

ALGUNAS CONSIDERACIONES PRELIMINARES ACERCA DE LA FACTIBILIDAD DE LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

Pedro Julio Villegas Aguilar¹; Rolando Zanzi Vigoroux²; Bernardo Bucki Wasserman³;
Eugenio Bonnet⁴; Iosvani López Díaz¹; Idalberto Herrera Moya¹; Eduardo Viedma Paoli⁵

¹Centro de Estudios de Energía y Tecnologías Ambientales (CEETA), Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 54830, CUBA. Teléfono: 53 42 281194 - Fax: 53 42 281608 - Email: pjva@uclv.edu.cu; pjva00@gmail.com

²Royal Institute of Technology, Chemical Engineering and Technology, Chemical Technology. 10044, Stockholm, SWEDEN. Teléfono: 46 8 790 8257 - Fax: 46 8 10 8579 - Email: rolando@ket.kth.se

³Grupo de Estudios sobre Energía (GESE), Unidad Académica Confluencia. UTN. Plaza Huincal, 8318, Neuquén, ARGENTINA. Teléfono: 54 299 496 3292 - Email: ingbucki@speedv.com.ar

⁴Centro de Estudios e Investigación de la Energía Solar (CEIES). Juan José Silva1246 – 3600. Formosa, ARGENTINA. Teléfono: 54 – 03717 – 15672050- Email: cedesolarg@yahoo.com.ar

⁵Universidad Politécnica de Asunción, Nuestra Señora de la Asunción, 1053. PARAGUAY. Teléfono: 59 521 448 831- Email: face@upap.edu.py

RESUMEN

El combustible de origen vegetal que reemplaza al diesel fósil se llama "Biodiesel". Se elabora en 25 países, a partir de aceites vegetales obtenidos de semillas, plantas, o algas oleaginosas. Su energía específica es un 5% menor que la del diesel, pero su elevada lubricidad compensa esta diferencia, por lo que el rendimiento energético de ambos combustibles es esencialmente el mismo. La lubricidad del biodiesel es notable; duplica la vida útil de los motores de combustión interna que lo utilizan. Por este motivo se lo usa mezclado con diesel de bajo contenido de azufre, para mejorar la lubricidad de éste. Su mezcla también mejora el índice de cetanos del diesel fósil. La fabricación del biodiesel es sencilla, y no requiere de economías de escala: Se parte de un aceite vegetal, que se somete a un proceso llamado de trans-esterificación.

Con vista a estudiar la posibilidad de obtener el biodiesel en las condiciones propias de países subdesarrollados, se realiza un análisis de factibilidad teniendo en cuenta varios factores, como son: la selección de un cultivo oleaginoso, capaz de proporcionar el aceite vegetal necesario para la producción del bio-derivado; el estudio de la obtención a escala de laboratorio a partir del aceite vegetal del cultivo seleccionado y etanol y por último, la estimación del costo del biodiesel obtenido. Finalmente, se concluye que es posible obtener biodiesel en países del tercer mundo a partir de la utilización de aceite vegetal y etanol con propiedades químicas y físicas aceptables, resultando adecuado el cultivo de girasol para la producción de aceite vegetal a emplear en la elaboración de biodiesel, debido sus relativamente bajos costos de producción (alrededor de \$ 0,50 USD/l) y el balance energético positivo que se alcanza con este cultivo, generando 4,5 litro de aceite por cada litro de combustible consumido en el proceso agroindustrial de obtención del aceite.

Palabras claves: bio-combustibles, combustión, cultivos oleaginosos.

