

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

CARACTERIZACIÓN DE BIODIESEL OBTENIDO POR TRANSESTERIFICACIÓN UTILIZANDO COMO MATÉRIA PRIMA LA GRASA DE RES

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON YOUTUBE THUMBNAILS

Mario Javier Llumitasig Calvopiña
Universidad Estatal de Milagro UNEMI, Ecuador

Oscar Fabricio Chicaiza Yugcha
Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Jorge Tomas Holguin Anzules
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Israel Antonio Orozco Manobanda
Instituto Tecnológico Superior Simón Bolívar, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.20894

Caracterización de Biodiesel Obtenido por Transesterificación Utilizando como Matéria Prima la Grasa de Res

Mario Javier Llumitasig Calvopiña¹

m_llumitasig@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8889-1367>

Universidad Estatal de Milagro UNEMI,
Ecuador

Oscar Fabricio Chicaiza Yugcha

o_chicaiza@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4170-2186>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Ecuador

Jorge Tomas Holguin Anzules

jholguina7@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4454-4184>

Universidad Estatal de Milagro UNEMI
Ecuador

Israel Antonio Orozco Manobanda

i_orozco@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2931-0240>

Instituto Tecnológico Superior Simón Bolívar
Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata de la obtención de biodiesel mediante un proceso de transesterificación de grasa de res como materia prima, misma que en nuestro medio es tratada como un desecho más, se trata de aprovechar el potencial energético de la grasa mediante el proceso de transesterificación y obtención del biodiesel, utilizando como catalizador el hidróxido de sodio sustancia utilizada en disolución acuosa, el 55% de la materia prima se transformó en biodiesel como resultado de la reacción química que dividió la grasa de res en glicerina y productos derivados de la reacción, a más de pérdidas en los procesos de lavado y secado. Se caracterizó el biodiesel obtenido mediante pruebas físico químicas que ayudan a determinar los niveles de azufre, densidad, agua, índice cetano, punto de nube, corrosión de lámina de cobre, viscosidad, punto de inflamación, nivel de PH y poder calorífico bajo normas nacionales como la NTE INEN e internacionales como la ASTM, datos que ayudaran a, comparar con valores establecidos en normas nacionales e internaciones y así establecer si el biodiesel es óptimo para su uso y futuro reemplazo del diésel convencional, teniendo como resultado valores alentadores que se posicionan en los rangos que establecen normas internacionales, la densidad es un parámetro importante que se encuentra fuera de rango por un valor mínimo.

Palabras clave: transesterificación, biodiesel, biocombustibles, poder calorífico

¹ Autor principal

Correspondencia: m_llumitasig@istsb.edu.ec

Characterization of Biodiesel Obtained by Transesterification Using Beef Fat as Raw Material

ABSTRACT

This research project deals with the production of biodiesel through a transesterification process using beef fat as raw material, which in our environment is treated as waste. The aim is to harness the energy potential of the fat through the transesterification process and obtain biodiesel, using sodium hydroxide in aqueous solution as a catalyst. As a result of the chemical reaction that broke down the beef fat into glycerin and reaction by-products, 55% of the raw material was converted into biodiesel, in addition to losses during the washing and drying processes. The biodiesel obtained was characterized through physical-chemical tests that help determine the levels of sulfur, density, water, cetane index, cloud point, copper strip corrosion, viscosity, flash point, pH level, and calorific value under national standards such as NTE INEN and international standards such as ASTM. This data will help to compare with values established in national and international standards and thus establish whether the biodiesel is optimal for use and future replacement of conventional diesel, resulting in encouraging values that fall within the ranges established by international standards. Density is an important parameter that is outside the range by a minimum value.

