

Efectos de los Catalizadores Alcalinos en la Obtención de Biodiesel de *Jatropha Curcas* L Effects of Alkaline Catalysts in Obtaining Biodiesel from *Jatropha Curca* L

Ing. Jesús Alexander Mezones Santana; Ph.D. Segundo Alcides García Muentes; Ph.D.; Carlos Antonio Moreira Mendoza; Ing. Wilmer Hernán Ponce Saltos; Ing. Irvin Jair Zambrano Villavicencio

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Julio - diciembre, V^o4-N^o2;
2023

- ✓ **Recibido:** 30/10/2023
- ✓ **Aceptado:** 11/11/2023
- ✓ **Publicado:** 30/12/2023

PAÍS

- 📍 Portoviejo, Ecuador
- 📍 Portoviejo, Ecuador
- 📍 Portoviejo, Ecuador
- 📍 Portoviejo, Ecuador
- 📍 Portoviejo, Ecuador

INSTITUCIÓN

- Institución o Universidad: Universidad Técnica de Manabí
- Institución o Universidad: Universidad Técnica de Manabí
- Institución o Universidad: Universidad Técnica de Manabí
- Institución o Universidad: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias EEP
- Institución o Universidad: Universidad de Los Hemisferios.

CORREO:

- ✉ jmezones4021@utm.edu.ec
- ✉ segundo.garcia@utm.edu.ec
- ✉ carlos.moreira@utm.edu.ec
- ✉ wilmerhps@hotmail.com
- ✉ zjair19@gmail.com

ORCID:

- <https://orcid.org/0000-0002-6304-8429>
- <https://orcid.org/0000-0002-8152-3406>
- <https://orcid.org/0000-0001-5980-0713>
- <https://orcid.org/0000-0002-6304-8429>
- <https://orcid.org/0000-0002-3015-8939>

FORMATO DE CITA APA.

Mezones, J. García, S. Moreira, C. Ponce, W. Zambrano, I. (2023). Efectos de los Catalizadores Alcalinos en la Obtención de Biodiesel de *Jatropha Curcas* L. Revista G-ner@ndo, V^o4 (N^o2). 704 – 714.

Resumen

Los biocombustibles entre ellos el biodiesel, en las últimas décadas ha generado gran interés lo que generado la necesidad de evaluar diversas fuentes de obtención entre los cuales se hace énfasis aceites vegetales no comestibles como el aceite de *Jatropha curca* L., en el proceso de transesterificación se utilizan catalizadores para acelerar el proceso de conversión. El estudio se centró en el efecto que tienen los catalizadores alcalinos sobre el biodiesel; Los catalizadores alcalinos (hidróxido de sodio, potasio y calcio) aplicados para la obtención de biodiesel fueron sometidos a una serie de pruebas físico-químicas de acuerdo a la norma ASTM 6751. Como resultado, dependiendo del tipo de catalizador alcalino, el biodiesel tiene características variables ligadas al nivel de reactividad y reacción del catalizador, donde el KOH demostró ser estable y evitar formar reacciones no deseadas, donde los valores cumplen con la norma ASTM estándar, el NaOH genera saponificación durante el proceso de producción y el Ca(OH)₂ presentó un comportamiento similar al NaOH.

Palabras clave: Biodiesel, catalizadores, *jatropha curca*, transesterificación.

Abstract

Biofuels, including biodiesel, have generated great interest in recent decades, which has generated the need to evaluate different sources of obtaining biodiesel, among which non-edible vegetable oils such as *Jatropha curcas* L. oil are emphasized, and catalysts are used in the transesterification process to accelerate the conversion process. The study focused on the effect of alkaline catalysts on biodiesel; the alkaline catalysts (sodium, potassium and calcium hydroxide) applied to obtain biodiesel were subjected to a series of physicochemical tests according to ASTM 6751. As a result, depending on the type of alkaline catalyst, the biodiesel has variable characteristics linked to the level of reactivity and reaction of the catalyst, where KOH proved to be stable and avoid forming undesired reactions, where the values comply with the ASTM standard, NaOH generates saponification during the production process and Ca(OH)₂ presented a behavior similar to NaOH.

Keywords: Biodiesel, catalysts, *jatropha curca*, transesterification.

Introducción

El crecimiento exponencial de la población mundial, la rápida industrialización, el crecimiento económico y la urbanización han obligado al continuo incremento de los combustibles fósiles para satisfacer la gran demanda de energía en el mundo (Singh et al., 2020). El alto nivel de desarrollo y uso de los combustibles fósiles han impulsado el desarrollo tecnológico y social, sin embargo, estos causan daños al medio ambiente y provocan una gran emisión de gases de efecto invernadero en el proceso de obtención y uso de los mismos (Cao et al., 2021).

