

# Fabricación de Biodiesel para uso en Maquinaria Agrícola

<sup>1</sup>Adrián Vidal, <sup>1</sup>Raúl Yopez, <sup>2</sup>Ma. Remedios Mendoza-López, <sup>2</sup>Oscar García-Barradas

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Región Veracruz, Universidad Veracruzana, Av. Adolfo Ruiz Cortines, No. 455, Fracc. Costa Verde, c.p. 94294, Boca del Río, Ver. email: [avidal@uv.mx](mailto:avidal@uv.mx)

<sup>2</sup>Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA) de la Universidad Veracruzana, Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial-Animas, CP 91190, Xalapa, Veracruz, México

## Resumen

En este trabajo se describe la problemática ambiental y económica que existe con el uso de combustibles derivados del petróleo particularmente el Diesel. Se plantea y desarrolla la estrategia de solución que consiste en la fabricación de Biodiesel usando como materia prima aceites vegetales de desecho.

Se describen brevemente las etapas de fabricación del Biodiesel, desde su recolección, pretratamiento, lavado, pruebas químicas y uso en Motores Diesel.

Se detallan los resultados en las pruebas realizadas en el motor Diesel Lister del laboratorio de térmica de la Facultad de Ingeniería y en un tractor agrícola Massey Ferguson 575.

Palabras claves: Biocombustibles, aceites reciclados, sustentabilidad, renovables.

## Introducción

El incremento periódico del costo del Diesel en nuestro país y los daños ambientales que producen los gases de la combustión de éste ha sido motivo para que muchos empresarios, transportistas, y agricultores se vean afectados en su economía. Por tal motivo, el grupo de energías renovables de la Facultad de Ingeniería en colaboración con personal de la Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA) de la Universidad Veracruzana propusimos como alternativa la producción de Biodiesel con aceites vegetales reciclables y analizamos la calidad del mismo, antes de probarlos en motores Diesel. Se realizó también un análisis económico de la producción del Biodiesel para conocer las ventajas económicas respecto al costo del diesel convencional.

## Antecedentes

El uso de aceites vegetales como combustibles en los motores de combustión interna (MCI) data de la época de Rudolph Diesel, quien experimentó con aceite de cacahuate [1]; sin embargo, la disponibilidad y bajo costo del Diesel derivado del petróleo hizo que esa primera opción quedara olvidada. Pruebas a corto plazo del uso directo de aceites vegetales en MCI mostraron resultados prometedores; sin embargo, con pruebas más largas se pudo observar taponamiento de los inyectores debido a la coquización (carbonización) que a su vez al mezclarse con el aceite lubricante provocaba un incremento en la viscosidad de éste [2]. En 1980 Caterpillar Brasil usó una mezcla de 10% de aceite vegetal y 90% de Diesel convencional logrando obtener buen desempeño en los MCI aún con una mezcla 50/50 [3]. Sin embargo, usar un alimento (semillas para producir el aceite vegetal) como combustible ha sido un tema que ha causado controversia en todo el mundo, por lo que, la mejor opción ha sido usar los aceites vegetales usados y grasas animales como materia prima para la producción de Biodiesel. En México la producción y uso de Biodiesel en MCI derivados de aceites vegetales reciclados, semillas de jatropha e higuera, aceites de palma, etc; ha tenido un gran desarrollo en estados como Chiapas, Nuevo León y Puebla.

En Veracruz actualmente se cuenta con hectáreas sembradas de jatropha en la zona de Las Choapas, municipio de Minatitlán. Así como en la zona de Papantla. Zonas donde se contará con la materia prima disponible para llevar a cabo el ciclo completo de producción del biodiesel.

## Metodología

### Definición técnica del Biodiesel

El Biodiesel es un combustible formado por los ésteres metílicos de los ácidos grasos derivados de fuentes de lípidos naturales, como son los aceites vegetales y las grasas animales. En la Fig. 1 se muestra la estructura del éster metílico del ácido palmítico, uno de los principales constituyentes del biodiesel.

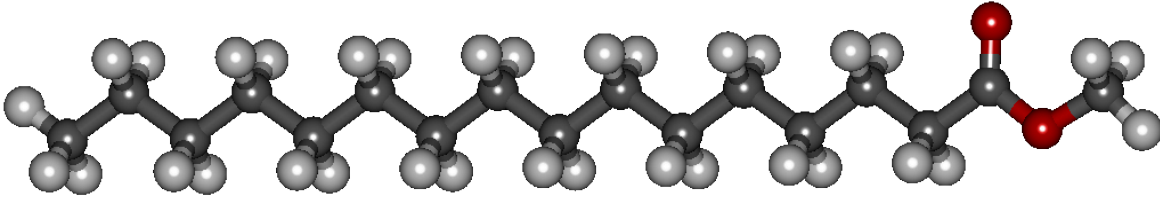


Fig.1. Estructura del éster metílico del ácido palmítico presente en el biodiesel, tomada de [4]

## Producción de Biodiesel

### Etapa 1. Recolección del aceite vegetal usado, tratamiento y producción.

En el semestre agosto-diciembre 2010 se realizó en colaboración con los alumnos Oscar Adrián Villa Coria y Juan Manuel Toriz, una recolección de aceites de desecho de cocinas en 10 restaurantes de la zona Veracruz-Boca del Río. Con la finalidad de obtener materia prima disponible para procesar biodiesel de calidad. Durante dos meses se recuperaron 100 L aproximadamente.