Key words: transesterification, biodiesel, biofuel, calorific power

*Artículo recibido 20 octubre 2025
Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025*



INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento poblacional y parque automotor a nivel mundial y la disminución de yacimientos de crudo, genera gran interés y conciencia de la comunidad científica, política y social en temas relacionados con la producción de biocombustibles y protección del medio ambiente[1], puesto que gran parte de la contaminación es producida por vehículos impulsados por motores de combustión interna de ahí surge la necesidad de desarrollar alternativas apoyadas en recursos naturales existentes[2].

El remplazo de los combustibles fósiles también conocidos como tradicionales derivados del petróleo por alternativas de origen vegetal tiene gran relevancia en nuestros días por diversas razones fundamentales, quizá una de las más importantes es el hecho de provenir de fuentes renovables, a más de ser clave en la lucha contra el deterioro medioambiental, esto ayudara al desarrollo de la agricultura y la industria[3]. Todo esto va directamente relacionado con el cambio climático, los precios elevados y la disminución de las reservas de petróleo[4], esto a su vez se vinculan directamente con el incremento de la demanda de energía, lo cual ha impulsado hacia la nueva era de la industria energética con biocombustibles[5].

La norma ASTM Se refiere a los aceites y grasas de origen animal, como la grasa de res y de la industria avícola, es posible utilizarse como materia prima para la obtención de biodiesel[6]. En sí, de llevarse a cabo una comparación con los aceites vegetales y las grasas y aceites de origen animal, los de origen animal y vegetal son de bajo costo. El biodiesel que se obtiene a partir de grasas animales puede ser caracterizado de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas[7]. Dentro de las propiedades físicas que se realiza son: contenido de agua por el método de destilación, contenido de azufre, corrosión lámina de cobre, densidad, viscosidad, punto de fusión, poder calorífico y el número de cetanos[8], los parámetros que se enlistaron son algunos de los considerados previo a, decir si el biodiesel obtenido es o no viable para la aplicación a nivel industrial. Investigadores como[9], sostiene que “las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂, metano CH₄ y óxido nitroso N₂O, incrementaron un 10,7% respecto al 2013. Siendo esto hasta 45,8 millones de toneladas de CO₂ directamente al medio ambiente por parte del sector energético del país, el sector transportista es uno de los mayores generadores de gases ocupando el 39% del total de emisiones. Los siguientes contribuyentes en emisiones son las centrales eléctricas (13,6%) y la industria (13,3%)”.



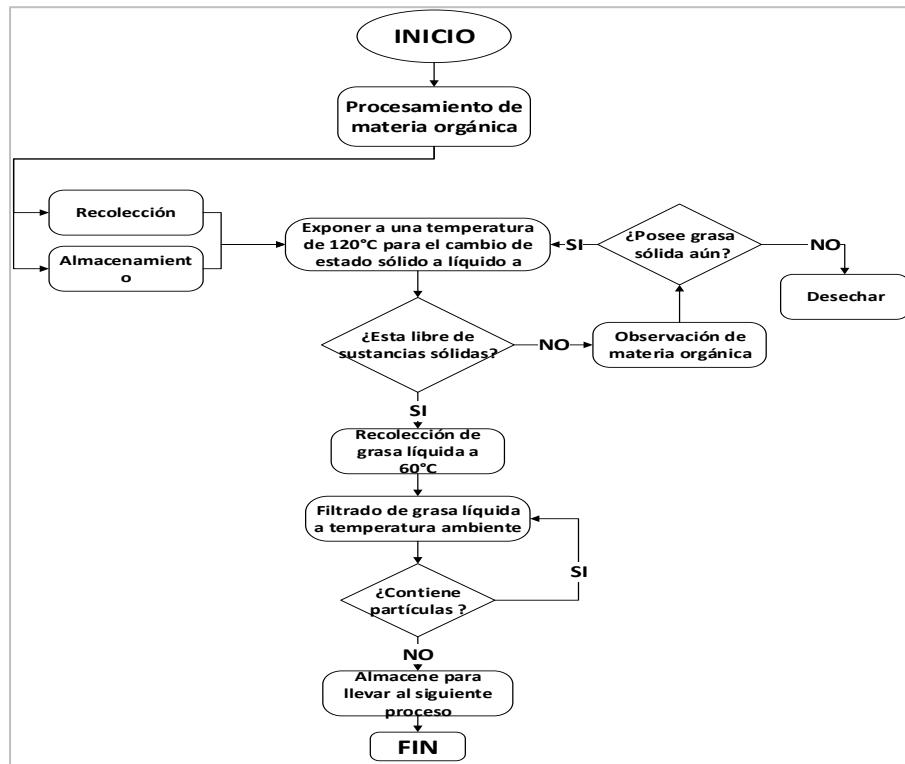
En el trabajo de investigación se presentan las características del biodiesel obtenido en el laboratorio a partir de grasa de res mediante transesterificación, en los distintos centros de faenamiento se desecha grandes cantidades de grasa de res[10]. El biodiesel obtenido se puede utilizar en motores diésel con pocas y en casos sin modificación alguna debido a propiedades similares al diésel tradicional[11]. Además de ser renovable también ha destacado por ser biodegradable y no tóxico, la cantidad de emisiones se ven reducidas de manera muy sustancial en especial las provenientes del escape de los vehículos[12], de manera particular los hidrocarburos no quemados, partículas y materiales en especial el monóxido de carbono.

