

INFLUENCE OF FATTY ACIDS OF PORK LARD AND CHICKEN ANIMAL OILS ON BIODIESEL PRODUCTION

INFLUENCIA DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES ANIMALES DE CERDO Y POLLO EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

VERA-ROZO, J. R.¹; RIESCO-ÁVILA, J. M.²; RAMÓN, J. L.³

¹Ph. D. James Ronald Vera Rozo. Investigador. Grupo de Investigación CMT. UG. División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. e-mail: jr.verarozo@ugto.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0516-3936>

²Ph. D. José Manuel Riesco Ávila. Profesor Investigador. Grupo de Investigación CMT. UG. División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. e-mail: riesco@ugto.mx
<https://orcid.org/0000-0001-7810-2566>

³Ph. D. Jairo Lenin Ramón Valencia. Investigador, Grupo de Investigación Ingenierías Biomédicas, Empresa de Ingenierías Biomédicas S.A.S, Colombia. e-mail: ingenieriasbiomedicas@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0055-126X>

Entidad

División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca DICIS
Carretera Salamanca - Valle de Santiago km 3.5 + 1.8 Comunidad de, Palo Blanco, 36787 Salamanca, Gto., México
E-mail: jr.verarozo@ugto.mx

Recibido: 25/08/2023 / Aceptado: 15/11/2023

Resumen

Los ácidos grasos provienen de múltiples aceites animales y vegetales, donde este es el principal reactivo para la producción de biodiésel y representa cerca del 80% de su costo comercial. Adicional se requiere de un alcohol de cadena corta como etanol y metanol, también de catalizadores para producir la reacción de transesterificación por la cual se obtienen ésteres (biodiésel). Los ácidos grasos varían dependiendo de su origen, comúnmente en cadenas de doce a veinte carbonos y en su mayor proporción se encuentran el ácido palmítico (C16) y los ácidos oleicos (C18). Existe una mayor afinidad de algunos ácidos grasos con el alcohol en reacción, la cual depende de múltiples parámetros como agitación, calentamiento y contacto entre estas dos sustancias inmiscibles en reacción. Este trabajo presenta la producción, caracterización y afinidad del biodiésel producido de dos materias primas de origen animal bajo una relación molar metanol:aceite de 6:1 e hidróxido de potasio (KOH) como catalizador al 1.5 %. La caracterización del biodiésel se desarrolla de acuerdo con la UNE-EN 14214 determinando el FAME (Fatty Acid Methyl Esters) por cromatografía de gases, densidad, viscosidad y poder calorífico de cada una de las materias primas seleccionadas.

Palabras clave Ácidos grasos, biodiésel, FAME, grasas animales.

Abstract

Fatty acids are derived from various animal and vegetable oils, with this being the primary reactant for biodiesel production, representing approximately 80% of its commercial cost. Additionally, a short-chain alcohol such as ethanol and methanol is required, along with catalysts to facilitate the transesterification reaction, resulting in the formation of esters (biodiesel). Fatty acids vary depending on their origin, commonly in chains of twelve to twenty carbons, with palmitic acid (C16) and oleic acids (C18) being the predominant ones. Some fatty acids exhibit a higher affinity for the alcohol in the reaction, dependent on various parameters such as agitation, heating, and the contact between these two immiscible substances during the reaction. This study presents the production, characterization, and affinity of biodiesel produced from two animal-based raw materials using a molar ratio of methanol to oil of 6:1 and potassium hydroxide (KOH) as a 1.5% catalyst. Biodiesel characterization follows the UNE-EN 14214 standards, determining FAME (Fatty Acid Methyl Esters) through gas chromatography, as well as density, viscosity, and calorific value for each selected raw material.

Keywords: Animal fats, Biodiesel, Fatty acids, FAME.

1. INTRODUCCIÓN

El biodiésel ha sido una fuente de combustibles renovable con auge en los últimos años producto de su carácter ecológico y en ocasiones económicamente competitivo (Gebremariam *et al.*, 2018). Desde el inicio de la invención del motor de combustión por compresión desarrollado por Rudolf Diesel ha estado presente la posibilidad de combustibles alternativos de origen renovable; como ejemplo el aceite de maní usando como combustible inicialmente en los primeros motores Diesel (Shrinivasa *et al.*, 2012; Zuluaga *et al.*, 2022).