En el laboratorio se realizó el procesamiento del biodiesel por medio de lotes de 20 L, se utilizaron resistencias eléctricas sumergibles, mezcladores manuales, termómetros sumergibles, guantes y lentes de seguridad.

El método que se está utilizando para obtener biodiesel es la reacción de Transesterificación Acido-Base, para lograr una conversión de aceite a biodiesel, como se detalla a continuación:

1. Análisis y pretratamiento
2. Proceso del catalizador: metóxido de sodio
3. Transesterificación
4. Decantación
5. Lavado y secado del combustible
6. Almacenamiento

#### 1. Análisis y pretratamiento.

El aceite se calienta para evaporar el contenido de humedad que éste pudiera tener y se deja reposar alrededor de cinco minutos, para precipitar cualquier impureza que el aceite pudiera contener y lograr una efectiva conversión en el reactor de transesterificación.

#### 2. Proceso del catalizador: metóxido de sodio.

Con el resultado de la muestra de aceite de la fase anterior, se realiza un análisis por titulación para evaluar la cantidad de ácidos grasos libres (FFA) existentes en el aceite. Se calcula la cantidad de alcohol y sosa cáustica (NaOH) necesaria para el nivel de FFA del aceite.

#### 3. Transesterificación

En el reactor, el proceso de transesterificación se llevará a cabo en la siguiente secuencia:

- a). Llenar el tanque principal con el aceite pretratado.
- b). Iniciar el calentamiento hasta los 60 °C
- c). Encender el motor de agitación a la velocidad más baja
- d). Bombear el catalizador (metóxido de sodio) al interior del reactor.
- e). Elevar la velocidad de la bomba para lograr una mezcla homogénea
- f). Mantener la temperatura de la mezcla en 65 °C con el calentador interno.
- g). Agitar por 30 minutos.
- h). Bombear la mezcla al tanque decantador.

#### 4. Decantación

Este proceso se realiza para separar los productos resultantes de la reacción: ésteres metílicos de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol (incluyendo sales sódicas). El proceso de decantación se realiza extrayendo del fondo de la mezcla, la glicerina que al ser más densa se queda en el fondo del tanque y es fácil de distinguir del biodiesel.

En las pruebas de laboratorio se obtuvo un rendimiento del 85%, esto es, por cada litro que se procesó se obtuvieron 850 mL de biodiesel y 150 mL de glicerina cruda. Este porcentaje se podrá mejorar, si se tiene un mejor control de las condiciones de la reacción.

5.

#### 6. Lavado por burbujas

Para eliminar las impurezas del biodiesel, éste se lavó con agua destilada a través del proceso de burbujeo. Se deberá realizar al menos dos lavados al producto, para dejarlo limpio de posibles impurezas del metóxido sódico.

#### 7. Almacenamiento.

El biocombustible se deberá almacenar en una bodega adecuada para tal efecto. Se guardarán en tanques de 200 L con una tapa hermética para evitar la humedad. Es recomendable, no almacenar por más de seis meses el biocombustible que se está generando. En el almacén se efectuarán periódicamente muestreos de calidad, e inspecciones para evitar la formación de microorganismos en el combustible. Para un mejor almacenaje se adicionará al Biodiesel un estabilizador el cual aumentará el tiempo de almacenaje.

### Etapa II. Pruebas y Resultados

Las pruebas del biodiesel se realizaron inicialmente en el laboratorio de térmica de la Facultad de Ingeniería. Se alimentó con biodiesel el tanque del motor marca LISTER usando biodiesel al 100%. La prueba consistió en medir el desempeño de la máquina a través del torque producido (potencia) vs giro del cigüeñal (rpm); sin embargo, la medición del torque fue interrumpida por una falla en la banda de transmisión, por lo que el desempeño fue evaluado de manera heurística. El torque del motor se ajustó y se midieron las revoluciones, así como el gasto del combustible. Esta primera prueba fue más cualitativa que cuantitativa, debido a las carencias en equipos de medición, pero se pudo observar que las juntas del motor sufrieron un deterioro prematuro, debido a que el biodiesel que se utilizó no tenía el grado de acidez que marca la norma de calidad ASTM D6751.

