

# OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE USADO EMPLEANDO IRRADIACIÓN ULTRASÓNICA

Durán Vargas Juana Beatriz (1), Gutiérrez Ortega Norma Leticia (2)

1 [División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jbeatriz\_duran@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [noleguor@hotmail.com]

## Resumen

El biodiesel o FAME (Fatty Acid Methyl Ester), es un combustible renovable proveniente de triglicéridos de aceites vegetales o grasas de origen animal, que puede ser usado total o parcialmente para reemplazar el combustible diésel de los motores de autoignición sin requerir una modificación sustancial de los mismos. Para realizar la reacción química de transesterificación, que es esencial en el proceso de conversión de triglicéridos a biodiesel, se propone emplear un procesador de irradiación ultrasónica marca Sonics que alcanza una frecuencia de 20 KhZ y una potencia de 750 watts. Esta tecnología de procesamiento ultrasónico se probará con NaOH como catalizador homogéneo y con un óxido mixto de Cobalto/ Hierro como catalizador heterogéneo. Inicialmente se propone modelar el proceso de transesterificación empleando aceite nuevo y posteriormente aplicarse con aceites usados. Los parámetros de calidad del biodiesel obtenido indican que las propiedades como viscosidad y acidez son favorables y están dentro de los límites permitidos por la American Standards for Testing Materials (ASTM), al emplear una amplitud de 30% y tiempo de reacción mínimo de 30 min. Para la implementación de la irradiación ultrasónica en los aceites usados se deben optimizar las condiciones del medio y continuar los trabajos de investigación.

## Abstract

Biodiesel or FAME (Fatty Acid Methyl Ester) is a renewable fuel from triglycerides of vegetable oils or animal fats, which can be used fully or partially to replace diesel engines ignition without requiring a substantial modification the same. To perform the transesterification reaction, which is essential in the process of converting triglycerides to biodiesel, it is proposed to employ ultrasonic irradiation processor Sonics trademark, reaches a frequency of 20 kHz and 750 watts power. This technology ultrasonic test processing with NaOH as homogeneous catalyst and a mixed oxide of cobalt / iron as a heterogeneous catalyst. Initially proposed model the transesterification process using new oil and then applied to waste oils. Quality parameters of biodiesel obtained indicate that properties such as viscosity and acidity are favourable and are within the limits permitted by the American Standards for Testing Materials (ASTM), by using an amplitude of 30% and minimum reaction time of 30 min. For the implementation of the ultrasonic irradiation in waste oils must be optimized environmental conditions and continue the research.

### Palabras clave

Transesterificación; Irradiación ultrasónica, Catálisis Heterogénea, Reúso.

## INTRODUCCIÓN

### Importancia del biodiesel

La crisis energética, los problemas ambientales y el agotamiento de los recursos no renovables como el petróleo, el carbón y el gas natural originados por el desarrollo de la industria, han motivado la búsqueda de alternativas que provean fuentes de energía que sean técnica, económica y ambientalmente viables y sostenibles para ser empleados en los procesos tecnológicos[1].

El Biodiesel ha emergido como una prominente alternativa a los combustibles fósiles debido a su naturaleza ambientalmente correcta y a sus amplias ventajas puesto que reduce las emisiones tales como CO, CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, es renovable, biodegradable y mejora la combustión debido a que está oxigenado. Además se presenta como la alternativa correcta para usarse con mezclas de diésel de petróleo sin tener que hacer ningún cambio en los motores convencionales [2].

Principales materias primas para obtención de Biodiesel

Actualmente no sólo los aceites vegetales y grasas animales son fuentes de triglicéridos para la producción de biodiesel, además, los aceites que son desechados por la industria de los alimentos y que generan un problema ambiental, son materias primas utilizadas para ese propósito. Además del impacto ambiental positivo por el uso de estos aceites, está el impacto económico, ya que este tipo de aceites pueden tener un costo hasta de un 60% menor que los aceites refinados dependiendo de la fuente y la disponibilidad [3].

Proceso de Producción de Biodiesel

Uno de los métodos más comunes usados en la fabricación del biodiesel es la transesterificación que se da a partir de un aceite vegetal o animal, un alcohol (metanol, etanol, butanol) en presencia de un catalizador (homogéneo, heterogéneo) o sin aplicación de catalizadores [4]. La reacción de transesterificación consiste en una secuencia de tres reacciones consecutivas reversibles hasta obtener 3 ésteres de una molécula de triglicérido,

un éster por cada glicérido en cada paso y glicerol [5].