I. INTRODUCCIÓN

Existen dos tipos de motores de combustión interna, los cuales se clasifican de acuerdo a la combustión que realizan: por chispa, o por compresión. El biodiesel solo se puede utilizar en motores de combustión por compresión. El primer motor de encendido por compresión utilizaba como combustible aceite de maní, su inventor el Dr. Rudolf Diesel lo diseñó en 1900, para que funcionara con aceites vegetales los cuales son renovables. [1] Al pasar de los años los derivados del petróleo reemplazaron a los aceites vegetales debido a su menor precio y fácil obtención. Luego el desarrollo y perfeccionamiento de estos motores se basó en el uso de combustibles derivados del petróleo. El uso de aceites vegetales puros es engorroso y la durabilidad del motor se ve afectada debido a su alta viscosidad y una marcada tendencia a formar coque en los inyectores, y en los aros del motor. [2, 3, 4] Hace unos cinco años aproximadamente, debido a la subida del precio del petróleo y debido a las emisiones contaminadoras del medio ambiente dio lugar a un renovado interés por el biodiesel. Aunque es un derivado de los aceites vegetales, no tiene inconvenientes, al contrario prolonga la vida de los motores debido a su poder lubricante y mejora el funcionamiento del motor gracias al oxígeno que contiene. [5, 6, 7]

II. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL EMPLEO DE BIODIESEL Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

En Europa el biodiesel se produce principalmente a partir del aceite de la semilla de canola (también conocida como colza o rapeseed) y el metanol, denominado comercialmente como RME (Rapeseed Methyl Ester), el cual es utilizado en las máquinas diesel puro o mezclado con aceite diesel, en proporciones que van desde un 5% hasta un 20%, generalmente. En Alemania y Austria el biodiesel se usa puro para máximo beneficio ambiental. Además de la colza, en los últimos años se ha producido biodiesel a partir de soya, girasol y palma, siendo esta última la principal fuente vegetal utilizada en Malasia para la producción de biodiesel PME y PEE (Palm Methyl Ester y Palm Ethyl Ester). La Tabla 1 que se presenta seguidamente muestran los principales países de Europa productores de biodiesel.

Como puede observarse en la Tabla, la producción de este combustible renovable ha ido incrementándose aceleradamente, sobre todo en los países más desarrollados, lo que hace suponer que los países menos desarrollados económicamente deben incrementar sus acciones en ese sentido. Los países suramericanos en los cuales se está trabajando con mayor fuerza en la utilización del biodiesel como combustible alternativo son Argentina, Brasil, Colombia y Paraguay.

En la Unión Europea se estableció que para este año 2005, el 5% de los combustibles debe ser renovable, porcentaje que deberá duplicarse para 2010. En Francia, todos los combustibles diesel poseen un mínimo del 1% de biodiesel. En Alemania, el bio-

combustible se comercializa en más de 350 estaciones de servicio y su empleo es común en los cruceros turísticos que navegan en sus lagos.

País	Capacidad instalada (tn/año 2000)	Producción (tn/año 2000)
Alemania	550.000	415.000
Francia	290.000	286.000
Italia	240.000	160.000
Bélgica	110.000	86.000
Inglaterra	2.000	2.000
Austria	20.000	20.000
Suecia	11.000	6.000
Checoslovaquia	47.000	32.000
Total	1.270.000	1.005.000

Tabla 1. Resumen de la obtención de biodiesel en algunos países europeos [3].

II.2. Composición del biodiesel

Técnicamente consiste en ésteres mono-alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos naturales. La Agencia de Protección Ambiental (EPA/EE.UU.) lo tiene registrado para utilización como combustible puro (100% de biodiesel, o B100), como mezcla-base (con 20% de biodiesel y el resto de diesel, B20), o como aditivo de combustibles derivados del petróleo en proporciones del 1 al 5%.