El proceso de obtención de biodiesel mediante el proceso de transesterificación con un catalizador alcalino varía cuando se utiliza un catalizador homogéneo o heterogéneo, ya que tienen una reactividad diferente. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de los catalizadores alcalinos en el biodiesel obtenido a partir de *Jatropha curca*; se evaluaron los parámetros fisicoquímicos en relación a la calidad del biodiesel y su relación con la respectiva norma de aceptación.

Consideraciones del biodiesel. La alta demanda energética, la reserva limitada, el aumento acelerado del precio del petróleo, además de los daños causados por los gases de efecto invernadero han llevado a la investigación de posibles fuentes alternativas de energía (Rizwanul et al., 2020), como lo son los propios biocarburantes que se han desarrollado como sustituto del petróleo por su naturaleza, no tóxicos, libres de azufre, biodegradables y procedentes de materias primas renovables (Malode et al., 2021), entre los diferentes tipos de combustibles renovables desarrollados hasta la fecha, el biodiésel es una alternativa prometedora al petrodiesel, debido a sus favorables propiedades ecológicas y beneficios para la seguridad social (Malode et al., 2021).

El petrodiesel puede sustituirse por biodiesel, que puede fabricarse a partir de recursos naturales renovables, como algas, grasas animales y/o aceites vegetales. El biodiesel es compatible con los motores de combustión interna, al igual que el diésel a base de petróleo.

Tiene muchos beneficios, uno de los cuales es una reducción de más del 50% en las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y dióxido de azufre (SO₂). La planta de *Jatropha Curcas L.*, es un recurso renovable que ha ganado interés a nivel mundial. Planta que es miembro de la familia Euphorbiaceae y es una fuente importante para la obtención de biodiesel debido a su alto contenido de aceite (50-55 %) (Martinez et al., 2006; Zanahua y otros, 2009).

Materias primas en la obtención de biodiesel. Balat (2011) y Perdomo et al. (2013) indican que las materias primas vegetales utilizadas son semillas oleaginosas como *Jatropha curcas*, colinabo, tabaco, *Hevea brasiliensis*, linaza, ricino o semillas de ricino son las principales fuentes de biodiesel elaborado a partir de aceites vegetales no comestibles.

Para producir alquil-ésteres de ácidos grasos y glicerina como residuo con valor añadido, la transesterificación consiste en mezclar un aceite vegetal con un alcohol en presencia de un catalizador (Hupp et al., 2018). En cuanto al sector productivo, en la actualidad también existe preocupación por los catalizadores utilizados en la transesterificación de aceites vegetales, generalmente en presencia de catalizadores como los hidróxidos de sodio NaOH, hidróxido de potasio KOH, con los cuales se obtienen las mayores velocidades de reacción (Ramón et al., 2018).

Tipos de catalizadores. Entre los catalizadores básicos homogéneos, los más utilizados son hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH) en proporciones de 0,6 a 1% P, generalmente en 1 h de reacción, con eficiencias superiores al 93% (Pérez et al., 2022); Óxido de calcio (CaO) es el catalizador sólido básico más estudiado, ya que tiene varias ventajas, incluida una larga vida útil, alta actividad catalítica y solo requiere condiciones de reacción

moderadas (Borges & Díaz, 2012; Castellar et al., 2014). Algunos autores han utilizado la *Jatropha curcas* para la obtención de biodiesel, empleando catalizadores homogéneos (NaOH) y heterogéneos (Zirconato de sodio a_2ZrO_3); los mejores resultados se han obtenido al utilizar NaOH como catalizador (Martínez et al., 2019).

Materiales Y Métodos

El proceso de investigación experimental incorpora desde de la obtención de aceite vegetal a partir de semillas de *Jatropha Curcas L.*, se realizó una caracterización del aceite de *Jatropha Curcas L.*; Posteriormente se obtuvo biodiesel utilizando aceite de *Jatropha Curcas L* en condiciones de 60-65 °C por 45 min; Además, se realizó la caracterización del biodiesel a partir del aceite de semilla de *Jatropha Curcas L* bajo los métodos ASTM para viscosidad a 40°C (ASTM D445), densidad a 15°C (ASTM D127), índice de cetano (ASTM D6890), punto de inflamación (ASTM D93), humedad (ASTM D6751).

