

BIODIESEL: UNA OPCIÓN PARA RECUPERAR ENERGÍA DE ACEITES VEGETALES RESIDUALES Y GRASAS BOVINAS

Montero, G.^{*1}; Vázquez, A.^{1,2,3}; Sosa, J.⁴; Campbell, H.¹; Lambert, A.⁵

¹Instituto de Ingeniería. ²Estudiante del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

³Escuela de Ingeniería y Negocios. Guadalupe Victoria. ⁴Unidad de Estudios en Economía Agrícola y Agroempresa. ⁵Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California.

Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, BC-México.

Resumen

Baja California es un estado de la República Mexicana que satisface sus requerimientos energéticos mediante la importación de combustibles fósiles y el transporte de los mismos desde otras partes del país. Por ello, la producción de biocombustibles a partir de residuos oleicos representa una oportunidad para participar en la matriz energética de la entidad, y a la vez contribuir a resolver el problema de la disposición de grandes cantidades de aceite y grasas que desechan los establecimientos de preparación de alimentos. Por otra parte, reportes del sector productivo, muestran que en Baja California se producen anualmente más de 6000 toneladas de grasas bovinas, las cuales son utilizadas principalmente para la producción de alimentos balanceados y cuyo uso puede ser orientado hacia la obtención de biodiesel, considerando que su estructura química conlleva un contenido energético que resulta atractivo para su conversión en bioenergéticos. Contabilizando ambos insumos para la producción de biodiesel, se estima que es factible satisfacer un 65% de la demanda de diesel del sector transporte de Baja California, utilizando una mezcla B2. Resultados experimentales de este proyecto indican que el proceso más adecuado, para la obtención del biodiesel es una transesterificación alcalina, precedida de un tratamiento ácido.

Palabras clave: Biodiesel, residuos oleicos, aceites vegetales residuales, grasas bovinas.

1. Introducción

El Estado de Baja California, está situado en la región noroeste de la República Mexicana y en la parte septentrional de la Península del mismo nombre. Limita al norte con la frontera de Estados Unidos de América, al este por el río Colorado y el Mar de Cortés, al sur por el paralelo 28 y al oeste por el océano Pacífico [1].

Baja California es una entidad que depende económicamente de la industria metal mecánica, agroindustria, pesca, turismo y de un gran segmento de industria dedicada a la maquila de dispositivos electrónicos y de partes de la industria aeronáutica, entre otras. Entre los cultivos, destacan el algodón, en la zona que se conoce como Valle de Mexicali.

El estado de Baja California, no cuenta con recursos petrolíferos como otras entidades de México, por lo cual, es necesario transportar los combustibles fósiles que se consumen. Desde Estados Unidos, tratándose de gas natural, o desde Rosarito, puerto ubicado en el Pacífico, a donde llegan los buques tanques con los diferentes combustibles líquidos que se requieren, provenientes de las diferentes refinerías con que cuenta el país.

Las principales ciudades de Baja California son: Ensenada, Tijuana Rosarito, Tecate y su capital Mexicali. Las cuatro primeras ciudades se encuentran ubicadas en la zona costa del estado. Precisamente, en la zona costa, se encuentra una de las dos zonas productoras de

* Correspondencia: gmontero@iing.mx1.uabc.mx; gmontero4@gmail.com

25 mm

30 mm

25 mm

30 mm

ganado bovino para carne, que posee Baja California, donde se produce el 22% de la carne de bovino y la otra zona es la del Valle de Mexicali, donde se produce el 78 % restante. El Estado cuenta con 6 rastros, 3 rastros Tipo Inspección Federal (TIF) ubicados en Mexicali donde se produce una carne de excelente calidad gracias a los sistemas denominados ARPCC (análisis de riesgos en puntos críticos de control), implementados en todos los establecimientos TIF, 1 particular en Tijuana y 2 municipales en Ensenada y Tecate [2].