METODOLOGIA

El trabajo experimental se realizó en dos fases. La primera fase consiste en el tratamiento de la materia prima es decir la purificación de la grasa de res ya que esta se presenta en su estado natural (solido) y caracterización de la misma[13][14]. La segunda fase consiste en la producción de biodiesel y su respectiva caracterización.

Mediante el diagrama que se muestra en la figura 1 se describe el proceso de procesamiento de la materia prima, desde su estado natural hasta tenerla en un estado líquido para pasar a la transesterificación[15].

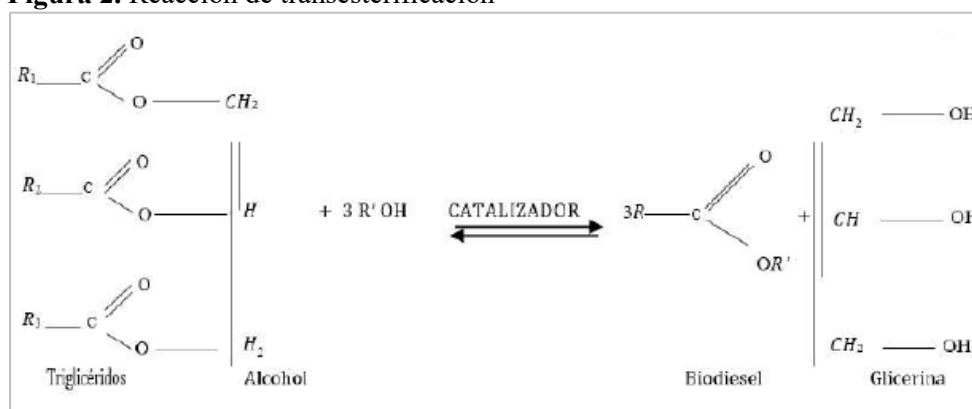
Figura 1. Metodología para tratamiento de la materia prima



Una vez que se tiene la grasa en estado líquido, van a existir sustancias sólidas propias de la grasa de res, esto exige un exhaustivo proceso de filtrado, proceso que también lo recomienda [16], hay que tomar en cuenta que para el proceso de filtrado en nuestro trabajo sugerimos una temperatura de 60 grados Celsius.

El método que se está utilizando para la obtención de biodiesel está respaldado en referencias bibliográficas y experimentación propia, mediante el cual describe el proceso de obtención del biodiesel mediante transesterificación de la grasa de res[17]. La técnica que se describe en este documento consiste en transformar químicamente el lípido la grasa al mezclarse con el metanol de alta pureza por medio de un catalizador (hidróxido de sodio) mismo que reaccionan dando paso a la formación de biodiesel y glicerina[18]. En la figura 2 se aprecia la reacción química del proceso de transesterificación.