En el proceso de producción de biodiesel propuesto en el presente trabajo investigativo se consideraron cuatro etapas principales, las cuales son: la reacción química, separación del alcohol, purificación del biodiesel y purificación de la glicerina. Teniendo en cuenta estos aspectos y haciendo mayor énfasis en la selección del catalizador comenzando por el de mayor aplicación de NaOH y KOH y un poco utilizado $Ca(OH)_2$, en la figura 1 se puede ver el proceso

elegido para la obtención de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas* L

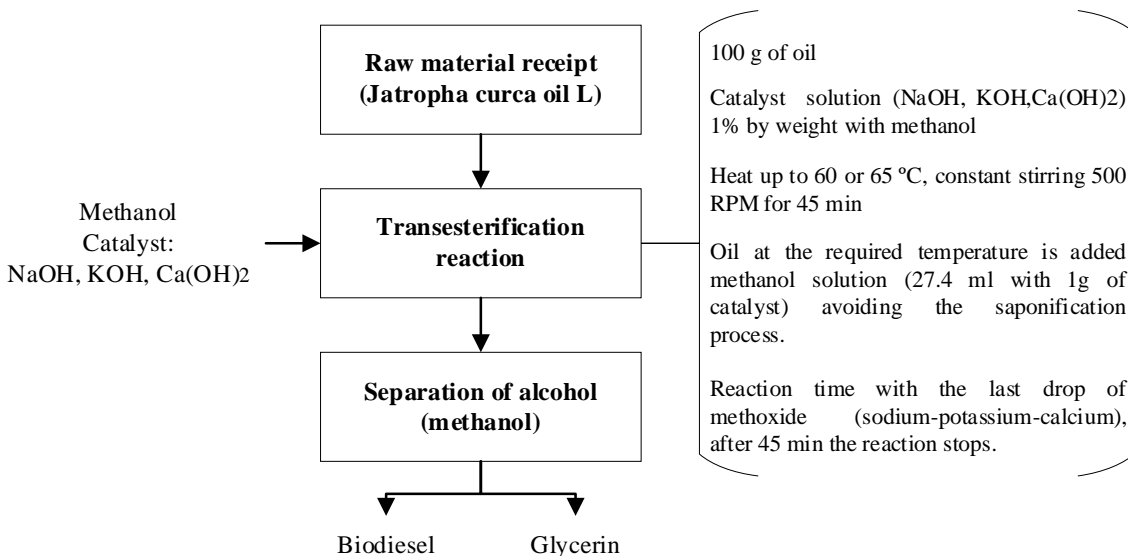


Figura 1. Diagrama del proceso de producción de biodiesel con varios catalizadores

Fuente: Datos de la investigación

Análisis de Resultados.

Los procesos aplicados para la obtención de un biodiesel a partir de aceite vegetal (*Jatropha curca* L.) se presentaron en el INIAP los resultados de la caracterización de las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L., de la provincia de Manabí (Ecuador). Estación Experimental de Portoviejo, en el Laboratorio de Ciencia y Calidad de los Alimentos, y el biodiésel producido a partir de 3 catalizadores (hidróxido de sodio NaOH, hidróxido de potasio KOH e hidróxido de calcio Ca(OH)₂) al 1% y sus efectos en la calidad del mismo mediante la realización de las respectivas caracterizaciones.

Los resultados en cuanto a las características del aceite de *Jatropha Curca* L., permitieron establecer las condiciones fisicoquímicas para la obtención de biodiesel, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Datos experimentales comparados con diferentes autores.

Parámetros	Experimental	(Castillo et al., 2011)	(Gutiérrez, 2020)	(López y otros, 2022)
Densidad (kg/m ³)	937	910	885	910,26
Viscosidad cinemática (mm ² /s) 40°C	31,22	10,94	29,6	39,45
Acidez (mg KOH/g)	2,70	2,07	2,51	0,09
Índice de yodo (g I ₂ /100 g)	95,0	110,18	218	91,72

Fuente: Datos de la investigación

Las características del aceite reflejo de *Jatropha curca* L presentan una densidad de 937 kg/m³ donde las condiciones de los aceites vegetales pueden oscilar entre 840-960 Kg/m³. La magnitud de la viscosidad resultante fue de 31,22 mm²/s, clasificada con grado de viscosidad ISO VG 32, cuyo valor puede oscilar entre 28-35 mm²/s; siendo el índice de acidez (2.70 mg KOH/g) un valor ligeramente elevado con respecto a otros reportes de investigadores, además esta magnitud si el valor supera los 3.5 mg KOH/g alta acidez para evitar anomalías en el proceso de transesterificación. El índice de yodo su valor fue de 95 g I₂/100 g donde Gutiérrez (2020) presentó un valor mayor de 218 g I₂/100 g y el valor más bajo fue el de López et al., (2022) con 91.72 g I₂/100 g.