La población de Baja California, es esencialmente de tipo inmigrante, razón por la cual es un polo donde se encuentran varias culturas, lo que provoca la proliferación de diferentes tipos de estilos de preparación de alimentos. Así es posible encontrar cocina china, mexicana y la denominada rápida, entre otras. Por su mayor presencia, destaca la cocina denominada rápida, con alta influencia de la cultura estadounidense.

2. Antecedentes

En México, país con recursos petroleros, el desarrollo de la industria para la producción de bioenergéticos es incipiente. Entre los casos de industria dedicada al desarrollo de biocombustibles en México se encuentran: el Proyecto de Bioenergía de Nuevo León S.A. en Monterrey, primero en el país que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para generar energía eléctrica, con una capacidad de 7 MW. Otro caso es El Grupo Energéticos S.A., quien en colaboración con el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, firmó un convenio de colaboración para producir biodiesel a partir de grasa animal de desecho de rastros. En julio del 2005, en Nuevo León, se inauguró la planta con una inversión de 1.5 millones de dólares y con una capacidad de producción inicial de 500 mil litros por mes [3]

Como parte de esta gestión y promoción de los biocombustibles, en el año 2006, se desarrolló, por parte de la Secretaría de Energía, el Proyecto denominado Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, que arrojó datos determinantes en cuanto a las materias primas viables y las tecnologías, más adecuadas para producción de bioetanol y biodiesel, para ser utilizado en el sector transporte de México. Para la conversión a etanol fueron considerados como insumos: caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera, con las tecnologías maduras existentes, y en el caso de la caña de azúcar, se analizó la producción de etanol a partir del bagazo, cuya tecnología se encuentra en desarrollo. Con base en criterios de selección como: disponibilidad de una tecnología madura, costos, necesidades de inversión, superficie requerida, índice de energía neta y emisiones y mitigación de gases de efecto invernadero se seleccionó a la caña de azúcar como el cultivo más promisorio, que puede ser complementado por otros cultivos a mediano y largo plazo [4].

En el caso del biodiesel, en el proyecto, se estudiaron como insumos las semillas de colza, soya, jatropha, girasol, y cártamo, así como el uso de sebo animal y aceite reciclado. El análisis económico muestra que en todos los casos los precios de producción del biodiesel son mayores que el costo del diesel comercializado por Petróleos Mexicanos, empresa que maneja la producción y venta de todos los combustibles en el país. En México el diesel de petróleo tiene un bajo costo, y en el caso del sector agrícola, cuenta con subsidios especiales, que disminuyen más el precio por litro. Por otra parte, entre los resultados, destaca el hecho de que los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel, por lo que la utilización de materias primas residuales constituye una opción a considerar.

Aunque en México, el desarrollo de los biocombustibles apenas comienza, el gobierno con una visión prospectiva, ha comenzado a legislar al respecto. Así en apoyo al desarrollo de la industria de los biocombustibles en México, en febrero de 2008 se publicó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos [5], cuya finalidad es la de promover y

desarrollar bioenergéticos, sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país. Aunada a esta ley, a finales del mismo año, se aprobó la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, que tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica. Esta Ley prevé entre otros instrumentos, la creación de un fideicomiso que permitirá que las fuentes de energía renovable, alcancen en el 2012, un 8 por ciento en la participación de la generación de electricidad nacional, esto sin considerar la aportación de las grandes hidroeléctricas. Con esta Ley, se pretende que México se una al grupo de países, que cuentan con políticas públicas para fomentar el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía [6].

3. Metodología

En este contexto de ideas, donde la seguridad alimentaria del país es un factor primordial a considerar para la selección de materias primas, se seleccionaron dos insumos que representan un gran potencial para suministrar materia prima para la producción de biodiesel, sin necesidad de desplazar tierras de cultivo o utilizar granos o materia prima que sirva de alimento. Por ello, como primera parte del análisis efectuado, se evaluaron las grasas vegetales residuales, que constituyen un problema de carácter ambiental en el estado y las grasas bovinas, que hasta el momento, son enviadas a los centros de producción de alimentos balanceados.