Los biocombustibles a pesar de ser en ocasiones favorables al medio ambiente han sido opacados por los combustibles fósiles, actualmente existe una necesidad de disminuir y tratar de eliminar los combustibles como la gasolina y diésel por su alto grado de emisiones contaminantes y disminución de las reservas de petróleo (Van de Graaf *et al.*, 2015). Por esta razón se han planteado remplazos de manera

total o parcial de los combustibles derivados del petróleo, como para el caso del diésel el biodiésel derivado de fuentes oleaginosas renovables, lo que disminuye las emisiones de CO₂ al producir un ciclo de reciclado al usarse materias primas de origen animal o vegetal (Doğan, 2016).

El biodiésel es un combustible renovable de origen oleaginoso que presenta propiedades similares al diesel convencional derivado del petróleo (Chuah *et al.*, 2016). La determinación de las propiedades de biodiésel como combustibles de remplazo total o parcial está estandarizada mediante las normas ASTM D 6751 en América y UNE-EN 14214 en Europa (Burton *et al.*, 2008) (Berrios *et al.*, 2010). Estas dos normativas presentan los valores mínimos y máximos para algunas propiedades como densidad, viscosidad, contenido de ésteres, humedad, número de cetano, entre otros (Gaspar-Cota *et al.*, 2017; Manco-Jaraba *et al.*, 2022) (ASTM, 2012).

El biodiésel es producido mediante la reacción de transesterificación en donde se tienen como reactivos aceites oleaginosos (triglicéridos de diversos ácidos grasos) y alcohol de cadena corta como metanol, etanol, butanol etc; logrando una reacción con ayuda de catalizador donde se usa tradicionalmente NaOH (hidróxido de potasio) o KOH y teniendo como productos de esta reacción glicerol y ésteres o también denominado biodiésel. Dependiendo del rendimiento de la reacción y el origen del aceite se tendrá variación en propiedades del combustible. Industrialmente son usados principalmente el aceite de soya en un 24%, palma en un 23%, grasas animales un 18%, colza en un 11%, Girasol en un 7%, láurico en un 5% y otras materias primas un 12% (Holden *et al.*, 2013). Las propiedades como índice de cetano, punto de nube, temperaturas de destilación son afectadas directamente por la materia prima de donde sea obtenido el biodiésel, por esta razón se hace necesaria el estudio a mayor profundidad de diversas materias primas y la influencia de la composición de la trazabilidad de los ácidos grasos de cada una de las materias primas (Giakoumis *et al.*, 2018).

Dado que la estructura de cada aceite o grasa en los ácidos grasos varía (a veces mucho) según su origen, las propiedades físicas y químicas del biodiésel también difieren; especialmente índice de cetano y las propiedades de flujo en frío (Hansen *et al.*, 2010) (Demirbas, 2005). Por tanto, las características de combustión y las emisiones de los motores varían, en función del biodiésel utilizado (Graboski *et al.*, 1998). Por lo que surge una pregunta lógica, ¿qué materia prima posee la “mejor” composición o, mejor aún?, ¿cuál

sería una composición superior de ácidos grasos (FA)?, con el objetivo de lograr mejorar el rendimiento del motor y menores emisiones.

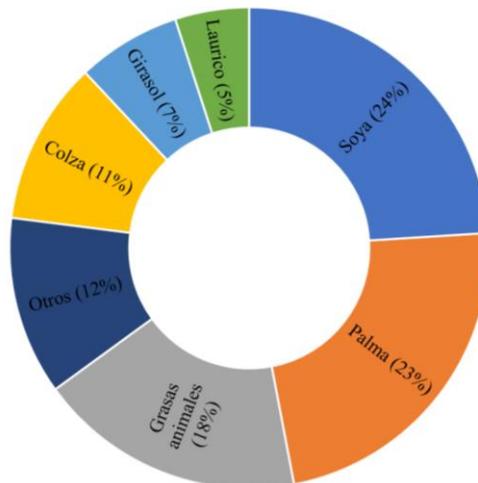


Figura 1. Consumo de aceites en la producción de biodiesel. Fuente: Modificada de (Holden *et al.*, 2013).