II.3. Impacto ambiental de la utilización del biodiesel

El biodiesel reduce la contaminación. Las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen un 100 %. La emisión de hollín se reduce un 40-60%, y las de hidrocarburos (HC) un 10-50 %. La emisión de monóxido de carbono (CO) se reduce un 10-50%. Se reduce igualmente la emisión de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), y en particular de los siguientes derivados, de comprobada acción cancerígena: Fenantrén - 97%; Benzofluorantren - 56%; Benzopirenos - 71%. Finalmente, la emisión de compuestos aromáticos y aldehídos se reduce un 13%, y las de óxidos nitrosos (NOx) se reducen, o aumentan, 5-10% de acuerdo con el desgaste del motor, y la calibración de la bomba de inyección. Estos resultados se representan en la Figura 2, de la cual se derivan las valoraciones siguientes:

- El Biodiesel puro (B 100) comparando con el diesel que habitualmente usan los motores de combustión interna, reduce las emisiones de todos los contaminantes, incluyendo material particulado, excepto el NOx.
- En el balance general se reduce el smog potencial.
- Se reducen los niveles de hidrocarburos poliaromáticos (cancerígenos) en un 75%.
- Lo compuestos orgánicos volátiles (VOCs) como benceno y antraceno se reducen en un 50%.

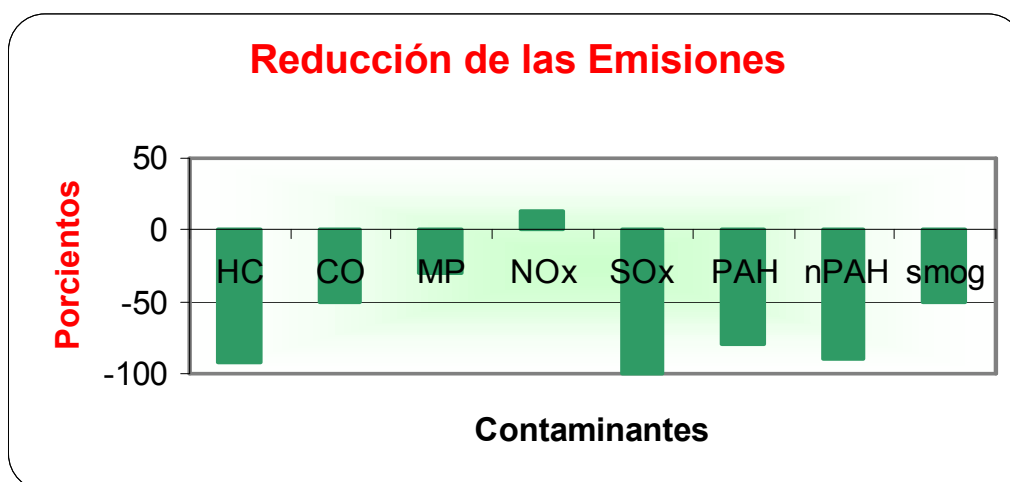


Figura 1. Impacto ambiental del uso del biodiesel.

Otra característica del biodiesel que incentiva su uso, es que es 100% biodegradable. En menos de 21 días, desaparece toda traza de éste en la tierra, siendo su toxicidad inferior a la de la sal común de mesa. En la Tabla 2 que se presenta seguidamente se detalla en las propiedades del biodiesel como combustible, notándose que en la mayoría de las propiedades no existen diferencias significativas,

solo en el caso del punto de ignición se observan diferencias notables, que no afectan el buen funcionamiento del motor y constituye una ventaja para su almacenamiento.

propiedad	diesel	aceite de girasol	metil éster de girasol	aceite de colza	metil éster de colza
Densidad (15°C) (kg/l)	0,84	0,92	0,89	0,9	0,883
Punto de ignición (°C)	63	215	183	200	153
Viscosidad cinemática (mm ² /s)	3,2	35	4,2	39	4,8
Número de cetano	45 – 50	33	47 – 51	35 - 40	52
Calor de combustión (Mj/kg)	44	39,5	40	----	40
Punto de enturbiamiento(°C)	0	-6,6	3	----	-3
Azufre (% peso)	0,3	<0,01	<0,0 1	<0,01	<0,0 1
Residuo de carbón (% peso)	0,2	0,42	0,05	----	----

Tabla 2. Propiedades como combustibles de los metil ésteres del aceite en comparación con el diesel [11].