Figura 2. Reacción de transesterificación



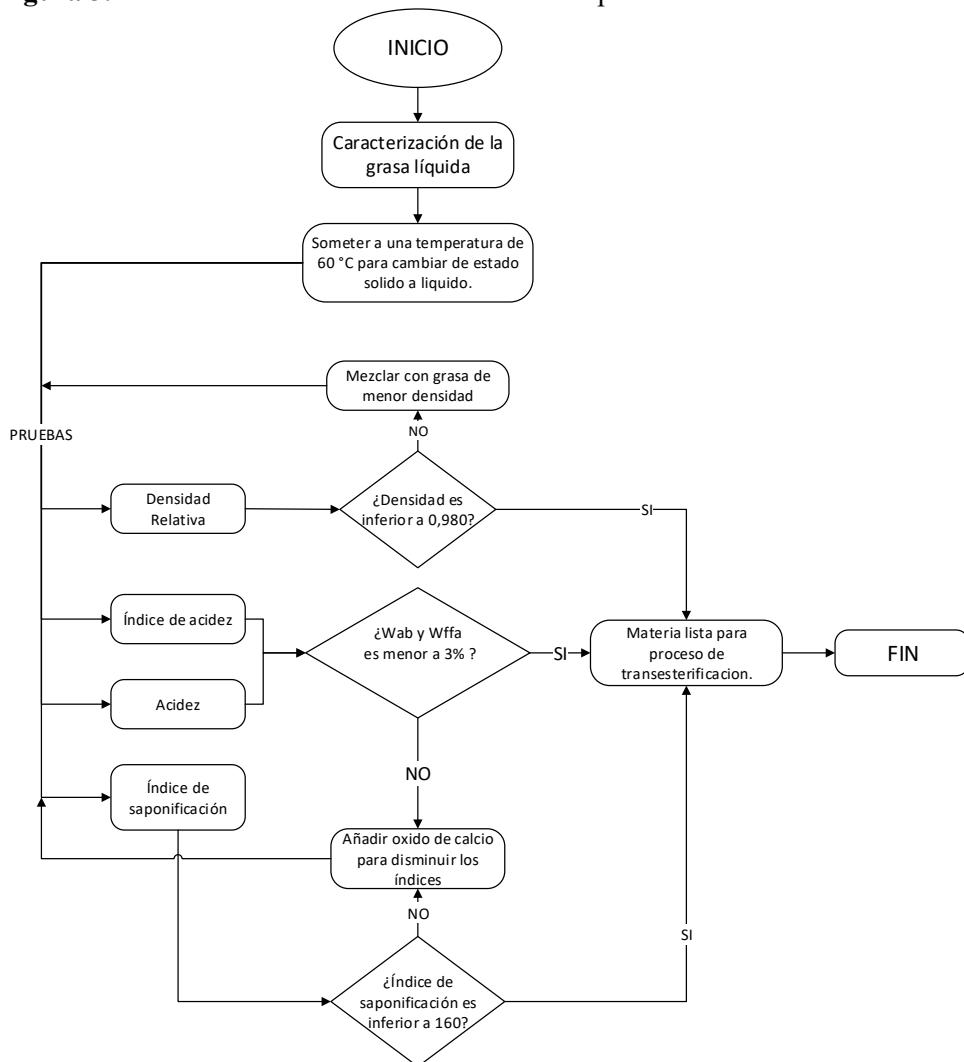
Caracterización de la materia prima.

El proceso de refinamiento que se realizó a la materia prima: en primera instancia iniciamos con la recolección, cambio de estado y filtrado de tal manera que se obtenga una sustancia líquida libre de partículas sólidas y cualquier impureza que pueda presentarse[19], para la caracterización y establecer las cantidades exactas de reactivos[6].