3.1 Materias primas potenciales en Baja California

De acuerdo con reportes del Instituto de Estadística y Geografía de México, en Mexicali se reportaron 1094 restaurantes establecidos durante el año 2005 [7]. Tomando esta información, así como resultados de un estudio exploratorio efectuado por personal del Instituto de Ingeniería de la UABC [8], se estimó que la generación de aceites vegetales residuales en el estado es de aproximadamente 10 millones de litros anuales, sólo considerando el sector de preparación de alimentos.

Por otra parte, de acuerdo con información obtenida de reportes oficiales, la producción de ganado bovino en Baja California, para el año 2006, alcanzó una cifra aproximada de 260000 animales sacrificados.

Tabla 1. Producción de ganado bovino en Baja California período 2002-2006.

Año	Mexicali		Resto del Estado	
	Animales sacrificados	Producción (toneladas)	Animales Sacrificados (cabezas)	Producción (toneladas)
2002	176943	44236	36075	9126
2003	185854	48856	26205	6484
2004	202907	57363	20198	5139
2005	223545	64742	21764	5497
2006	236527	71306	23462	5907

Considerando que los rastros TIF de Mexicali reportan un rendimiento promedio de 6.4% de grasa animal, se calculó que es factible la producción de 6 millones de litros de biodiesel, a partir de este subproducto [2].

Los métodos para la producción de biodiesel, pueden variar en función de lo sofisticado del proceso utilizado. En el caso que nos ocupa, el objetivo es producir biodiesel mediante procesos sencillos y de alto rendimiento, considerando además, las características de la

materia prima involucrada. Por ello se seleccionaron dos vías, la alcalina y la ácida, que enseguida se describen.

3.2 Métodos de obtención de biodiesel

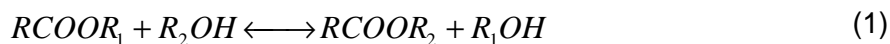
De acuerdo a la American Standard for Testing and Materials (ASTM) el biodiesel se define como una mezcla de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga, obtenidos de aceites vegetales o grasas animales y se utilizan en los motores de ignición-compresión. Para la obtención de tales ésteres, se han desarrollado procesos que difieren, esencialmente, en el tipo de catalizador que utilizan. Los procesos más comúnmente utilizados son: catálisis ácida y catálisis alcalina o una mezcla de ambas y por otra parte, se ha estado explorando la catálisis enzimática. Enseguida se describe, brevemente, cada una de ellas.

Catálisis Alcalina. En este método se puede utilizar el hidróxido de sodio o hidróxido de potasio con un alcohol de cadena corta como el metanol o el etanol, así como con cualquier tipo de aceite refinado. En este proceso se recomienda producir el alcóxido para obtener una mejor eficiencia global en la reacción. La temperatura usual de la reacción es de 60°C aunque ello depende del tipo de catalizador. De manera general puede decirse que el proceso con catálisis alcalina es más rápido que el proceso con ácido.

Catálisis Ácida. En este método la materia prima, compuesta de ácidos grasos y triglicéridos (aceite o grasa), reacciona con metanol y ácido sulfúrico o sulfónico como catalizador. En la catálisis ácida al igual que la alcalina un exceso de alcohol produce una mejor conversión de triglicéridos, pero la recuperación de glicerol es más difícil y la reacción óptima entre el alcohol y otro material se debe determinar de forma experimental, considerando que cada proceso es un nuevo problema. La temperatura típica de la reacción es superior a los 100°C y requiere más de 3 horas para que se complete la conversión, por lo que en general se considera, esta ruta como menos eficiente que la vía alcalina [9].

