, el punto de niebla y la estructura química de los ésteres son factores importantes para definir su destino.

La purificación de la glicerina dependerá de la forma deseada de la glicerina: grado técnico o grado farmacéutico (bidestilada). Esta será siempre una cuestión que deberá ser resuelta caso a caso, ya que depende, además de las condiciones de mercado, del coste local de la energía y del volumen de glicerina a ser tratado.

De cara a los enormes volúmenes de biodiésel que se producirán, los mercados convencionales no podrán absorber la glicerina, debiendo reducirse fuertemente el precio de la ésta en la búsqueda de nuevos nichos de mercado. Esta situación de mercado constituirá un gran desafío de búsqueda y desarrollo de nuevos productos glicero-químicos.

La TECBIO en colaboración con universidades brasileñas y alemanas está desarrollando algunos productos con grandes potenciales cuantitativos de mercado. Son plásticos especiales para embalar y productos para uso agrícola.

MÓDULO II: ANÁLISIS AGRONÓMICO

Parece imposible definir a priori cuál es la mejor oleaginosa para la producción de biodiésel, pues son diversos los factores que deberán ser considerados:

- Productividad Agrícola
- Coste de Producción
- Contenido en Aceite
- Calidad y Valor Agregado de la Torta
- Sostenibilidad del cultivo

Para un determinado proyecto, la selección de la materia prima o materias primas pasa por un análisis caso a caso de los factores arriba mencionados.

En Brasil, país del todo heterogéneo, se pueden distinguir regiones más o menos homogéneas en cuanto a las vocaciones agrícolas y las motivaciones para la producción de biodiésel.

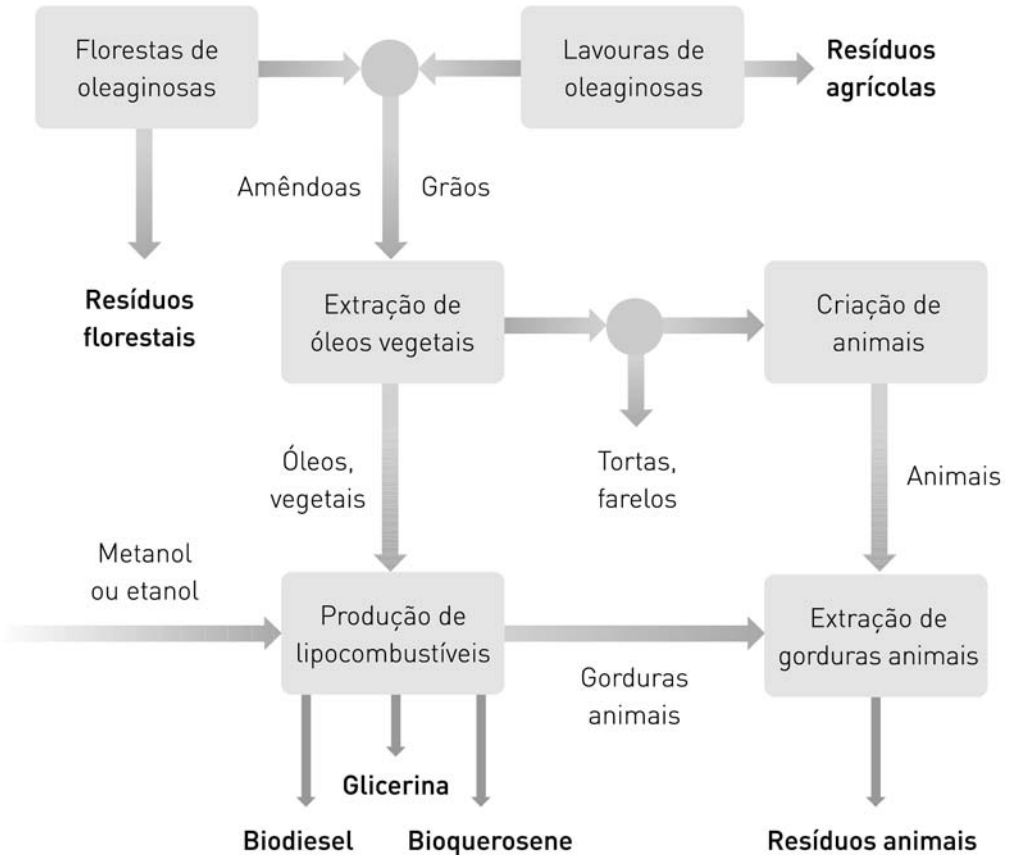
En esta filosofía, la región semi-árida del nordeste, por ejemplo, posee como vocación las culturas xerófilas, entre las cuales destaca el ricino o el tempate (*Jatropha curcas*), que pueden ser cultivadas mediante agricultura familiar, posibilitando así el gran objetivo de la región: la inclusión social. En la región amazónica, las vocaciones están más volcadas hacia el aprovechamiento forestal, que puede ser utilizado en diversos pueblos que viven aislados en micro regiones remotas (islas energéticas). En esta región que abarca cerca del 60% del territorio brasileño, la producción de biodiésel no sólo tiene por objetivo la inclusión social, sino la integración nacional en numerosos pequeños negocios. En las regiones del sur, las vocaciones agrícolas están volcadas en culturas mecanizadas como la soja, el girasol y otras. En este caso, la motivación para la producción del biodiésel reside en la mejora ambiental de las grandes ciudades.

