

# OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE MEZCLAS DE ACEITE DE COCINA USADO Y ACEITE DE HIGUERILLA POR TRANSESTERIFICACIÓN

Rodríguez Rodríguez, Diego Alejandro (1) Riesco Avila, José Manuel (2) Malagón Romero, Dionisio Humberto (3)

1 Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas de Aquino, Sede Bogotá | Dirección de correo electrónico: diego.rodriguezr@usantotomas.edu.co

2 Departamento de Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato- Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: riesco@ugto.mx

Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas de Aquino, Sede Bogotá | Dirección de correo electrónico: dionisioimalagon@usantotomas.edu.co

## RESUMEN

La producción de biodiesel utilizando como materia prima el aceite de higuera (ricino) a nivel mundial, es muy escasa por el elevado costo de este aceite, lo cual se debe a que en la actualidad su extracción se hace con mano de obra humana y esto implica que sea más caro, pero se puede decir que el biodiesel con base de aceite de higuera es uno de los más puros y eficaz para su utilización. La búsqueda de diversas materias que deben ser más económicas; como puede ser el caso del aceite usado vegetal, que ha llevado a utilizar el aceite usado de cocina en el proceso de obtención de biodiesel; como este aceite es una materia prima más económica, ello puede redundar en reducciones de costos de producción a base de aceite de higuera. Sin embargo, es necesario determinar mediante aproximación experimental la evaluación y caracterización de biodiesel empleando mezclas de aceite usado de cocina y aceite de higuera. Con este trabajo, se busca determinar parámetros de procesos y relaciones de mezclas aceptables que permitan potencialmente reducir costos de materia prima, así como mantener la calidad del biodiesel y su obtención en márgenes aceptables.

## ABSTRACT

Production of biodiesel using as raw material castor oil, globally, is very limited by the high cost of this oil, which is because at present the extraction of this oil is made with human labor, and because this implies that more expensive, but you can tell that biodiesel from castor oil is one of the purest and effective for use. The search for different materials to be cheaper; such as the case of vegetable oil used, which led to use the oil cooking waste in the process of obtaining biodiesel; as this oil is a cheaper raw material, this can result in production cost reductions based on castor oil. However, it is necessary to determine by experimental approach the evaluation and characterization of biodiesel using mixtures of used cooking oil and castor oil. This work is to determine parameters of processes and relations that allow acceptable mixtures potentially reduce raw material costs and maintain quality of biodiesel and obtaining acceptable margins.

**Palabras Clave**

Biodiesel; Higuera; Aceite vegetal usado.

## INTRODUCCIÓN

Según investigaciones de la *Association for the study of Peak Oil and Gas* (ASPO), se dice que la producción mundial del petróleo tendrá un descenso a principios del presente siglo [1]. El descenso mundial del petróleo y la necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono han demostrado en la industria de biocombustibles enormes oportunidades. Por esta razón los gobiernos de muchos países han empezado a generar regulaciones que aumenten e incentiven el desarrollo de la industria de biocombustibles [2].

### Higuerilla

La planta de *Ricinus communis* L. (higuerilla) de la familia Euphorbiaceae crece de manera silvestre, sin necesidad de tener un cultivo de grandes cantidades en países tropicales y subtropicales, en Colombia se produce en los departamentos del Tolima, Valle de Cauca y Llanos Orientales, en la región del eje cafetero se ha iniciado el cultivo de higuerilla mejoradas genéticamente para adaptar mejor la planta a las condiciones medio ambientales de la región y así obtener una producción mucho mejor [3].

### Aceite Usado

Una vez que los aceites vegetales usados finalizan su vida útil, deberán tener una correcta disposición de residuos. Éstos pueden ser recolectados en envases plásticos bien sellados y pueden ser reutilizados como materia prima para la obtención de diferentes productos con un valor agregado, como el compostaje en la agricultura, pintura, barnices, lubricantes, jabones, cosmética y a nivel de la industria energética se puede utilizar para la fabricación de biodiesel [4].