Catálisis enzimática. En la catálisis enzimática, se utilizan catalizadores que hacen posible la transesterificación de los triglicéridos, tanto en fase acuosa como en sistemas no acuosos. En este tipo de catálisis, los ácidos grasos libres, presentes en las grasas y aceites de desecho, pueden ser convertidos completamente en ésteres alquílicos, lo cual representa una ventaja frente a los procedimientos anteriores. Sin embargo, los costos de producción mediante catálisis enzimática, son mayores que los correspondientes a una catálisis alcalina.

De manera general, el proceso de transesterificación, consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos. La reacción de transesterificación puede representarse de la siguiente manera simplificada [10].



triglicérido + alcohol \leftrightarrow éster + glicerol

Donde:

R = cadena de ácidos grasos

R1 = cadena de triglicérido

R2 = grupo metilo o etilo

Cuando se procesan aceites vegetales residuales, es necesario efectuar un proceso previo catalizado con ácido, para convertir los ácidos grasos libres presentes en ésteres, para

evitar en la medida de lo posible la formación de jabón por la derivación de la reacción hacia un proceso paralelo, que compite con la reacción principal de transesterificación y que se denomina saponificación.

La disposición correcta de los aceites vegetales residuales, no sólo resuelve un grave problema de contaminación de los sistemas de drenaje municipal, sino que además representa una oportunidad para utilizar la energía disponible en los compuestos orgánicos desechados, compuestos ricos en carbono e hidrógeno que transformados en biodiesel mediante una reacción de transesterificación, son factibles de ser utilizados como biocombustible.

4. Resultados y discusión

A partir de estimaciones y proyecciones efectuadas y con base en los resultados del estudio exploratorio de generación de aceites vegetales, desarrollado en la Ciudad de Mexicali, Baja California, donde se detectaron 1094 restaurantes, con una generación aproximada de 2 millones de litros de aceite vegetal, se estima que en todo el estado de Baja California, se generan mensualmente cerca de 10 millones de litros de aceite vegetal residual.

Considerando que los procesos de obtención de biodiesel a partir tanto de aceites vegetales residuales, como las grasas de ganado bovino, tienen un rendimiento aproximado del 80%, es posible estimar que la producción de biodiesel a partir de ambos insumos es del orden de 8 millones y de 6.4 millones de litros, respectivamente. Tomando ambos insumos, se estimó una producción anual de 14.4 millones de litros de biodiesel, según puede apreciarse en la Figura 1 [10].

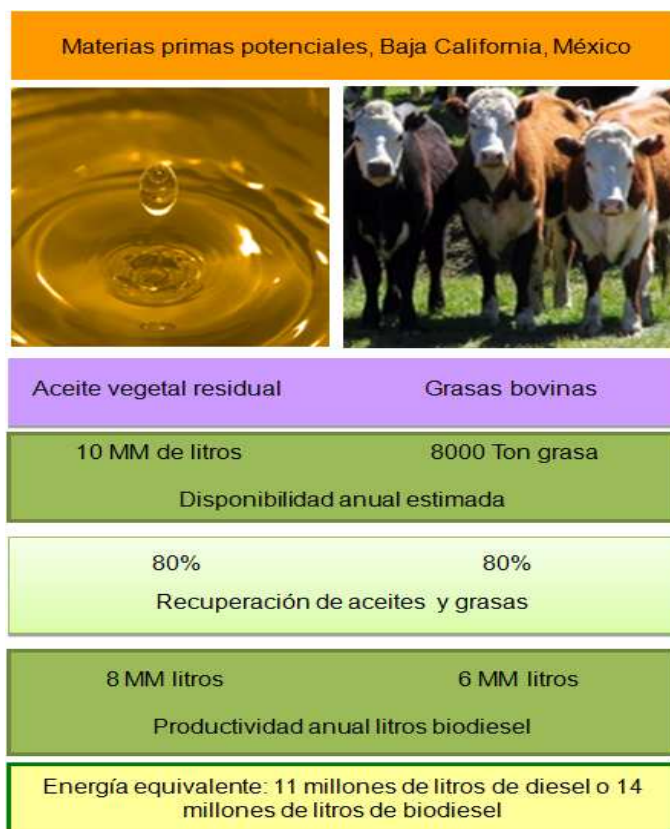


Figura 1. Estimación de la energía equivalente de aceites residuales y grasas bovinas [11].