Se caracterizó la materia prima, grasa de res para determinar la concentración de los reactivos a utilizarse, luego una vez obtenido el biodiesel se caracterizó usando las pruebas físico-químicas que cumple el diésel aquí en el Ecuador bajo la norma NTE INEN 1489-2012 [20].

La figura 3 describe el proceso para determinar si la materia prima es o no apta para el proceso de producción de biodiesel mediante transesterificación, siempre tomando en cuenta características de la grasa como: densidad índice de acidez, acidez e índice de saponificación.

Figura 3. Proceso de caracterización de la materia prima



La grasa debe cumplir con ciertos parámetros entre ellos la densidad que debe ser inferior a 0,98, para que ese lote sea considerado en la producción de biodiesel, en el caso de no cumplir con los parámetros establecidos se deberá someter a un proceso de refinamiento o descartar el lote.

En la tabla 1 se detallan los valores, posterior a la caracterización de la grasa de res, valores que indican si la materia prima es apta y de calidad para llevar a cabo el proceso de transesterificación.

Tabla 1 Resultados de caracterización de la grasa de res

Parámetro	Resultado	Valores permitidos	Unidad	Método de análisis
Densidad relativa	0,9267	0,980	gr/ml	PA-FQ-74/ NTE-INEN-35-1
Índice de acidez	0,98	3	mgNaOH/gr	MAL 29/NTE INEN ISO 660
Acidez	0,49	3	%	MAL 29/NTE INEN ISO 660
Índice de saponificación	140,46	160	mg/gr	MAL 29/NTE INEN ISO 660

En la tabla que antecede correspondiente a los resultados de la caracterización, teniendo valores muy favorables los valores de la columna dos no deben ser superiores a los de la columna 3 para garantizar que la materia prima es de calidad, todos los parámetros están por debajo de los valores establecidos como máximo.

Proceso de producción de biodiesel

Los valores del índice de acidez y de saponificación, serán tomados en cuenta para el cálculo de la masa de la materia prima, el volumen del hidróxido de sodio y metanol. Para llevar a cabo la transesterificación se necesita un catalizador que para este caso será el hidróxido de sodio (NaOH) que es venta libre al público, tabla 2 propiedades físico-químico.

Tabla 2 Peso molecular del Hidróxido de Sodio (NaOH)

Hidróxido de sodio (NaOH)	Masa molecular (gr)
Na	22,9897
O	15,9994
H	1,0079
Total	39.9970

La grasa de res contiene glicéridos que son necesarios convertirlos en esteres, esto se logra gracias a la reacción que tiene la grasa con el metanol de alta pureza (99,9%) de concentración. Las propiedades del metanol se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Características físico químicas del metanol

Características físico químicas del metanol	
Pureza	99,9 %
Densidad	0,79 gr/cm ³
Masa molecular	32,04 g/mol

Tomando en cuenta la estequiometría de la reacción alcohol y la grasa, se utilizó una reacción molar 2,5:1, con un catalizador el NaOH, una temperatura a 60 °C y la agitación a 800 rpm durante 60 minutos.



Posterior a la reacción química es necesario dejar en reposo durante al menos 8 horas continuas para la separación del biodiesel y la glicerina, mediante el método de decantación extraemos cada una de los productos. El lavado del biodiesel es necesario realizarlo con agua destilada a una temperatura de 40 °C, utilizando un embudo de decantación. El filtrado fue realizado en un periodo posterior a 2h así permitiendo que por diferencia de densidad se separen los productos. Para tener un biodiesel puro y libre de humedad y que sea un producto de interés se llevó a secado a 100 °C durante 60 minutos para descartar posibles restos de agua y cualquier otra sustancia [11]. La calidad del biodiesel se analizó de acuerdo a la norma internacional ASTM 6751 y normas nacionales[21].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 4 muestra los cálculos permitirán determinar la cantidad de reactivos necesarios para el proceso de transesterificación, asegurando la calidad del biodiesel.