II.4. Ventajas del uso del biodiesel como combustible

II.4.1. Ventajas operativas del biodiesel respecto al diesel

- Mínimas diferencias en torque, potencia y consumo de los motores.
- Mayor punto de ignición lo que reduce peligro de explosiones por emanación de gases durante el almacenamiento.
- Índice de cetano promedio de 55.
- Mayor lubricidad lo que favorece el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección.

II.4.1.1. Ventajas técnicas

- No se requieren mayores modificaciones en los motores diesel convencionales para su uso, obteniéndose similares rendimientos.
- Su utilización sustitutiva no demanda modificaciones de la infraestructura de distribución y venta de combustibles líquidos ya instalada.
- Transporte y almacenamiento más seguros dado el alto punto de ignición del biodiesel.

II.4.1.2. Ventajas ambientales

- Alta bio-degradabilidad, comparable a la de la dextrosa.
- Al no contener azufre permite el uso de catalizadores para mejora de la combustión y minimización de gases de escape.

II.4.1.3. Ventajas socioeconómicas

- Es muy ventajoso para el autoabastecimiento de combustible al productor agropecuario, en términos de microeconomía.
- Independiza a los países agro-productores del abastecimiento de combustibles fósiles por parte de los países productores de petróleo, en términos de macroeconomía.
- Los proyectos de inversión asociados a una sustitución en cualquier escala constituyen una fuente potencial de nuevos puestos de trabajo.

II.4.2. Limitaciones o Desventajas

- Alta dependencia del costo de las materias primas.
- Generación de un co-producto (glicerina) cuya purificación a grado técnico solo es viable para grandes producciones.
- Problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0°C).
- Escasa estabilidad oxidativa (vida útil / periodo máximo de almacenamiento inferior a seis meses).
- Incompatible con una serie de plásticos y derivados del caucho natural, lo que significa que deben sustituirse algunos componentes del motor: mangueras, juntas, sellos, diafragmas, partes de filtros y similares.
- Cuando se lo carga en tanques sucios por depósitos provenientes del diesel, al limpiar dichos depósitos por disolución parcial, puede terminar obstruyendo las líneas de combustible.

III. PARTE EXPERIMENTAL

El proceso mediante el cual se elabora el biodiesel se denomina trans-esterificación de ácidos grasos, el cual produce un producto denominado como alcohó-ésteres de ácidos grasos, conocido como biodiesel y un subproducto llamado glicerol o glicerina. [8,9] Todos los aceites vegetales presentan una molécula de alcohol pesado a la que están adheridas una, dos, o tres cadenas de ésteres. El proceso se basa en reemplazar esa molécula de alcohol pesado por una de un alcohol liviano. Para realizar este intercambio de moléculas se necesita un catalizador. [10, 11]

III.1. Reacción de trans-esterificación

El proceso de trans-esterificación del aceite o grasa con alcoholes ligeros, que se esquematiza más abajo en la Figura 2, utiliza un catalizador adecuado, para generar ésteres de ácidos grasos (biodiesel). El alcohol que generalmente se utiliza es metanol. Como co-producto se obtiene glicerina, que se puede utilizar en otros procesos de interés industrial, suponiendo un balance positivo desde el punto de vista económico.

III.2. Requerimientos de las materias primas

III.2.1. Alcoholes

Los alcoholes que se utilicen deberán ser anhidros para que el proceso no sea incompleto. El alcohol más frecuentemente utilizado es el metanol, aunque se pueden utilizar otros alcoholes ligeros como etanol, propanol o butanol.