En una segunda etapa y tras mejorar la calidad del biodiesel producido se realizaron otras pruebas, pero ahora en un tractor agrícola Massey Ferguson 547 (ver Fig. 2), y trabajando en tareas de arado. Se experimentó con tres mezclas de Diesel-Biodiesel para observar su desempeño. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de las mezclas y los resultados observados. Aunque la capacidad del tanque del tractor es de 100 L, éste se llenó sólo a la mitad (50 L). La potencia del motor en las primeras dos pruebas (B20 y B50) no cambió, en la última prueba, usando biodiesel al 100%, se observó una ligera disminución en la potencia del motor. Para compensar la caída en la potencia, se recomienda una mezcla máxima del 80% de Biodiesel y 20% de Diesel.

Tabla 1. Detalles de las pruebas del Biodiesel en el tractor.

Tractor Massey Ferguson 547	Diesel	Biodiesel	Potencia	Mezcla
Prueba 1	30 L	20 L	100%	B25
Prueba 2	25 L	25 L	100%	B50
Prueba 3	0 L	50 L	95%	B100

### CONTROL DE CALIDAD

Como parte del proceso de obtención del Biodiesel, está el control de la calidad de del mismo. Para poder obtener un biodiesel de buena calidad, se tuvo el cuidado de deshidratar el aceite, para evitar cualquier contenido de agua en el mismo y poder garantizar un producto de calidad.

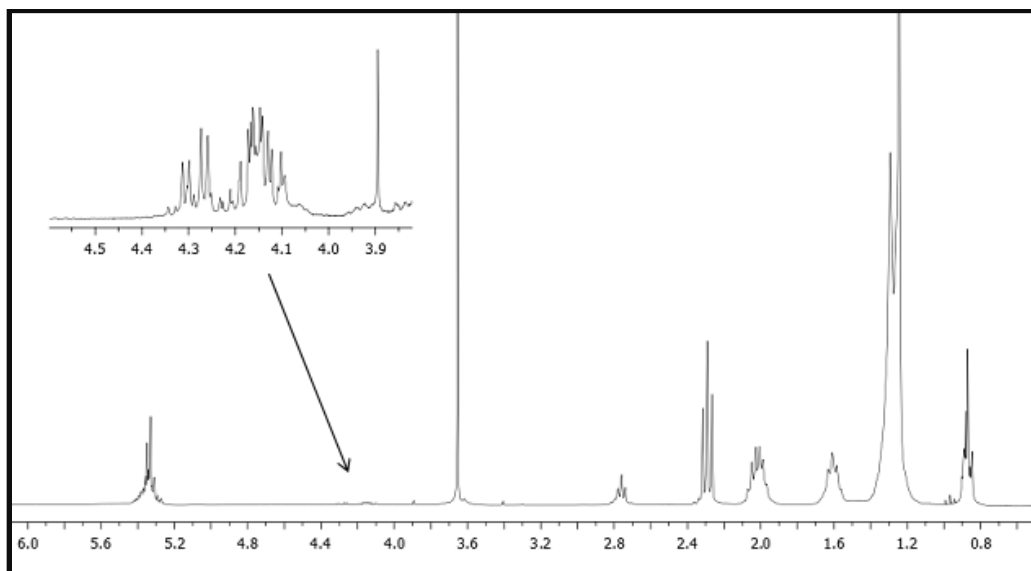
El estándar de calidad ASTM D6751 es el que se toma como norma para poder garantizar una correcto funcionamiento de las maquinas donde usamos mezclas de biodiesel.

Para el análisis de las muestras del biodiesel producido se contó con el apoyo de de la Dra. Ma. Remedios Mendoza López y el Dr. Oscar García Barradas, quienes analizaron muestras de biodiesel en la Unidad SARA de la Universidad Veracruzana, en Xalapa, Ver. Los métodos utilizados para el análisis fueron Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y Cromatografía de

Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS) para cuantificar en qué porcentaje se está logrando la transesterificación, es decir en qué porcentaje se está produciendo biodiesel y glicerina. Como resultado se obtuvo que el biodiesel producido es un 97% libre de glicerina como se aprecia en la Gráfica 1; lo cual nos indica que el producto es de muy buena calidad.