### Biodiesel

El biodiesel es un combustible alternativo para motores diesel, que consiste en los ésteres de ácidos grasos obtenidos por la reacción de transesterificación entre los aceites vegetales o grasas animales y un alcohol [5]. Dependiendo del tipo de alcohol, se obtiene en el biodiesel ésteres

metílicos por el uso de metanol como alcohol o ésteres etílicos si es con etanol [6]. El proceso es catalizado por bases fuertes como hidróxidos [7], metóxidos [8], mediante catálisis enzimática o catálisis ácida [9], entre otros.

Las alternativas para la producción de biodiesel tienen que ser técnicamente aceptables, económicamente competitivas, ambientalmente amigables y de fácil acceso. Por estas razones, los triglicéridos (aceites vegetales y grasas animales) son considerados como recursos viables para la producción de combustibles. Los aceites y grasas, desde el punto de vista químico, están formados mayoritariamente por triglicéridos, es decir, tres moléculas de ésteres de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol [10]. Cuando el glicerol se substituye por metanol se obtienen tres moléculas de metil éster y una molécula de glicerina.

El biodiesel obtenido a partir de aceite de higuerilla ha sido valorado como un excelente biocombustible para aplicaciones en las cuales se requiera una alta potencia por unidad de volumen, tales como motores de aviones, barcos y en general vehículos de carga pesada. Sin embargo, el alto costo de este aceite, sumado a su alta viscosidad, ha llevado a que su aplicación industrial se haya visto limitada enormemente. Una alternativa para disminuir los costos de producción, y a su vez la viscosidad, es la implementación de mezclas con aceite usado de cocina antes del proceso de esterificación, con lo cual se obtendría un aporte enorme para consolidar la implementación a nivel industrial de este proceso. Este proceso resulta novedoso ya que, según la literatura consultada hasta la fecha, no hay ningún reporte del uso de mezclas de aceite usado de cocina y aceite de higuerilla para la obtención de biodiesel.

De ser posible lo anterior, se debe obtener un biodiesel que pueda ser aprovechado para la industria del autotransporte y se lograría dar un paso importante hacia la industrialización de la higuerilla como cultivo energético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del desarrollo de esta sección se presentarán de manera detallada las diferentes fases que integran la realización del proyecto: reactivos utilizados, materias primas, caracterización de las

materias, diseño experimental, obtención de biodiesel.

## Materiales

Aceite de higuera, aceite usado de cocina proveniente de restaurantes. Por otro lado, metanol de 98% de pureza; hidróxido de potasio de 85% de pureza; etanol de 95% de pureza; solución de fenolftaleína en etanol de 95%; yoduro potásico; cloroformo; reactivo de Wijs; tiosulfato sódico; almidón soluble y ácido clorhídrico.

## Metodología

### Filtración del aceite usado de cocina

Para eliminar las impurezas presentes en el aceite usado de cocina, se realizó el proceso de filtración. Se empleó papel filtro en laboratorio para este proceso. Una vez filtrado el aceite se guardó en recipientes plásticos, a temperatura ambiente, hasta su uso acorde al diseño experimental.

Se realizó la caracterización de la materia prima (aceite usado de cocina e higuera)

- *Densidad.*

La prueba se realiza midiendo la masa, a la temperatura ambiente, de un volumen de grasa líquida en un picnómetro calibrado a 25 ml.

- *Viscosidad.*

Se utilizó un viscosímetro de Cannon LV Modelo 2020, el dispositivo mide la viscosidad de un fluido mediante la rotación de un cierto esfuerzo cortante móvil, utilizando la aguja 04 para la medición.

- *Índice de acidez.*

La prueba se desarrolló tomando una muestra del aceite la cual se disuelve en una mezcla de solventes adecuados, los ácidos presentes se titularon con una solución metanólica de hidróxido de potasio.

- *Índice de yodo.*

Consistió en la dilución de 0.2 gramos de ensayo en un solvente y adición de reactivo de Wijs. Después de una hora, se adiciono yoduro de potasio y agua y se tituló la liberación de yoduro con una solución de tiosulfato sódico.