Muchos investigadores han dado a la tarea de evaluar estos problemas, y parece que un paso razonable es intentar correlacionar las propiedades del biodiésel con atributos específicos del aceite como la composición de ácidos grasos, y otras propiedades un poco más puntuales como, la longitud de la cadena, el peso molecular el grado de insaturación o el número de dobles enlaces (Tabatabaei *et al.*, 2019) (Sia *et al.*, 2020) (Sáez-Bastante *et al.*, 2020; Gutiérrez *et al.*, 2022).

En este trabajo se presenta la obtención y evaluación de biodiésel de dos materias primas, analizando su composición, peso molecular, FAME, número de cetano y poder calorífico para poder realizar una comparación de las afinidades de cada aceite y de sus ácidos grasos, logrando así identificar alguna influencia de cada ácido graso de materias primas animales.

2. METODOLOGÍA

2.1 Materia prima y reactivos

Para la realización de este trabajo se utilizó dos fuentes oleaginosas de origen animal (manteca de cerdo y la grasa de pollo). Las caracterizaciones del aceite se desarrollaron mediante la aplicación de las siguientes normas:

- Densidad (ASTM D4052-15)
- Viscosidad (ASTM D 445)
- Índice de acidez (NMX-F-101-SCFI-2012).

Debido a la gran influencia del índice de acidez en la producción de biodiésel, el índice de acidez fue determinado previo a la experimentación. El alcohol usado fue metanol analítico con una pureza de 99.8% para evitar ingresar parámetros desconocidos a la reacción. Adicionalmente, como catalizadores se usaron hidróxido de potasio anhidro (KOH) en escamas. Para los análisis cromatográficos fue necesario la presencia de tolueno como disolvente grado analítico y nonadecanoato de metilo como patrón interno (Lascarro *et al.*, 2022).

2.2 Parámetros de experimentación

Para la obtención de biodiésel se tomó todos los parámetros químicos y operativos constantes considerando como único factor la materia prima. Los parámetros considerados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fijos de experimentación.

Parámetro	Valor
Velocidad de agitación	600 rpm
Reactor	Enchafetado
Calentamiento	Manto de agua
Temperatura de reacción	60 °C
Tiempo de reacción	120 minutos

Masa de muestra	100 g
Tipo de alcohol	Metanol
Relación molar alcohol:aceite	6:1
Catalizador	KOH
Porcentaje catalizador	1.5 % peso/peso
Decantación	24 hrs

Fuente: Autor

2.3 Transesterificación

Para llevar a cabo la reacción se utilizó un reactor enchafetado de vidrio con capacidad de 250 ml, que tiene una manta de intercambio de calor permitiendo un control de la temperatura de la reacción, mediante un baño con control de temperatura y equipado con dos boquillas en la tapa: una para la medición de la temperatura y la otra para ubicar un condensador con el fin de evitar la pérdida de metanol. La agitación se garantizó usando una plancha de agitación magnética. En la Figura 2, se muestra el montaje experimental para la obtención del biodiésel.



Figura 2. Montaje experimental del reactor enchafetado. (1. Parrilla de agitación, 2.

Reactor enchaquetado, 3. Condensador, 4. Termómetro, 5 Baño térmico). Fuente: Autor

2.4 Caracterización del aceite y biodiésel

Para evitar que la degradación natural del biodiésel afecte las propiedades evaluadas, éstas fueron medidas durante los tres días posteriores a la experimentación. Para la caracterización del biodiésel obtenido se midieron las propiedades presentadas en la Tabla 2. Tanto para la evaluación de la materia prima como para el biodiésel obtenido. La determinación el peso molecular se llevó a cabo mediante el estudio de las concentraciones relativas y la identificación de cada uno de los picos presentados en la cromatografía de acuerdo con F.A.M.E. Mix patrón previamente analizado a las dos muestras con duplicado de combustible.

Tabla 2. Propiedades determinadas al aceite y biodiésel.

Propiedad aceite	Norma	Limite
Ácidos grasos, wt(%)	NMX-F-101-SCFI-2012	Máx. 1
Peso molecular, g/mol	UNE-EN 14103:2011	-
Propiedad Biodiésel		
Densidad a 20°C, ρ (kg/m ³)	ASTM D4052-15	Mín. 860/ Máx. 900
Viscosidad cinemática a 40°C, μ (mm ² /s)	ASTM D445-15	Mín. 3.5/ Máx. 5.0
FAME (% wt/wt)	UNE-EN 14103:2011	Mín. 96.5
Poder calorífico, J/g	ASTM D240-19	-

Fuente: Autor

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Características de los aceites

Los aceites usados para la experimentación fueron caracterizados previo al desarrollo determinando algunas de las propiedades necesarias para su comparación, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades de los aceites experimentados.