En la obtención de biodiesel mediante el uso de catalizadores alcalinos (transesterificación homogénea), se evidenció su efecto en las características del biodiesel obtenido a partir de *Jatropha Curca* L, como los resultados se pueden apreciar en la tabla 2:

Tabla 2. Datos experimentales y el efecto de los catalizadores alcalinos en la calidad del biodiesel obtenido

Parámetros	Catalizador			Reference ASTM 6751
	NaOH	KOH	Ca(OH) ₂	
Densidad (kg/m ³) 15°C	880	885	872	870-890
Viscosidad cinemática (mm ² /s) 40°C	3,917	5,7	3,1	1,9-6,0
Viscosidad cinemática (mm ² /s) 100°C	1,427	1,715	1,275	----
Punto de inflamación (°C)	150	165	145	130 mínimo
Humedad (%)	0,037	0,028	0,032	0,02-0,05
Acidez (mg KOH/g)	0,6	0,42	0,55	0,8 mínimo
Índice de cetano	58,3	62,9	56,1	47 mínimo

Fuente: Datos de la investigación

Los valores reflejados en las características fisicoquímicas del biodiesel denotan la influencia de la selección del catalizador en el proceso de producción, al referirse al uso de catalizadores alcalinos homogéneos, se destaca que el hidróxido de potasio tiene una mejor respuesta, esto se debe a su reactividad es menor que el NaOH ya que este compuesto tiene la particularidad de una alta saponificación que ocurre en paralelo a la transesterificación, mientras que el Ca(OH)₂ es menos reactivo entre los tres catalizadores, lo que influye en el biodiesel con características inferiores a los demás.

La acidez presente en el biodiesel es fundamental e importante para determinar la calidad del producto, ya que es un indicador de la calidad de la reacción de transesterificación, ya que, a menor acidez del biodiesel, más efectiva habrá sido la reacción de transesterificación (Bobade et al., 2013; Okullo & Tibasiima, 2017). Al comparar con otros estudios, la acidez fue similar como lo evidencian los reportes de Singh & Padhi (2009) y Del Águila et al. (2011) con valores de 0,24 mg KOH/g y 0,347 mg KOH/g respectivamente. Las viscosidades cinemáticas se encuentran dentro del rango enmarcado en la norma ASTM 6751 (3,917 mm²/s con NaOH, 5,7 mm²/s con KOH, 3,1 mm²/s Ca(OH)₂) siendo inferior al máximo permitido en la norma. Según la norma

ASTM D6751, la humedad máxima es de 0,05% (500 ppm), afectando la hidrolización de los ésteres insaturados, generando la liberación de dobles enlaces que influyen en la formación de ácidos grasos; los datos registrados fueron similares a los indicados en el estándar de aceptabilidad.

El contenido de cetano es un punto clave en la estimación del punto de calidad del biodiesel, esta magnitud hace referencia a la característica que presenta un motor en frío al arrancar, en lugares donde hay bajas temperaturas, es deseable un alto contenido de este parámetro en términos de su calidad y eficiencia, en los valores reportados, fueron superiores al mínimo de la norma ASTM 6751 indicada. Las temperaturas de ignición obtenidas del biodiesel con los catalizadores utilizados fueron superiores a la estándar, siendo esto beneficioso, indicando que no presenta problemas de evaporación con lo cual se supone no tener residuos de metanol, además de posibilitar su manipulación, transporte y almacenarlos de forma más segura.

En cuanto a la obtención de biodiésel a partir de aceite vegetal (*Jatropha curca L*), el proceso es favorable y más eficiente mediante la aplicación de la transesterificación, reacción que requiere de un catalizador que permita la conversión de los triglicéridos. y ácidos grasos a ésteres y posterior transformación a biodiesel y glicerina resultante; Cabe destacar que la selección del catalizador tiene una gran influencia en la calidad del combustible obtenido.

Conclusiones

Los catalizadores alcalinos tienen una gran aceptabilidad y una mayor difusión debido a su reactividad. El uso de compuestos alcalinos tiene un efecto notable en las características y calidad del biodiesel, se estableció que dentro de la producción de biodiesel cuando se utiliza metanol con un catalizador alcalino para la transesterificación; El catalizador de hidróxido de potasio produce un combustible con mejores características, y con condiciones aceptables superiores a las que se obtienen con hidróxido de sodio e hidróxido de calcio como catalizador, si bien se encuentran dentro de las especificaciones indicadas en la norma ASTM 6751, se encuentran con valores mínimos aproximadamente sugeridos. .