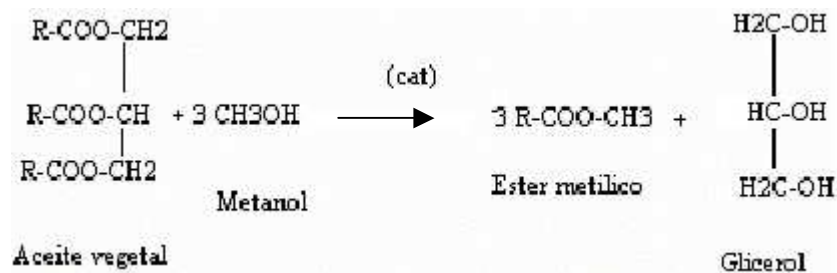


Figura 2. Proceso de trans-esterificación.

III.2.2. Catalizadores

En el caso de los catalizadores puede utilizarse NaOH o KOH. Si se utiliza metanol debe utilizarse NaOH, si al contrario se utiliza etanol se debe utilizar KOH. En este caso también debe tenerse en cuenta que los catalizadores no se humedezcan.

III.2.3. Aceites

El aceite puede ser virgen o puede haber sido utilizado en la cocina, debe ser anhidro y libre de impurezas.

III.3. Equipamiento

Para los ensayos preliminares se empleó útiles de laboratorio de uso frecuente en las operaciones de prensado, mezclado, separación de fases, etc.

III.4. Modo de preparación

Para elaborar un litro de biodiesel usando metanol, se usó:

- Metanol anhidro: 200 ml
- Aceite vegetal anhidro y filtrado: 1 L
- NaOH : 3.5 g

Para elaborar un litro de biodiesel usando etanol, se empleó:

- Etanol anhidro: 300 ml
- Aceite vegetal anhidro y filtrado: 1 L
- KOH : 9 g

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Evaluación de algunas plantas a partir de las cuales se elabora el biodiesel

El estudio realizado permitió determinar los litros de biodiesel que pueden obtenerse por hectárea, a partir de cada uno de los cultivos oleaginosos que comúnmente se cultivan en países en vías de desarrollo. Los resultados se resumen a continuación:

- Soja (*Glycine max*): 420 litros
- Arroz (*Oriza sativa*): 770 litros
- Tung (*Laurites fordii*): 880 litros
- Girasol (*Helianthus annuus*): 890 litros
- Mani (*Arachis hipogaea*): 990 litros
- Colza (*Brassica napus*): 1100 litros
- Ricino (*Ricinos communis*): 1320 litros
- Jatropa (*Jatropha curcas*): 1590 litros
- Aguacate (*Persea americana*): 2460 litros
- Coco (*Cocos nucifera*): 2510 litros
- Cocotero (*Acrocomia aculeata*): 4200 litros
- Palma (*Elaeis guineensis*): 5550 litros

IV.2. Estimación preliminar del costo de producción del biodiesel a partir de girasol

El aceite vegetal constituye el recurso fundamental para la elaboración del biodiesel por lo que en condiciones donde no existe una industria aceitera desarrollada, es necesario seleccionar un cultivo oleaginoso que proporcione el aceite vegetal con tales fines. Luego de evaluar las posibilidades de diferentes cultivos oleaginosos, se selecciona el girasol por varias razones fundamentales dentro de las cuales se pueden destacar:

1. Bajos costos de su cosecha.
2. Facilidad para adaptarse a diferentes condiciones de suelo y clima.
3. Alta capacidad de competir con la maleza por poseer efectos alelopáticos.
4. Gran resistencia a plagas y enfermedades.
5. Facilidad para la extracción de su aceite.
6. Relación favorable entre el aceite y los residuos.
7. Gran utilidad de sus residuos.
8. Capacidad de producción de grandes cantidades de aceite por unidad de área y de tiempo.