Uso de Radiación ultrasónica en producción de biodiesel

La radiación ultrasónica puede acelerar diversas etapas de la reacción de transesterificación proporcionando la energía mecánica y física y el suministro de la energía de activación requerida para iniciar las reacciones. La radiación ultrasónica tiene diferentes efectos físicos y químicos en el sistema de las reacciones, el efecto químico surge del fenómeno de cavitación en el medio líquido, generando diversos radicales tales como  $\cdot\text{OH}$ ,  $\cdot\text{H}$  durante un colapso implosivo transitorio de burbujas. Por otro lado los efectos físicos se producen en virtud de micro-turbulencias generadas por el movimiento de las burbujas lo que lleva a la mezcla de las fases inmiscibles líquido/sólido en el medio de reacción. Por otra parte la radiación ultrasónica también puede desintegrar el catalizador sólido en partículas más pequeñas para crear nuevos sitios activos para la reacción [6].

Este trabajo de investigación con el dispositivo de radiación ultrasónica se llevó a cabo para evaluar las propiedades del uso de catalizadores heterogéneos a la par con la tecnología de ultrasonido, además el uso de catalizadores homogéneos requiere de un tiempo de reacción mínimo de 1 hora, por tanto mayor energía y se requieren grandes cantidades de agua debido a los ciclos de lavado que conlleva la neutralización del biodiesel y el manejo de esta agua alcalina.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron muestras de biodiesel con aceite nuevo Marca Nutrioli® y con aceite de reúso Nutrioli®. Para la transesterificación con ambos aceites se empleó metanol para la catálisis convencional en presencia de un catalizador Homogéneo (NaOH) en forma de escamas Marca Golden Bell y para la catálisis heterogénea catalizador de óxido mixto de Cobalto/Hierro (Co/Fe) en proporción 3:1 determinada como la proporción óptima por Monjaráz (2015). La fuente de radiación ultrasónica se obtuvo del procesador Marca Sonics con potencia neta de 500- 750 Watts

y frecuencia de 20 KHz, con micropunta de titanio con diámetro de 13 mm.

Primeramente se realizó la transesterificación con el aceite nuevo y el catalizador homogéneo a 65°C, con relación molar de alcohol 6:1, presión atmosférica, 400 rpm de agitación con 2% del catalizador y con un tiempo de reacción de 60 min para hacer una comparación posterior con el catalizador homogéneo y la implementación de la radiación ultrasónica.

Las siguientes pruebas se realizaron igualmente con Aceite nuevo Nutrioli® con un lote de catalizador Heterogéneo de Oxido Mixto Co/Fe 3:1 previamente sintetizado para determinar las condiciones de reacción óptimas con el procesador de radiación ultrasónica e implementarse con el aceite de reúso. Las pruebas se realizaron en un reactor tipo Batch de 250 ml. La tabla 1 muestra las condiciones aplicadas.

Tabla 1: Condiciones de reacción para transesterificación empleando radiación ultrasónica.

Condición	Catálisis Heterogénea
Presión	Atmosférica
Temperatura Máx.	Variable (dependiendo de t y A)
Amplitud (A)	30%, 35% y 40%
Tiempo (t)	15 – 40 min
Porcentaje de catalizador	2%

Catálisis homogénea	Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	Tiempo (min)
Con ultrasonido	4.1811	30
Convencional	4.5969	60
Relación molar de alcohol	12: 1	

Adicionalmente se sintetizó un lote nuevo de catalizador Co/Fe 3:1 según el método determinado por Monjaráz, 2015.

#### Determinación de Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática (mm<sup>2</sup>/s) del aceite nuevo y de reúso, así como de las muestras de biodiesel obtenido se determinó mediante el uso del viscosímetro de Otswald y conforme a lo

establecido en la norma ASTM D445 a una temperatura de 40°C, para su determinación se requirió la densidad de cada muestra a 40°C.

Las determinaciones se llevaron cabo en un baño de agua a 40°C (viscosidad y densidad).

#### Determinación de Acidez (mg KOH/g muestra)

La determinación de acidez de aceite nuevo y de reúso, así como de las muestras de biodiesel con resultados de viscosidad permitidos dentro de la Norma ASTM D445 (1.9- 6.0 mm<sup>2</sup>/s) o valores muy cercanos a estos se determinó conforme a lo establecido en la norma ASTM D664.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la catálisis homogénea convencional y asistida con ultrasonido muestran una viscosidad dentro del límite indicado por la norma internacional ASTM D445, la imagen 1 y la tabla 2 muestran la viscosidad obtenida para cada muestra en el tiempo correspondiente.