Tabla 4 Resumen de cálculos para determinar la cantidad de reactivos

Cálculos para determinar la cantidad de reactivos						
Parámetro	Datos		Unidades	Ecuación	Valor	Unidades
Densidad (ρ)	m_{p1} m_{p2} v	15,5617 38,7300 25	gr gr ml	$\rho = \frac{m_{p2} - m_{p1}}{v}$	0,9267	gr ml
Relación estequiométrica (R. E. S.)	3 mol NaOH 1 mol grasa de res	119991	mg	R. E. S. = $\frac{3 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol grsa de res}}$	119991	mg/gr
Masa de sebo (M_{grasa})	R. E. S. Is	119991 140,46	mg/gr mg/gr	$M_{grasa} = \frac{\text{R. E. S.}}{Is}$	854,2717	gr grasa de res mol grasa de res
M_{grasa}	ρ v	0,9267 500	gr ml	$M_{grasa} = \rho \times v$	463,35	gr
Masa de metanol ($m_{metanol}$)	M_{grasa} MR Mmetanol Mgrasa	463,35 12 32 854,2717	gr gr gr gr	$M_{metanol} = m_{grasa} * MR * \frac{M_{metanol}}{M_{grasa}}$	208,2784	gr
Volumen de metanol ($V_{metanol}$)	$m_{metanol}$ $\rho_{metanol}$	206,2782 0,79	gr g/cm ³	$V_{metanol} = \frac{m_{metanol}}{\rho_{metanol}}$	263,6436	cm ³
Masa de hidróxido (m_{NaOH})	m_{grasa} $\% \frac{p}{p} NaOH$ grasa	458,9 1,00 100	gr %	$m_{NaOH} = m_{grasa} \times \frac{\% \frac{p}{p} NaOH}{100 [gr grasa]}$	4,6335	gr



Para que se dé la reacción de transesterificación de 500 ml de grasa de res con una masa de 500 gr se necesita de 4,634 gr de NaOH hidróxido de sodio y 263,64 cm^3 de metanol [2]. Los subproductos al finalizar el proceso son glicerina y biodiesel, es necesario dejar que reposen mientras se separan por diferencia de densidad, la decantación ayuda a separar la glicerina que se deposita en el fondo del caldero y mediante la válvula de paso se la extrae por acción de la gravedad. Una vez que termina el proceso de separación del biodiesel y la glicerina se purifica el biodiesel mediante los métodos de lavado y secado.

Figura 5. Muestras de biodiesel



En la tabla 5 se detalla los resultados de la caracterización del biodiesel y a la vez se hace una comparativa con valores establecidos en las normas ASTM y la INEN, valores que están establecidos para el diésel común.

Tabla 5 Resultados de la caracterización del biodiesel

Comparación de parámetros característicos del biodiesel con las normas				
Ensayo	Unidad	Biodiesel	Nte inen 1489	Normativa ASTM 6751
Densidad 15°C	Kg/m ³	825.60	860mi- 900 máx.	860 min – 900 máx.
Contenido de Azufre	%P	0,0062	máx. 0,05	0.0015 máx.
Índice de cetanos	--	54	53 min.	47 min.
Punto de inflamación	°C	156,90	min. 51	Mínimo 130
Viscosidad cinemática 15°C	Cst	3,88	min-máx. 2,0-5,0	1.9 min – 6 máx.
Agua por destilación	%V	0,00	máx. 0,05	0.05 máx.
Corrosión de Lámina de Cobre	Corrosión	1a	1a	No. 3 máx.
Punto de nube	°C	0	--	--
Poder Calorífico	J/gr	67000.70	--	--
PH	--	5	--	--