La metodología seguida para la estimación preliminar del costo de producción del biodiesel a partir del girasol consta de los siguientes pasos:

- I. **Determinación de costo de la cosecha:** según López Díaz y col. [12], el costo para cosechar sobre una hectárea de girasol es de 80 USD.
- II. **Valoración de los requerimientos de la cosecha:** el girasol es una planta anual, de clima continental, muy rústico y poco exigente en abono, de crecimiento rápido y de extraordinaria resistencia la sequía, producto de su profundo sistema radicular. Tiene gran adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima así como es resistente al frío y la salinidad, puede desarrollarse con pluviosidad de solo 250 mm, por lo que no requiere aplicación de regadío ni fertilizantes.
- III. **Atenciones culturales requeridas:** debido a los efectos alelopáticos de este cultivo, no requiere del empleo de herbicidas para el control de las malas hierbas, por lo que después de cosechado deja el terreno limpio lo que facilita el laboreo mínimo para el siguiente cultivo y aporta con su rastrojo una gran cantidad de materia orgánica.
- IV. **Control fitosanitario:** este cultivo es atacado muy poco por plagas y enfermedades, evitando la necesidad de aplicar productos químicos para su control, abaratando el costo de su cultivo.

- V. **Especificidades del proceso extractivo:** para llevar a cabo la extracción de su aceite solo se debe garantizar una buena limpieza o beneficio de la semilla y una baja humedad que puede lograrse con un secado natural, este cultivo es poco exigente en cuanto a tratamientos a la semilla previos a la extracción. El aceite puede obtenerse a partir de cualquiera de los métodos desarrollados, ya sea extracción mecánica (prensado), extracción por solventes químicos o la combinación de ambos métodos. Lográndose rendimientos de 30 y 52%, respectivamente.
- VI. **Evaluación de los rendimientos:** una hectárea de girasol en seca sin fertilización produce:
- 1.4 toneladas de granos.
 - 420 litros de aceite.
 - 1.5 toneladas de forraje.
 - 0.6 toneladas de pienso.
- VII. **Valor agregado de los subproductos:** de la planta de girasol no solo se obtiene el beneficio del aceite extraído de sus semillas, sino que se obtiene además una torta rica en proteínas y de excelentes cualidades para la alimentación de cerdos, aves y conejos con un 22% de grasas y un 22% de proteínas, por otra parte la parte verde de la planta representa forraje para el ganado.
- VIII. **Tiempo mínimo requerido para la cosecha:** el girasol tiene gran rendimiento por unidad de área y tiempo más de 2 toneladas por hectárea en tan solo 100-120 días.
- IX. **Cuantificación de los costos durante la cosecha:** En una hectárea de girasol con un rendimiento agrícola de 1.4 (mínimo) ton y un rendimiento en la extracción de un 30% pueden obtenerse 420 litros con un costo total de 90 USD y como coproducto de este proceso se obtendría la torta de girasol rica en proteínas en una cantidad de 980 kg, esta torta en el mercado tiene un valor de \$115 USD/ton por lo que se estaría generando en valores agregados \$112.7 USD/ha. Por otra parte según la carta tecnológica de este cultivo en la producción de los 420 litros de aceite se consumen aproximadamente 97.3 litros de combustible desde la fase agrícola y teniendo en cuenta el diesel equivalente a la energía eléctrica gastada en el proceso de extracción. Puede decirse que se producen 4.31 litros de aceite por cada litro de combustible consumido. Lo anteriormente dicho se ilustra en la Figura 3.