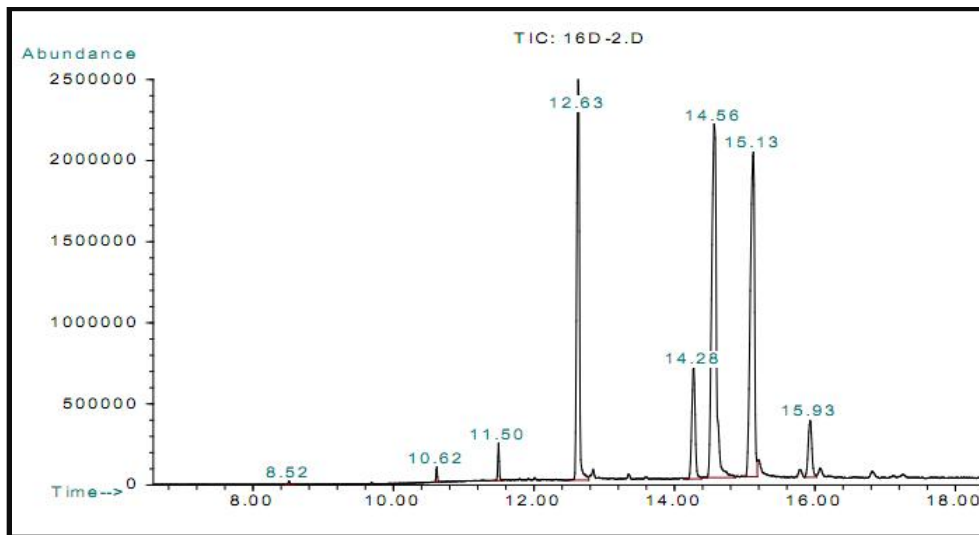


Fig. 2. Llenado del tanque del tractor con mezclas de Biodiesel-Diesel



Gráfica 1. Espectro de Resonancia Magnética Nuclear de Hidrógeno (RMN <sup>1</sup>H) del biodiesel obtenido. Se muestra la presencia de residuos de triglicéridos sin hidrolizar después del proceso.

En la Gráfica 2 y Tabla 2 se muestran la composición en porcentaje de los ésteres metílicos de ácidos grasos que conforman el biodiesel obtenido, observándose la presencia mayoritaria del éster metílico del ácido oleico (C18:1) en un 34.5%, éster metílico del ácido linoleico (C18:2) en un 28.31% y éster metílico del ácido palmítico (C16:0) en un 23.4%, Este resultado confirma que la reacción se llevó a cabo de manera adecuada y que los aceites de donde se obtuvo el biodiesel son 100% de origen vegetal.



Gráfica 2. Análisis del biodiesel realizado mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS).

Tabla 2. Composición del biodiesel obtenido determinada mediante Cromatografía de Gases.

Compuesto	Tiempo de retención (min)	área (%)
C8:0	8.52	0.12
C10:0	10.62	0.41
C14:0	11.50	1.12
C16:0	12.63	23.44
C18:0	14.28	7.70
C18:1	14.56	34.50
C18:2	15.13	28.31
C18:3	15.93	4.40

### Análisis económico

Derivado del análisis de costos de la producción del Biodiesel realizado por Villa-Coria [5] se deduce que los costos de producción a baja escala pudieran ser mayores que el precio del litro de Diesel convencional, pero para una producción a gran escala (mayor a 200 litros de producción de biodiesel diario) el costo del litro de biodiesel sería alrededor de \$6.50, es decir, 30% más barato que el litro Diesel refinado del petróleo. El periodo de recuperación de la inversión una planta de Biodiesel a gran escala se estimó en 24 meses, lo cual es un tiempo aceptable para un proyecto de inversión de este tipo.

### Conclusiones

Los análisis realizados al biodiesel y las pruebas de éste en motores Diesel, muestran que este biocombustible es una alternativa factible ante el consumo de los combustibles refinados del petróleo. Los parámetros de evaluación económica demuestran también que, en producción a gran escala, es atractiva esta opción de biocombustible. Sin embargo, se necesita apoyar más en investigación y desarrollo tecnológico para ir contribuyendo a la creación de una comunidad 100% sustentable.

Se continuará con esta investigación para analizar la factibilidad técnica y económica de producir biodiesel derivado de aceites de semillas como la jatropha y la higuera, cuyos plantíos son abundantes en la región Veracruzana.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecemos a los alumnos, hoy Ingenieros, Oscar Adrián Villa Coria y José Manuel Toríz, quienes apoyaron en la producción del Biodiesel. Al Ing. Ezequiel Uscanga García, por apoyarnos con la pruebas del biodiesel en el Motor Lister de la Facultad de Ingeniería y al Lic. Filiberto Rodríguez por patrocinar esta investigación.

### **Referencias**

- [1] Gabriella P.A.G. Pousa, Andre L.F. Santos, Paulo A.Z. Suarez. History and policy of biodiesel in Brazil. *Energy Policy* 35 (2007) 5393–5398.
- [2] Ayhan Demirbas. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. *Energy Conversion and Management* 44 (2003) 2093–2109.
- [3] Fangrui Ma, Milford A. Hanna. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology* 70 (1999) 1-15.
- [4] <http://www.brevardbiodiesel.org/iv.html>
- [5] Villa Coria Oscar Adrián. Costo de fabricación del biodiesel para la operación de una planta de emergencia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería-Universidad Veracruzana 2010.