- *Índice de saponificación.*

Consistió en saponificar (convertir en jabón un cuerpo graso) completamente una cantidad exactamente pesada de 2 gramos, de la muestra por ensayar, mediante un exceso de solución alcohólica de hidróxido de potasio, valorando luego dicho exceso de solución alcalina con ácido clorhídrico 0,5N.

### Diseño experimental.

Se propusieron las mezclas mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Mezclas de aceite.

Mezclas	Aceite de higuera [% de la mezcla]	Aceite usado de cocina [% de la mezcla]
1	100	0
2	95	5
3	90	10
4	85	15
5	80	20
6	0	100

### Obtención de biodiesel.

La obtención de biodiesel se realizó en condiciones previamente establecidas: relación molar metanol: aceite de 6:1; porcentaje de catalizador 1%; catalizador hidróxido de potasio (KOH). El alcohol seleccionado para esta reacción fue el metanol, ya que éste es empleado actualmente en las plantas de producción de biodiesel. El tiempo de reacción fue de 2 horas. La reacción se montó en un reactor de vidrio de 100 ml de capacidad con un volumen útil de 60 ml, a una temperatura de 60°C, con un baño termostático durante 2 horas. Al finalizar el tiempo de reacción, se obtuvieron 2 fases: biodiesel y glicerol, por lo cual se colocó la mezcla de reacción en un embudo de decantación. Se adicionó un volumen de agua correspondiente a 1/3 del volumen del biodiesel obtenido, se concedió la separación de fases y se descargó el agua. Se repitió el procedimiento hasta lograr que el pH del agua fuera neutro. Se calentó el biodiesel hasta una temperatura de 110°C durante 30 minutos.



IMAGEN 1: Reactor y decantador, obtención de biodiesel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de los aceites.

- *Densidad.*

Los resultados aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados densidad.

Aceite	Densidad experimental [g/ml]	NTC 431 [g/ml]
Higuerilla	0,9787±0,009	-
Usado de cocina	0,9089±0,013	0,869 - 0,879

- *Viscosidad.*

Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados viscosidad

Aceite	Viscosidad experimental cp
Higuerilla	3547±1,13
Usado de cocina	5240±1,01

La viscosidad del aceite de higuerilla según sus propiedades químicas esta en 3637 cp, se puede observar que el valor experimental se encuentra cercano al reportado.

- *Índice de acidez.*

Los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados índice de acidez

Aceite	Índice de acidez
Higuerilla	0,5001±0,030
Usado de cocina	3,2548±0,036

El índice de acidez determina los ácidos grasos libres que tiene cada aceite, por consiguiente, entre menor número de ácidos grasos tenga el aceite es mejor, ya que estos pueden reaccionar con el catalizador para formar jabón. No existe

ningún parámetro de comparación para los aceites de higuerilla y usado de cocina.

- *Índice de yodo.*

Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados índice de yodo.

Aceite	Índice de yodo	Norma [g/100 g de sustancia]
Higuerilla	85.12	81 - 91
Usado de cocina	70.36	-

El índice de yodo presenta la cantidad de este compuesto que puede adsorber el aceite vegetal en los enlaces insaturados (enlaces dobles carbono-carbono), es decir, que entre mayor sea el valor del índice mayor será la adsorción en los enlaces dobles presentes en el aceite [11]. En la literatura aparece reportado que el valor para el aceite de higuerilla está en el rango de 81 a 91 y para el aceite usado de cocina debe estar entre 60 a 70 [14].

- *Índice de saponificación.*

Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados Índice de saponificación

Aceite	Índice de saponificación [mg de KOH/g]	Norma NTC 431 [mg de KOH/g]
Higuerilla	175,946 ± 1,005	176 - 187
Usado de cocina	191.725 ± 0,455	-

El índice de saponificación muestra la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) que se necesita para saponificar (convertir en jabón) un gramo de aceite. El rango reportado en la literatura para el aceite de higuerilla varía desde 176 a 187 mg KOH/g, donde se evidencia que es el valor experimental está cercano al rango. Por otro lado, el valor del aceite usado de cocina reportado es 196,98 mg KOH/g [11], comparando el valor experimental obtenido en este trabajo es aproximadamente el mismo reportado en la literatura.