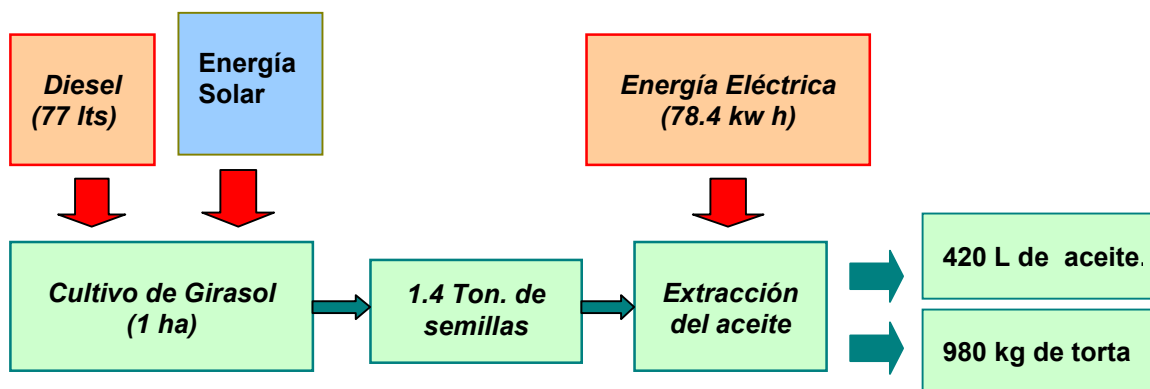


Figura 3. Balance energético del cultivo de Girasol.

- X. **Cuantificación del consumo de combustible tradicional durante la cosecha y extracción:**
- 78.4 KW-h equivalen a 21.3 litros de petróleo, lo que significa 0.045 USD/l (asumiendo un precio de 70 USD para el barril de petróleo).
 - Diesel total consumido será: 97.3 litros
 - Litros de aceite producido por litro de combustible consumido: 4.31 litros
- XI. **Costo preliminar de producción:** El costo de la elaboración de biodiesel a partir de aceite vegetal, teniendo en cuenta las características propias de este cultivo, sus costos de producción y el balance energético positivo que se alcanza con este cultivo es de 0,13 USD, generando 4,31 litros de aceite por cada litro de combustible consumido en el proceso agroindustrial de obtención del aceite.
- XII. **Costo total de producción:** Para la realización del análisis económico se tomaron los precios del litro de aceite ya determinados (0.13 USD) calculados a partir de los costos del proceso agroindustrial para un rendimiento de 1.4, el precio del etanol tomado fue de 30 USD/hl; el precio del hidróxido de potasio (10 USD/kg) según los listados de precios de Reactivos Químicos de Merck. Los costos del equipamiento, operación y el consumo de energía se calcularon para un procesador de 200 litros de capacidad [13], operado por dos técnicos durante 8 horas por día. El análisis preliminar de los costos para la preparación de un litro de biodiesel se observa en la Tabla 3.

Como puede apreciarse en los resultados del análisis económico preliminar, el costo estimado de un litro de biodiesel a partir de aceite vegetal de girasol y etanol es de aproximadamente 0.50 USD, producido en condiciones extremas, esto es, rendimientos de cosecha mínimos. Debe esclarecerse que dependiendo de los rendimientos agrícolas del cultivo de girasol, que frecuentemente son superiores a 1.4 ton de semillas/ha, su producción resulta factible, no solo por los resultados económicos que se alcanzan sino por la posibilidad de hacerlo con materias primas relativamente baratas. Además, si se tiene en cuenta el valor agregado presente en los coproductos asociados al proceso de elaboración del biodiesel incluyendo todo el proceso agroindustrial, fundamentalmente la glicerina, la producción de este combustible se convierte más competitiva y factible.

Insumos	Cantidad	U/M	Costos USD
Aceite	1	L	0.13
Etanol	0.3	L	0.09
Hidróxido de potasio	0.009	kg.	0.09
Costo del equipamiento y el salario			
Planta productora de biodiesel			0.13
Costo de operación planta			
Energía	Kw-h	78.4	0.045
Costo total			0.485

Tabla -3. Estimación preliminar del costo de un litro de biodiesel obtenido de aceite de girasol y etanol.

V. CONCLUSIONES

El biodiesel es un combustible obtenido mediante un proceso sustentable a partir de materias primas vegetales renovables, a diferencia de los derivados del petróleo, que dependen de reservorios fósiles no renovables. Por ello puede afirmarse que el biodiesel tiene un efecto positivo sobre el ciclo del carbono en la naturaleza.