Aceite	Ácidos grasos libres (% peso/peso) ± 0.01	Peso molecular (g/mol) ± 0.1
Cerdo	0.36	912.2
Pollo	5.30	905.0

Fuente: Autor

3.2 Características de los biodiésel

Una vez reaccionado y refinado cada uno de los combustibles obtenidos a partir de las dos muestras de aceite, se procedió a realizar la medición de algunas propiedades de interés encontrando en la Tabla 4. Para la densidad los valores encontrados están acorde a la normativa muy cercanos a su valor mínimo lo cual favorece al combustible obtenido. Para el caso de la viscosidad los valores de cada una de las materias primas en su gran mayoría se encuentran dentro del rango permisivo. Los valores de poder calorífico a pesar de no tener un requisito normativo se encuentran cercano a los 40.000 J/g lo que favorece a un proceso de combustión.

Tabla 4. Propiedades de los biodiéseles obtenidos

Aceite	Cerdo	Pollo
Densidad (kg/m ³) ± 1.0	873.5	872.9
Viscosidad (mm ² /s) ± 0.01	5.02	4.85
Poder calorífico (J/g) ± 1.0	40044	39862
F.A.M.E. (%) ± 0.1	95.8	88.5

Indice de Cetano^a 51.4 54.3

^a Calculado con la correlación presentada en (Vera-Rozo *et al.*, 2022). Fuente: Autor

Finalmente, el F.A.M.E. muestra ambas muestras se encuentran por debajo del umbral normativo de 96.5% peso/peso. Sin embargo, pueden ser usados como aditivos hasta de un 30% en un proceso de combustión de un motor de encendido por compresión (Vera-Rozo *et al.*, 2022).

3.3 Influencia de los ácidos grasos

En la Figura 3 se presenta la distribución de cada uno de los ésteres de ácidos grasos que fueron encontrados por cromatografía de gases.

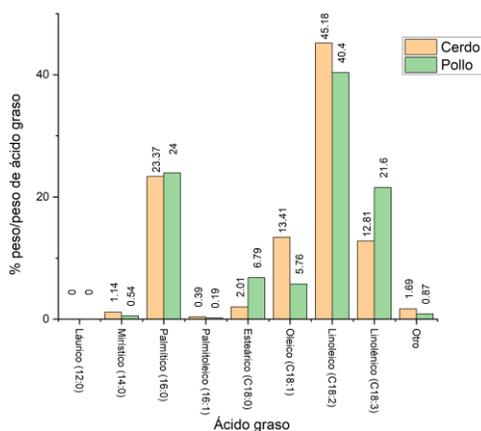


Figura. 3. Distribución de ésteres de ácidos grasos del biodiésel de pollo y cerdo. Fuente: Autor

Una vez evaluada las demás propiedades fisicoquímicas, se realiza un estudio de intensificación de picos para la determinación de las concentraciones y el tipo de ácido graso disponible en cada uno de los biodiésels obtenidos encontrando que:

- No existe una presencia de ésteres de ácido láurico.
- La mayor presencia se da en los ácidos Linoleicos, que cuentan con

dobles enlaces, lo cual es de esperarse dada la procedencia de los triglicéridos de donde son obtenidos los ésteres.

- La distribución es casi uniforme en ésteres de ácidos grasos como el palmítico y palmitoleico.
- Los grados de saturación son mayores en los ésteres de ácidos grasos provenientes de la grasa de pollo.

4. CONCLUSIONES

La mayor afinidad de los ácidos grasos a convertirse en ésteres(biodiésel) se da entre las moléculas de 16 a 18 carbonos en los ácidos palmítico, oleico, esteárico, linoleico y linoléico esto obedece a que los enlaces son más sencillos de romper y que los dobles y triples enlaces de la molécula facilitan la reacción.

El bajo porcentaje de ésteres metílicos de ácidos grasos obtenidos obedece a la presencia de ácidos grasos libres por la procedencia de los aceites, por lo que debería realizarse procesos de refinación como la esterificación previa a la transesterificación en estas materias primas procedentes de grasas animales.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astm, D. (2012). Standard specification for biodiesel fuel blend stock (B100) for middle distillate fuels. ASTM International, West Conshohocken.
- Berrios, M., Gutierrez, M. C., Martin, M. A., & Martin, A. (2010). Obtaining biodiesel from spanish used frying oil: Issues in meeting the EN 14214 biodiesel standard. *biomass and bioenergy*, 34(3), 312-318.