Sin duda, la transesterificación mediante un catalizador homogéneo de tipo alcalino tiene una mayor difusión, aunque los estudios se han centrado en el NaOH, pero su desventaja radica en la saponificación que se genera de forma paralela en el proceso; sin embargo, el KOH tiene una mejor aplicación, como se pudo observar con los datos recolectados, ya que tiene una mejor influencia tanto en las características como en la calidad del biodiesel producido a partir del aceite de *Jatropha curca* L.

Referencias bibliográfica

- Balat, M. (2011). Potential alternatives to edible oils for biodiesel production – A review of current work. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1479-1492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.011>
- Borges, M., & Díaz, L. (2012). Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2839-2849. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.071>
- Cao, L., Tsang, D. C., & Zhang, S. (2021). Biodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment. In *Combustibles biodiésel* (1ra ed.). CRC Press. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780367456238-12/bio-oil-production-hydrothermal-liquefaction-htl-biomass-leichang-cao-daniel-tsang-shicheng-zhang?context=ubx>
- Castellar, G. C., Angulo, E. R., & Cardozo, B. M. (2014). Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. *Prospect*, 12(2), 90-104. <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Castillo, A. M., Velásquez, J. A., & Cuartas, P. A. (2011). Obtención de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha curcas* L por transesterificación etanólica. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 5(1). <https://doi.org/http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/view/801>
- Gutiérrez, .. E. (2020). Estudio y análisis de la obtención de biodiésel a partir de *jatropha curcas* y aplicación a los motores de combustión interna alternativo. [Tesis magistral, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/105061/TFG-3027-GUTIERREZ%20BALLESTEROS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hupp, A. M., Perron, J., Roques, N., Ramos, S., & Rohrbach, B. (2018). Analysis of biodiesel-diesel blends using ultrafast gas chromatography (UFGC) and chemometric methods: Extending ASTM D7798 to biodiesel. *Fuel*, 231, 264-270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.102>
- López, L., Zambrano, G., García, S., Burgos, G., & García, G. (2022). Epoxidación de biodiesel obtenido a partir del aceite de la semilla *Jatropha Curcas* L, de la provincia de Manabí–Ecuador. *Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 5(10), 47-63. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v5i10.0062>
- Malode, S. J., Prabhu, K. K., Mascarenhas, R. J., Shetti, N. P., & Aminabhavi, T. M. (2021). Recent advances and viability in biofuel production. *Energy Conversion and Management*, 10(10), 100070. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100070>
- Martínez, A., Mijangos, G. E., Romero, I. C., Hernández, R., & Mena, V. Y. (2019). In situ transesterification of *Jatropha curcas* L. sedes using homogeneous and heterogeneous basic catalysts. *Fuel*, 235, 277-287. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.07.082>
- Martinez, J., Siddhuraju, P., Francis, G., & Dávila, G. (2006). Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*, 96(1), 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.059>
- Perdomo, F. A., Acosta, A. A., Herrera, G., Vasco, J. F., Mosquera, J. D., Millan, B., & Rodriguez, M. E. (2013). Physicochemical characterization of seven Mexican *Ricinus communis* L. seeds & oil contents. *Biomass and Bioenergy*, 48(<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.10.020>).

- Pérez, S. G., Aguilera, L., Castañeda, M. d., & Gallardo, N. V. (2022). Condiciones del proceso de transesterificación en la producción de biodiésel y sus distintos mecanismos de reacción. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.481>
- Ramón, J. A., Saavedra, S., Porras, O. O., Bermúdez, S., & Palacios, J. R. (2018). Obtención de Biodiésel a partir de aceite y semillas de *Jatropha curcas*, utilizando catalizadores inmovilizados y transesterificación in situ asistida por ultra sonido. *Espacios*, 39(16), 1-24. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/a18v39n16p24.pdf>
- Rizwanul, I. M., Ong, H. C., Mahlia, T. M., Mofijur, M., Silitonga, A. S., Rahman, S. M., & Ahmad, A. (2020). State of the Art of Catalysts for Biodiesel Production. *Frontiers in Energy Research*, 8(101), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00101>
- Singh, D., Sharma, D., Soni, S., Sharma, S., Kumar, P., & Jhalani, A. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, 262. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116553>
- Zanahua, A., Martínez, J., & Martínez, A. L. (2009). *Obtención de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas* L. de México en una y dos etapas*. VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras, XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. https://www.researchgate.net/publication/341553426_OBTENCION_DE_BIODIESEL_A_PARTIR_DEL_ACEITE_DE_Jatropha_curcas_L_DE_MEXICO_EN_UNA_Y_DOS_ETAPAS
-