La combustión del biodiesel libera a la atmósfera dióxido de carbono (CO₂), elemento que se asocia al efecto invernadero. Pero este CO₂ es a su vez fijado por los vegetales, que lo utilizan como materia prima para construir sus tejidos durante la fotosíntesis.

Es posible cuantificar el crédito ambiental de un combustible de base renovable calculando cuánto CO₂ fija una plantación de oleaginosa determinada, y comparándolo con el CO₂ que genera la combustión del biodiesel que se puede fabricar con esa misma plantación. Cualquiera sea este crédito ambiental, que dependerá del tipo de oleaginosa, del proceso de fabricación del biodiesel y de la eficiencia de combustión de los motores, siempre será mayor que el de un combustible fósil que, por su propia naturaleza, sólo genera gases de combustión sin que en su proceso de fabricación aparezca una fase agrícola de fijación de carbono.

VI. REFERENCIAS

- Herrera Moya, I.; López Díaz, I.; Villegas Aguilar, P. J. Análisis experimental del comportamiento de un motor diesel y de las emisiones de gases empleando biodiesel obtenido de aceite de girasol y etanol 97 como combustible. *Memorias de la Conferencia Internacional COMEC'2004 (ISBN: 959-250-147-5)*, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba, noviembre del 2004.
- <http://www.afdc.doe.gov/resourceguide.html>
- <http://www.biodiesel.de/biodiesel2000.htm>
- <http://www.biodiesel-intl.com>
- <http://www.dieselnet.com>
- <http://www.biodiesel.org>
- <http://www.ecosur.net/Biodiesel/biodiesel.html>
- <http://www.journeytoforever.org>
- <http://servicios.invertia.com>
- <http://www.sunfuel.org>
- <http://www.veggievan.org/biodiesel>
- López Díaz, I.; Herrera Moya, I.; Villegas Aguilar, P. J. Biodiesel, una alternativa energética para el sector agrícola en Cuba. *Memorias de la Conferencia Internacional COMEC'2004 (ISBN: 959-250-147-5)*, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba, noviembre del 2004.
- Tickell, J. D. Fabricación de biodiesel. The Veggie Van Foundation. United States, 2002.

ABSTRACT

The fuel of vegetable origin that replaces to the fossil diesel calls "Biodiesel". it is elaborated in 25 countries, starting from vegetables oils obtained of seeds, plants, or oleaginous algae. Their specific energy is 5% smaller than the diesel, but its high lubricity compensates this difference, for what the energy yield of both fuels is essentially the same one. The lubricity of the biodiesel is remarkable; it duplicates the useful life of the internal combustion engines that use it. For this reason it uses blended with diesel of low sulfur content, to improve its lubricity. Their mixture also improvement the cetanos index of the fossil diesel. The production of the biodiesel is simple, and it doesn't require of scale economies: For its preparation start of a vegetable oil that undergoes to a process called trans-etherification.

To study the possibility to obtain biodiesel under the conditions characteristic of underdeveloped countries, an analysis of feasibility keeping in mind several factors is carried out, Into the aspects the most important are: the selection of an oleaginous cultivation, able to provide the necessary vegetable oil for the production of the bio-derivate; the study of the obtaining at laboratory scale starting from the vegetable oil of the selected cultivation and ethanol and lastly, the cost estimation of the obtained biodiesel. Finally, the work conclude that is possible obtain biodiesel in third world countries starting from the use of oil vegetable and ethanol with acceptable chemical and physical properties, being appropriate the sunflower cultivation for the production of vegetable oil to use in the biodiesel elaboration, due their relatively low production costs (around \$0,50 USD per liter) and the positive energy balance that is reached with this cultivation, generating 4,5 liter of oil for each liter of fuel consumed in the agro-industrial process of obtaining of the oil.

Key words: biofuels, combustion, oleaginous cultivations.