### Obtención de biodiesel

La obtención de biodiesel se realizó a nivel de 60 ml de reacción como se mencionó en la metodología. Los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimiento del biodiesel obtenido según mezclas de aceites.

Porcentaje de aceite usado de cocina	Rendimiento [%]
0%	93,33
5%	94,69
10%	96,79
15%	99,06
20%	97,70
100%	79,43

Se evidencia que el mejor porcentaje de acuerdo al criterio de reacción fue el 15% de aceite usado de cocina con un rendimiento de reacción del 99,06%, generando una mayor obtención de biodiesel y poca glicerina. Sin embargo, se observa que en todas las mezclas los rendimientos fueron superiores al 90% exceptuando el del aceite usado al 100%.

## CONCLUSIONES

- Se caracterizaron los aceites propuestos en el diseño experimental en las propiedades de densidad, viscosidad, índice de acidez, índice de yodo e índice de saponificación. Los resultados mostraron que para los aceites, las propiedades analizadas cumplen con los estándares consultados.
- Las mezclas de aceite de higuera y aceite usado de cocina generan un muy buen rendimiento en la obtención de biodiesel, ya que se evidencia que está por encima del 90% de rendimiento en todas las mezclas.
- La mezcla de la que mejor rendimiento fue la de 85% de aceite de higuera y 15% de aceite usado, ya que se obtuvo el 99,06% de biodiesel.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por brindarme la oportunidad de estar en los veranos de investigación 2016, y a los Doctores José Manuel Riesco y Dionisio Humberto Malagon por el apoyo y asesoría brindada para la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] JEBARAC. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Septiembre, 2008.
- [2] RESTREO, M. León. Castor oil [Online]. Antioquia, Colombia. 2007.
- [3] BONILLA, M. Biofuels. Biodiesel-Bioetanol. [Slides]. Bogotá, Colombia, 2007. Ministry of Environment, Housing and Territorial Development.
- [4] C. S. Jr. Wassell and T. P. Dittmer, "Are Subsidies for Biodiesel Economically Efficient?" Energy Policy, Vol. 34, No. 18, 2006, pp. 3993-4001.
- [5] Xie, Wenlei, and Li, Haitao, "Alumina-supported potassium iodide as a heterogeneous catalyst for biodiesel production from soybean oil," Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 255, 1-9, May.2006.
- [6] Lin, Cheng-Yuan, Lin, Hsiu-An and Hung, Lang-Bang, "Fuel structure and properties of biodiesel produced by the peroxidation process," Fuel, 8,1743-1749, 2006.
- [7] Liu, Xuejun, He, Huayang, Wang, Yujun and Zhu, Shenlin, "Transesterification of soybean oil to biodiesel using SrO as a solid base catalyst," Catalysis Communications, 8, 1107-1111, 2007.
- [8] M.C.G.ALBURQUERQUE, Y. L. MACHADO, A.E.B. TORRES, D.C.S. ACEVEDO, C.L. CAVALCANTE, Jr. L.R. FIRMIANO, E.J.S. PARENTE, Jr. Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. En: Agosto, 2008.
- [9] S. Skarlis, E. Kondili, and J. Kaldellis. Design and Feasibility Analysis of a new Biodiesel Plant in Greece. [Online]. HYPERLINK [http://synenergy.tejpir.gr/papers/IV\\_7.pdf](http://synenergy.tejpir.gr/papers/IV_7.pdf).
- [10] Sulaiman Al-Zuhair et al., Enzymatic production of biodiesel from used/waste vegetable oils: Design of a pilot plant.: Elsevier, 2011, vol. 36.
- [11] L. LOPEZ, Obtención de biodiesel a partir de aceites usados de cocina del club de suboficiales de las fuerzas militares por transesterificación con catálisis ácida-básica, Bogotá: Universidad de America, 2012.