- Burton, R. (2008). An overview of ASTM D6751: biodiesel standards and testing methods. Alternative fuels consortium.
- Chuah, L. F., Yusup, S., Abd Aziz, A. R., Bokhari, A., & Abdullah, M. Z. (2016). Cleaner production of methyl ester using waste cooking oil derived from palm olein using a hydrodynamic cavitation reactor. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4505-4514.
- Demirbas, A. (2005). Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Progress in energy and combustion science*, 31(5-6), 466-487.
- Doğan, T. H. (2016). The testing of the effects of cooking conditions on the quality of biodiesel produced from waste cooking oils. *Renewable Energy*, 94, 466-473.
- Gaspar-Cota, S., Ruelas-Ayala, R. D., Estrada, C. S. C., Apodaca, J. R. R., & Félix-Herrán, J. A. CAPÍTULO IX PERSPECTIVA DEL USO DE BODIESEL DE LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD EL CARRIZO, SINALOA, MÉXICO.
- Gebremariam, S. N., & Marchetti, J. M. (2018). Economics of biodiesel production. *Energy Conversion and Management*, 168, 74-84.
- Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. (2018). Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. *Fuel*, 222, 574-585.
- Graboski, M. S., & McCormick, R. L. (1998). Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in energy and combustion science*, 24(2), 125-164.
- Gutiérrez de Piñeres, J. A., Orozco, J. E., Mejía, W. A. y Briceño, A. F. (2022). Análisis de la eficacia de tapas plásticas como lecho filtrante en humedales para aguas residuales. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 13(1). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2720/3793>
- Hansen, A. C., Kyritsis, D. C., & Lee, C. F. F. (2010). Characteristics of biofuels and renewable fuel standards. *Biomass to biofuels: strategies for global industries*, 1-26.
- Holden, E., & Gilpin, G. (2013). Biofuels and sustainable transport: A conceptual discussion. *Sustainability*, 5(7), 3129-3149.
- Lascarro, N. F., Manco, J. D. y Rojas, M. E. (2022). Rol de los procesos sedimentarios en la generación de hidrocarburos en la formación la luna. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 13(2). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2724/3797>
- Manco-Jaraba, D. C., Navarro-Becerra, Y., Rojas-Martínez, E. y Mindiola-Gil, R. (2022). Manantial de cañaverales: una estrategia novedosa para el desarrollo socioeconómico del sur de La Guajira (Colombia), a través de la geoeducación, geoturismo y geoconservación. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 13(1). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2718/3791>
- Sáez-Bastante, J., Carmona-Cabello, M., Pinzi, S., & Dorado, M. P. (2020). Recycling of kebab restoration grease for bioenergy production through acoustic cavitation. *Renewable Energy*, 155, 1147-1155.
- Shrinivasa, T. (2012). Rudolf Diesel—The rational inventor of a heat engine. *Resonance-Heidelberg*, 17(4), 319.

- Sia, C. B., Kansedo, J., Tan, Y. H., & Lee, K. T. (2020). Evaluation on biodiesel cold flow properties, oxidative stability and enhancement strategies: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24, 101514.
- Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Dehghani, M., Panahi, H. K. S., Mollahosseini, A., Hosseini, M., & Soufiyan, M. M. (2019). Reactor technologies for biodiesel production and processing: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 74, 239-303.
- Van de Graaf, T., & Verbruggen, A. (2015). The oil endgame: Strategies of oil exporters in a carbon-constrained world. *Environmental Science & Policy*, 54, 456-462.
- Vera-Rozo, J. R., Sáez-Bastante, J., Carmona-Cabello, M., Riesco-Avila, J. M., Avellaneda, F., Pinzi, S., & Dorado, M. P. (2022). Cetane index prediction based on biodiesel distillation curve. *Fuel*, 321, 124063.
- Zuluaga, A., Durán-Cepeda, J. M. y García, J. M. (2022). Gestión prospectiva–sostenible de desarrollo económico–social para San Juan del Cesar – La Guajira al 2027. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 13(2). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2731/3802>