Cada una de las pruebas se realizó con tres muestras, el valor reportado en la tabla que antecede es el promedio de los valores obtenidos de cada muestra, los valores de la densidad fueron: muestra un 825 Kg/m³, muestra dos 826 Kg/m³ y la muestra tres un valor de 826 Kg/m³, dando un valor promedio para la densidad de 825,6 Kg/m³, la norma ASTM 6751 establece un rango de mínimo 860 y un máximo de 900 Kg/m³ sin embargo, ninguna de las muestras están dentro de los valores establecidos, teniendo un valor de 34,4 por debajo del valor mínimo establecido, esto podría acarrear problemas como falta de presión en el sistema de alimentación.

CONCLUSIONES

El biodiesel obtenido por transesterificación a partir de la grasa de res cumple con los valores de normas internacionales ASTM 6751 y normas nacionales como la INEN 1489, los valores de tiempo y temperatura, 60 minutos a 60°C, durante la reacción química son clave y adecuados, a más del NaOH existen otros catalizadores con alta eficiencia de conversión como es el caso de KOH y CaOH, la glicerina obtenida como un subproducto posterior a la transesterificación puede ser utilizada para otras aplicaciones y futuras investigaciones.

Las características de la materia prima juegan un papel importante para tener un biodiesel de calidad y que cumpla con parámetros nacionales e internacionales, tal es el caso de la densidad relativa que no debe superar el valor de 0,980 gr/ml, según las pruebas realizadas bajo la INEN-35-1 se tiene un valor favorable de 0,9267 gr/ml, mientras que, el índice de acidez de la materia prima proveniente de las grasas no debe ser superior a un 3% para este caso tenemos un valor de 0,49% valor que se encuentra muy por debajo de los niveles máximo y eso facilita la reacción química y asegurando una reacción completa.

La calidad, niveles de pureza y cantidad de los reactivos es indispensable y deben ser precisos para asegurar que no exista ácidos grados libres, es importante verificar que el alcohol sea de una concentración de 99,9% y que por cada 500 ml de grasa de res se suministre 263,64 ml de alcohol y 4,63 gramos de NaOH, de acuerdo a los cálculos se dará una reacción completa evitando ácidos grasos libres que podrían con el paso del tiempo formar grumos de grasa.

Los resultados de la caracterización del biodiesel obtenido, como la corrosión de lámina cobre, tomando en cuenta que el fluido debe ser idóneo para circular por el sistema de alimentación, de acuerdo a la



ATM-6751 debe tener un valor máximo de 3. Mientras que según las pruebas realizadas el biodiesel obtenido tiene un valor en la corrosión de la lámina de cobre de 1^a, cuyo atributo garantiza que los componentes fijos y móviles no corren el riesgo de deterioro por la circulación de biodiesel proveniente de la grasa de res.

Uno de los objetivos es la reducción de gases contaminantes y de efecto invernadero, uno de los componentes que aporta a la producción de los gases antes mencionados es el porcentaje de azufre presente en el diésel convencional, en normas nacionales INEN 1489 establece un máximo de 0,05 % mientras que en la ASTM 6751 establece un valor máximo de 0,0015 %, con relación a estos valores y específicamente a la norma INEN está muy por debajo del valor máximo permitido, mientras que con referencia al valor establecido en la ASTM es ligeramente superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. Prieto Villamizar and C. Hernandez Barragan, “Ensayo de tracción,” *Univ. Pamplona*, pp. 1–25, 2008.
- [2] J. A. Hernández Mora, J. C. Acevedo Páez, C. F. Valdés Rentería, and F. R. Posso Rivera, “Evaluation of using alternative routes of glycerin obtained in the biodiesel production: a review,” *Ing. y Desarro.*, vol. 33, no. 1, pp. 126–148, 2015, doi: 10.14482/inde.33.1.5573.
- [3] A. G. Hassan, “INVESTIGATION OF USING A BITUMINOUS SUB-BALLAST LAYER TO ENHANCE THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF HIGH-SPEED BALLASTED TRACKS,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 19, Nov. 2020, doi: 10.21660/2020.75.27822.
- [4] M. Gerveni, T. Hubbs, and S. Irwin, “The Biodiesel Profitability Squeeze,” pp. 1–7, 2023.
- [5] I. Rivera, G. Villanueva, and G. Sandoval, “Producción de biodiesel a partir de residuos grasos animales por vía enzimática,” *Grasas y Aceites*, vol. 60, no. 5, pp. 468–474, 2009, doi: 10.3989/gya.021409.
- [6] Miguel Cordoví *et al.*, “Pretratamientos de grasa residual de cocción de alimentos para la producción de biodiesel,” *Ing. Mecánica*, vol. 20, no. 2, pp. 58–64, 2017.
- [7] Á. V. Ortiz and L. M. Rodríguez, “Obtención De Biodiesel a Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal,” *Luna Azul*, no. 36, pp. 10–25, 2013, doi:



- [8] ASTM D6751-15c, “Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels,” *ASTM Int.*, vol. i, pp. 1–11, 2010, doi: 10.1520/D6751.
- [9] O. S. Castillo, S. G. Torres-Badajoz, C. A. Núñez-Colín, V. Peña-Caballero, C. H. Herrera Méndez, and J. R. Rodríguez-Núñez, “Producción de biodiésel a partir de microalgas: avances y perspectivas biotecnológicas,” *Hidrobiológica*, vol. 27, no. 3, pp. 337–352, 2017.
- [10] “UNE-EN ISO 660:2010 Aceites y grasas de origen animal y vegeta...” [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0044795>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [11] J. A. Agila Tufiño, I. A. Moya Reina, A. M. Segundo García, and R. E. Cevallos Cedeño, “Obtención y caracterización de biodiesel por transesterificación a partir de aceite de girasol,” *Minerva*, vol. 5, no. 14, pp. 19–28, 2024.
- [12] “COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA MOTORES DIESEL CASTOR OIL BIODIESEL AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR DIESEL ENGINES,” 2007.
- [13] E. Avila-Soler, J. A. García-Salazar, E. Valtierra-Pacheco, R. García-Mata, and G. Hoyos-Fernández, “Biodiesel production derived from jatropha: A study of competitiveness in the state of Chiapas, Mexico [Producción de biodiesel derivado de la jatropha: Un estudio de competitividad en el estado de Chiapas, México],” *Rev. Fitotec. Mex.*, vol. 41, no. 4, pp. 461–468, 2018.
- [14] A. Sierra *et al.*, “Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173714180019>,” 2009.
- [15] “OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE GRASA RESIDUAL DE ORIGEN ANIMAL.” [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000100002. [Accessed: 26-Sep-2022].
- [16] C. Tejada, L. Tejada, A. Villabona, and L. Monrroy, “Obtención De Biodiesel a Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal. Luna Azul, (34), 240–256. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.14>,” 2013.
- [17] J. P. Texo, carlos I. Betancur, and J. P. Duque, “Perspetivas generales de desarrollo de la



industria de los biocombustibles en el Uruguay,” p. 160, 2009.

- [18] J. Á. Sotolongo Pérez, R. Rodríguez Piloto, A. García Díaz, and J. Suárez Hernández, “Producción de biodiésel,” *Prod. Biodiésel*, vol. 4, p. 78, 2021.
- [19] J. M. Encinar, N. Sánchez, G. Martínez, and L. García, “Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 23, pp. 10907–10914, 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.09.068.
- [20] N. T. Ecuatoriana, “Enmienda (2013-06-14),” 2013.
- [21] J. R. R. Castañeda, “Producción y evaluación de biodiesel a partir de aceite de girasol (*Helianthus annuus*) de desecho del comedor estudiantil de Zamorano.,” *Fac. Ing. Agroindustrial*, p. 36, 2006.