Sobre la productividad agrícola asociada a la conservación del suelo, la producción sostenible de biodiésel deberá dirigirse hacia cultivos permanentes. Existen innumerables palmeras en Brasil con ciclos de vida productiva superior a 50 años, con posibilidades de producir millares de litros de aceite por hectárea. Ya es sabido que existen palmeras nativas amazónicas que presentan potenciales mayores que la palma africana. Parece por tanto necesario un estudio de domesticación de tales palmeras.

MÓDULO III: ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico de la producción de biodiésel siempre deberá hacerse a la luz de su cadena productiva que, con sus especificidades, comprende productos, subproductos y varias formas de residuos valorables. El coste del biodiésel es una función predominantemente dependiente del coste de la materia prima.

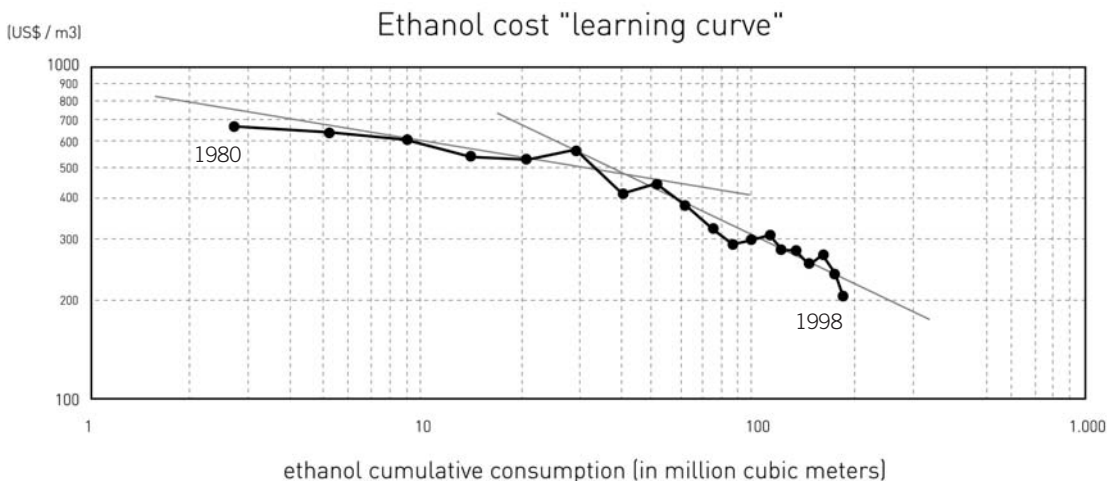
Cadenas Productivas del Biodiésel



El diagrama presentado reúne genéricamente las cadenas productivas de los lipocombustibles (biodiésel y bioqueroseno) que pueden ser producidos a partir de las oleaginosas o grasas animales.

Las valorizaciones de los residuos forestales, de los residuos agrícolas y de los residuos animales constituyen además de un desafío tecnológico, verdaderas materias primas potencialmente capaces de convertir tanto el biodiésel como el bioqueroseno en combustibles más competitivos; tal y como ocurrió con la caída histórica del precio del alcohol etílico cuando los elementos de su cadena productiva se valorizaron debidamente. Como resultado, el coste del metro cúbico de etanol paso de 700 dólares en 1980 a los actuales 200 dólares. Este ejemplo deberá repetirse con el biodiésel.

A continuación, la llamada “curva de aprendizaje” del etanol sufrió una disminución progresiva de los costes a raíz de las mejoras de las productividades agrícolas, los perfeccionamientos del proceso productivo o el mejor uso del bagazo.



Fonte: COPERSUGAR

Externalidades y Transversalidades

El biodiésel no es simplemente un sustituto para el petrodiésel. Se trata de mucho más que eso.

A través de sus cadenas productivas, la producción de biodiésel contribuye a disminuir el efecto invernadero, además de generar empleo y renta en el campo, constituyendo así un excelente mecanismo de erradicación de la miseria.