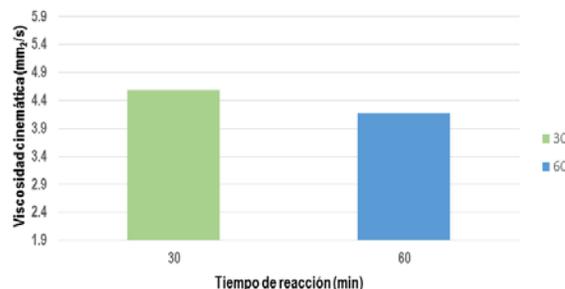
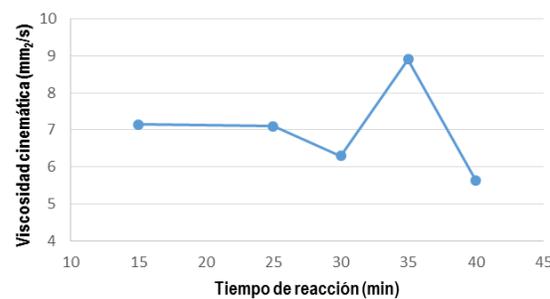


IMAGEN 1. Viscosidad cinemática del biodiesel a partir de aceite nuevo Nutrioli® con ultrasonido con amplitud de 30 % en 30 min y 60 min catálisis homogénea convencional.

Tabla 2: Viscosidad y tiempo para Catálisis Homogénea asistida con ultrasonido y catálisis homogénea convencional.

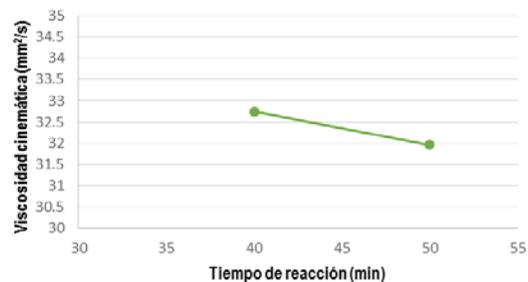
La siguiente prueba se realizó con el catalizador heterogéneo Co/Fe 3:1 previamente sintetizado y asistido con radiación ultrasónica a una amplitud del 30%. La imagen 2 muestra la viscosidad de las muestras obtenidas

IMAGEN 2. Viscosidad cinemática del biodiesel a partir de aceite nuevo Nutrioli® en variación de tiempo e irradiación ultrasónica con 30 % Amplitud, relación molar alcohol 12:1, catalizador



Co/Fe 3:1.

Tabla 3: Viscosidad y tiempo para Catálisis con irradiación ultrasónica con 30% Ampl., relación molar alcohol 12:1,



catalizador Co/Fe 3:1

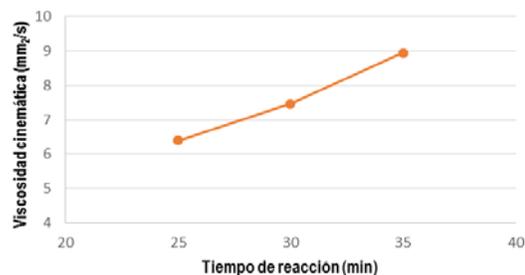
Muestra	Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	Tiempo(min)
Prueba 1	7.1477	15
Prueba 2	7.0998	25
Prueba 3	6.2987	30
Prueba 5	8.9077	35
Prueba 6	5.6288	40

Se realizó prueba con el catalizador heterogéneo Co/Fe 3:1 previamente sintetizado y asistido con radiación ultrasónica a una amplitud del 40%. Sólo se tomaron 3 tiempos debido al agotamiento del lote de catalizador. La imagen 3 muestra la viscosidad de las muestras obtenidas

IMAGEN 3. Viscosidad cinemática del biodiesel a partir de aceite nuevo Nutrioli® en variación de tiempo e irradiación ultrasónica con 40 % Amplitud, relación molar alcohol 12:1, catalizador Co/Fe 3:1.

A partir de los resultado anteriores se realizaron diversas pruebas con aceite Usado Nutrioli® tomando las parámetros de tiempo y amplitud de la radiación más favorables, el resultado más favorable para el Aceite usado fue implementando irradiación al 30% de amplitud y 40 min de reacción. La prueba con aceite usado se realizó a escala debido a la falta de catalizador para realizar la prueba a escala normal, por lo tanto se realizó con 1:3 de la proporción inicial, tomando en cuenta la viscosidad inicial del aceite nuevo y usado.