Teniendo en cuenta los poderes caloríficos tanto del diesel, como del biodiesel, se calcularon, los equivalentes energéticos de estos residuos y subproductos, con la finalidad de evaluar su potencial para satisfacer la demanda actual de combustibles fósiles en la entidad.

Actualmente, la demanda de diesel en el sector transporte de Baja California es de aproximadamente 3 millones de litros por día, por lo que considerando la utilización de una mezcla de biodiesel tipo B2, es decir un 2% de biodiesel, con un 98% de diesel, sería posible satisfacer un 65% de tal demanda.

5. Conclusiones

Tomando en cuenta únicamente los aceites residuales generados en los restaurantes de Baja California y las grasas bovinas, que se obtienen como subproducto de la producción de carne en el estado, es factible la conversión de las mismas en biodiesel, en un volumen del orden de 16 millones de litros.

Resulta, por demás interesante, contabilizar la cantidad de energía, que en forma de aceites residuales, es desechada y que técnicamente hablando, es muy fácil de recuperar, evitando además, la contaminación asociada a la mala disposición de tales materiales, considerados como residuos.

En el caso del estado de Baja California, dependiente por completo de los combustibles procedentes de otras partes de México, la producción de un biocombustible, como el biodiesel, representa una alternativa para incidir en la matriz energética y de manera paulatina, desarrollar opciones energéticas que sean sustentables.

6. Referencias

- [1] Gobierno del estado de Baja California. Disponible en: [http:// www.bajacalifornia.gob.mx](http://www.bajacalifornia.gob.mx).
- [2] Sosa J.F. *Análisis de Factibilidad Técnica y Económica para la Producción de Biodiesel a partir de de la Grasa Animal Proveniente de las Plantas de Rendimiento de los Rastros de Mexicali*. Proyecto en desarrollo. Mexicali, Baja California, México, 2007.
- [3] Secretaría de Energía (SENER). *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*. México, Noviembre 2006. Disponible en <http://www.sener.gob.mx>.
- [4] Reporte del Proyecto: *Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México*. (Proyectos ME-T1007 – ATN/DO-9375-ME y PN 04.2148.7-001.00). México, Noviembre 2006.
- [5] Diario Oficial de la Federación. DOF. *Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos*. México, 1 de febrero de 2008.
- [6] Diario Oficial de la Federación. DOF. *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. México, 28 de noviembre de 2008.
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. SAIC 5. México, 2005.
- [8] Montero G, Campbell H, Palacios R. *Reporte del Proyecto: Simulación y Diseño de Procesos para la Obtención de Biocombustibles, a partir de Aceites Usados*. Instituto de Ingeniería. México, 2008.
- [9] Meher LC, Sagar Vidya, Naik SN. *Technical aspects of biodiesel production by transesterification a review*. Renewable & sustainable energy reviews. 2006.

[10] Zhang Y, Dubé MA, McLean DD, Kates M. *Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment*. Bioresource Technology. 89, 1-16, 2003.

[11] Fuente: Elaboración propia, con imágenes tomadas de:
<http://www.perulactea.com/panel/noticias/gallery/0809081028vaca%20clon2.jpg> y
<http://pepegrillo.com/wp-content/uploads/2009/01/oil.jpg>.

Agradecimientos

Agradecemos al Grupo de Biocombustibles de la Universidad Autónoma de Baja California, por las facilidades y el apoyo brindado para la realización de este proyecto.