El uso de biodiésel mezclado con petrodiésel contribuye a la disminución de contaminantes químicos que causan graves impactos en la fauna y la flora.

Toda oleaginosa está compuesta por dos porciones: una porción lipídica (aceite) y otra porción proteica (torta). De esta manera, producir biodiésel implica imperativamente producir alimentos, ya sea mediante la utilización de la torta en la alimentación del ganado (carnes, huevos, leche y sus derivados) o como biofertilizante para las plantas (frutas, legumbres, granos, etc). Esta transversalidad del biodiésel es realmente importante cuando se incluye en la siguiente ecuación de uso de la biomasa:

$$\text{Biomasa} = \text{Biodiésel} + \text{Alimentación} + \text{Biofertilizante}$$

Donde,

- El Biodiésel es verdaderamente la energía o alimento de las máquinas;
- La alimentación es la energía o combustible de los animales, incluido el hombre;
- El Biofertilizante representa la energía, alimento o combustible de las plantas.

Las externalidades ambientales y sociales del biodiésel y sus transversalidades, fundamentalmente las respectivas al sector alimenticio, deben ser consideradas en el análisis competitivo respecto del petrodiésel, en especial cuando deben ser valorizados los factores estratégicos en la preparación y construcción de la Era Post Petróleo.

MÓDULO IV: COOPERACIÓN Y BIODIÉSEL

La TECBIO, como empresa de base tecnológica, se dispone a construir alianzas productivas con empresas metalúrgicas o grupos económicos para el abastecimiento plural de Sistemas de Producción de Biodiésel, es decir, la fabricación y montaje de sistemas polivalentes de pequeño, medio y gran tamaño, compatibles con las diversificadas situaciones y oportunidades.

ISF

**INGENIERÍA SIN FRONTERAS
ASOCIACIÓN PARA EL DESARROLLO**

GOCMA

**GRUPO DE COOPERACIÓN DE
ORGANIZACIÓN, CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE**



Súmate al proyecto ISF

Participa en la construcción de un mundo más justo y solidario

Hazte socio



Foto: Elena Padial / ISF

¿Podrías vivir con menos de un euro al día?

1.200 millones de personas viven en condiciones de pobreza extrema. (<1 euro/día).

¿Has pensado como sería tu vida sin acceso al agua potable?

1.200 millones de personas no lo tienen y 2.400 millones carecen de sistemas de saneamiento adecuado.

¿Te imaginas tu vida social y profesional

sin una fuente estable de energía o sin teléfono?

1.800 millones de personas carecen de electricidad y dos tercios de los hogares del mundo no pueden hacer una llamada telefónica ni en situaciones de emergencia.

Fuente: PNUD. Naciones Unidas



Foto: Elena Padial / ISF

En Ingeniería Sin Fronteras (ISF) contribuimos a paliar estas realidades. Estos son algunos de nuestros programas:



Foto: ISF

Programa hidrosanitario en Tanzania: abastecimiento de agua potable, infraestructuras de saneamiento y educación higiénico sanitaria.

Programa de desarrollo agropecuario en Nicaragua: apoyo a la producción, el acopio, la transformación y comercialización de productos agrarios.

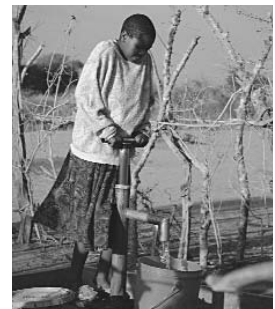


Foto: Elena Padial / ISF

Provisión de servicios telemáticos para agentes de desarrollo en Benin: acceso a correo electrónico, Internet, formación de usuarios y mantenimiento.



GRUPO DE COOPERACIÓN DE ORGANIZACIÓN, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE (GOCMA)

INTRODUCCIÓN

El Grupo de Cooperación “Organización, Calidad y Medio Ambiente” (GOCMA) se constituye en septiembre de 2005, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. Se trata de un grupo pluridisciplinar, impulsado por un grupo de profesores de los Departamentos de “Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística” y de “Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente” que llevan varios años colaborando en actividades docentes e investigadoras en el ámbito de la cooperación internacional.

El grupo lo integran, además, doctorandos y alumnos de últimos cursos becados, y cuenta con la colaboración de profesionales expertos de organizaciones de cooperación. En la actualidad, el GOCMA está participando en varios proyectos de investigación aplicada a la cooperación, financiados por instituciones como la Secretaría de Estado de Cooperación, el Ayuntamiento de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y la ONGD Ingeniería sin Fronteras.