Tabla 4. Comparación de la Viscosidad cinemática del biodiesel a partir de aceite nuevo y usado Nutrioli® con irradiación ultrasónica de 30% Ampl. y 40 min de reacción y aceites sin transesterificación.



Muestra	Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	Tiempo (min)
Aceite Nuevo	34.2049	0
Transesterificación Aceite Nuevo	5.6288	40
Aceite Usado	48.3278	0
Transesterificación Aceite usado	8.7402	40

Para la siguiente prueba se sintetizó un nuevo lote de catalizador y se calcinó a 700°C por 4 hrs como lo indica el método desarrollado por Monjaráz, 2015. Para probar el nuevo lote de Catalizador Heterogéneo Co/Fe se aplicó una irradiación ultrasónica con amplitud de 30% y tiempos de 40 y 50 minutos. La imagen 4 muestra la viscosidad obtenida en cada tiempo con el aceite Usado.

IMAGEN 4. Viscosidad cinemática del biodiesel a partir de aceite usado Nutrioli® con ultrasonido 30 % Ampl. Y catalizador Lote 2 a 40 y 50 min.

Finalmente se obtuvo la acidez de las mejores muestras de biodiesel según el Método ASTM D664 las cuales cumplen con la norma.

Tabla 5. Acidez de muestras de biodiesel a partir de aceite nuevo (BD-AN) y usado (BD-AN).

Muestra	Acidez promedio (mg KOH/gr muestra)
Aceite Nuevo	0.0995899
Aceite usado	0.67909644
BD-AN 40min, 30% Ampl.	0.12035797

BD-AN 35 min, 30% Ampl.	0.09218771
ND-AN 30 min, 30% Ampl.	0.11506724
BD-AN 25 min, 30% Ampl.	0.0659157
BD-AU 40min, 30% Ampl.	0.28479298

## CONCLUSIONES

La catálisis homogénea asistida con irradiación ultrasónica se ve favorecida ya que se logra la conversión del aceite nuevo a biodiesel y la viscosidad llega a valores permitidos dentro de la norma ASTM D445 en la mitad del tiempo que con la catálisis convencional.

En cuanto a la catálisis heterogénea empleando la irradiación ultrasónica con una amplitud del 30% con aceite nuevo se ve más favorecida al llegar a un tiempo de 40 min. Estos parámetros se tomaron en cuenta para usarse con el aceite usado, con el cual la viscosidad obtenida no está dentro del límite de la ASTM D445 pero es muy cercana.

En base a lo anterior se concluye que la irradiación ultrasónica permite la conversión del aceite usado a biodiesel pero se debe estandarizar la síntesis del catalizador así como optimizar los parámetros de reacción como son la temperatura, relación aceite usado/metanol, y el tiempo de reacción dado que la viscosidad inicial del aceite usado es mayor y requiere un mayor tiempo de reacción. Adicionalmente se debe buscar implementar el uso de catalizador en varios ciclos.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al QFB. Jesús Monjaráz por el apoyo proporcionado en dicha investigación al aportar su conocimiento y experiencia en el tema, así como al apoyo de la Dra. Alma Serafín Muñoz en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la División de ingenierías, Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato.

## REFERENCIAS

- [1] Cardoño, F., Ríos, L. & Franco, F.(2010). Producción de biodiesel de aceite crudo de Palma mediante catálisis heterogénea. *Revac.Ing.Univ.Antioquia*, (51), pp.81-86
- [2] Yusufur, N., Kamarudin, S.K., & Yaakub, Z.,(2011). Overview on the current trends in biodiesel production. *Energy Conversion and Management*(52), pp. 2741-2751.
- [3] Predojevic, Z.J.(2008). The Production of biodiesel from waste frying oil: a comparison of different purification steps. *Fuel* (87). pp. 3522.
- [4] Abbaszaadeh, A., Ghobadian, B., Reza, M., & Najafi, G.(2012). Current Biodiesel production technologies: A comparative review. *Energy Conversion and Managemen.* (63). Pp.138-148.
- [5] Singh SP, Singh D.(2010). Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (14).pp. 200–16.
- [6] Korkut, I. & Bayramoglu M.(2016). Ultrasound assisted biodiesel production in presence of dolomite catalyst- *Fuel*.(180). Pp. 624-629