El grupo tiene como fin contribuir, a través de la investigación, a la mejora de la calidad y del impacto de la cooperación internacional para el desarrollo.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Gran parte de la actividad investigadora del GOCMA se sitúa en dos ejes principales:

- Por un lado, en el desarrollo de proyectos de investigación-acción orientados a la mejora de la calidad de las organizaciones que trabajan en el ámbito de la cooperación y de sus redes, entendiendo la calidad como la promoción de procesos y sistemas de mejora continua.
- Por otro lado, en la elaboración de estudios e informes que apoyen el diseño, la planificación, la gestión y la evaluación de políticas públicas y programas de cooperación, con especial atención a la provisión de servicios básicos en los sectores del agua y la energía.

Estas líneas se concretan en diferentes áreas de atención prioritaria para el grupo:

1. Organización, estrategia y calidad en las organizaciones de la cooperación y, particularmente, en las organizaciones no gubernamentales de desarrollo (ONGD) y sus contrapartes de los países en los que actúan.
2. Redes organizativas en la cooperación, incluyendo estudios sectoriales, diseño, gestión y análisis de estructuras en red, así como el establecimiento de alianzas público-privadas en programas de cooperación.
3. Evaluación del impacto de políticas y programas de cooperación, mediante el uso de herramientas de evaluación estratégica multicriterio o de análisis estadístico, con especial atención a sectores tecnológicos como el agua o la energía.
4. Asesoramiento en proyectos de cooperación que incluyan componentes de sostenibilidad ambiental en ámbitos como, por ejemplo, el de los biocombustibles, la regulación de emisiones contaminantes, y el acondicionamiento y depuración de aguas.

Durante los últimos años, la crisis energética que atravesamos (aumento del precio del petróleo y del gas, disminución de las reservas, crisis políticas derivadas, etc.) ha llevado a plantearse el uso de formas alternativas de energía entre las que destaca el biodiésel (éster obtenido a partir de la combinación de aceites vegetales con metanol o etanol). El uso generalizado a nivel mundial de biodiésel llevaría a una demanda tan elevada de aceites vegetales para su fabricación que Ingeniería Sin Fronteras, Asociación para el Desarrollo (ISF-ApD) y el Grupo de cooperación en Organización, Calidad y Medio Ambiente (GOCMA) de la Universidad Politécnica de Madrid, han pensado en las posibilidades que se abren para los pequeños agricultores de los países pobres que podrían producir semillas que dieran lugar a esos aceites de forma sostenible y con un gran beneficio social para las comunidades. Sin embargo, las experiencias previas en promoción de cultivos oleaginosos para producir biodiésel no siempre han tenido éxito: son proyectos complejos en los que intervienen muchos factores técnicos, económicos y sociales y todos deben encajar para que el proyecto funcione.

Con el fin de reunir el conocimiento necesario para asegurar el éxito de un proyecto de promoción de biodiésel y servir de sensibilización para ofrecer una vía de transformación social y participación democrática se organizó el taller internacional sobre "Biodiésel y Cooperación para el Desarrollo" los días 6 y 7 de marzo de 2006 en Madrid. Al taller acudieron científicos de universidades españolas como la Politécnica de Madrid, Complutense de Madrid, Universidad de Castilla La Mancha y Universidad de Extremadura y de Universidades de Nicaragua, Austria, Alemania y la República Checa; representantes de empresas de España, Brasil e India; así como representantes de productores de biodiésel tanto españoles como europeos.

Estas ponencias forman parte del trabajo que ISF-ApD realiza en formación e investigación en tecnología para el desarrollo humano en el Norte. Ingeniería Sin Fronteras, es una Organización No Gubernamental de Cooperación al Desarrollo (ONGD) cuya misión es poner la Tecnología al servicio del Desarrollo Humano. ISF está convencida que es técnicamente posible cubrir las necesidades de alimentación, salud, vivienda y educación de toda la población mundial y que la ingeniería es una herramienta esencial para el Acceso Universal a los Servicios Básicos, e imprescindible para conseguir una vida digna. ISF apuesta por otro modelo de desarrollo que respete el medio ambiente y ponga en primer lugar a las personas y a las comunidades.

La colaboración del GOCMA forma parte de su interés en contribuir, a través de la investigación, a la mejora de la calidad y del impacto de la Cooperación Internacional para el Desarrollo. En concreto, uno de sus objetivos es investigar y colaborar en proyectos de cooperación que incluyan componentes de sostenibilidad ambiental como son, entre otros, la producción y uso de biocombustibles, la regulación de emisiones contaminantes, el acondicionamiento y la depuración de aguas.

Con el apoyo de



Con el patrocinio de

