

Resultados de un Proceso de Obtención de Biodiésel a partir de Aceite

Results of a Process for Obtaining Biodiesel from Fish Oil

Jorge Mario Olivar Barreto, Julián Giraldo Murcia, David Ángel, Liliana Marcela Moreno Turriago, Cesar Augusto Tafur

Servicio Nacional de Aprendizaje
(SENA), Regional Huila
Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura
Correo electrónico:
jolivar@sena.edu.co

Resumen

El presente trabajo consistió en obtener Biodiésel a partir de dos tipos de aceites de pescado tilapia roja (*Oreochromis* sp). En la elaboración del biodiésel se utilizaron dos catalizadores en dos concentraciones: un catalizador ácido, H_2SO_4 (ácido sulfúrico) al 5.0 % y 1.5 %, y NaOH (soda caústica) en concentraciones del 1.0% y 0.5%. Los rendimientos obtenidos en el proceso de esterificación para ambos aceites fueron de 83.75 % y 68.52%, respectivamente. El análisis de perfil de ácidos grasos concluyó que todas las muestras analizadas presentaban altas concentraciones de ácido nonanoico, con un promedio de 33,05%. El biodiésel obtenido presentó combustión al ser utilizado en alimentación de maquinaria agrícola.

Palabras clave:

Aceite, Biodiésel, Catalizador, Cromatografía

Abstract

The present work seeks to obtain Biodiesel from two types of red tilapia fish oils (*Oreochromis* sp). For the production of biodiesel, two catalysts were used in two concentrations, an acid catalyst, H_2SO_4 (sulfuric acid) at 5.0% and 1.5%, and NaOH (caustic soda) at concentrations of 1.0% and 0.5 %. The yield obtained in the esterification process for both oils was 83.75% and 68.52%. The fatty acid profile analysis concluded that in all the analyzed samples it had high concentrations of nonanoic acid, this being an average of 33.05%, the biodiesel obtained presented combustion when were used in feeding agricultural machinery

Keywords:

Biodiesel, Catalyst, Chromatography, Oil

Introducción

La búsqueda de nuevas y más potentes fuentes de energía es casi tan antigua como la necesidad misma de energía adicional a la proporcionada por el cuerpo humano en el proceso de reproducción de la vida social. Sin embargo, a partir del siglo XIX, la industrialización ha impulsado el desarrollo de máquinas que convierten la energía almacenada en una variedad de recursos sin precedentes hasta entonces. La aparición y el desarrollo constante de estas máquinas intensificó la búsqueda de fuentes de energía y formas de transformarla en inputs útiles al proceso productivo. El motor de combustión interna en sus dos variaciones, el encendido por chispa y el encendido por compresión o (diésel), es un resultado de este desarrollo.

Los combustibles que alimentan los motores de combustión interna han sido en su mayoría, obtenidos de fuentes fósiles. Sin embargo, algunos materiales biogénicos han suscitado cierto interés, principalmente el etanol en el caso del motor de encendido por chispa y los aceites vegetales en el caso del motor de encendido por compresión (Knothe & Razon, 2017). En la actualidad, el 80% de la energía consumida es suministrada por los combustibles fósiles, el sector que mayor los demanda (58%) es el de medios de transporte. Los combustibles fósiles son la principal fuente de gases de efecto invernadero y, además, el petróleo es un recurso no renovable cuyo agotamiento es previsible en los próximos decenios. Por ello es necesario desarrollar alternativas capaces de generar energía que contribuyan a mitigar la producción de gases de efecto invernadero (Montaner, 2015).

El desarrollo de un combustible alternativo al petrodiesel debe considerar factibilidad técnica, competitividad económica, sostenibilidad ambiental y fácil disponibilidad.

Una de estas alternativas se denomina *biodiésel* y su uso puede reducir significativamente el nivel de emisión de sustancias contaminantes. Sin embargo, para cuantificar el efecto del biodiésel es importante tener en cuenta varios factores como materia prima, ciclo de conducción, tecnología de vehículos, etc. El uso de biodiésel debe buscar un equilibrio entre la agricultura, el desarrollo económico y el medio ambiente (Demirbas, 2007).

El biodiésel se produce gracias a la reacción química denominada transesterificación, lo que significa que el glicerol contenido en los aceites es sustituido por alcohol ante la presencia de un catalizador ya sea ácido o alcalino. En la preparación de biodiésel es posible utilizar aceite de pescado, grasas animales y muchas otras materias primas, lo cual constituye una ventaja gracias a su fácil disponibilidad (Quilcat Rodríguez, 2013).

La sustitución de combustibles convencionales por alternativos como el biodiésel parece ser una opción viable debido a los recursos restringidos para transformación de combustibles fósiles y el aumento constante de las regulaciones de emisiones de gases que cada vez son más estrictas. El biodiésel es un sustituto prometedor entre los combustibles de encendido por compresión de motores debido a su similitud con las propiedades del diésel (Gharehghani et al., 2017).

El biodiésel tiene las mismas propiedades del combustible diésel empleado como carburante para vehículos de transporte pesado y liviano, se puede utilizar ya sea en forma pura designándolo B100 o mezclado con diésel obtenido del petróleo designándolo BXX. La XX establece el porcentaje de mezcla en el diésel. Actualmente, en el país cuenta con biodiésel tipo B10 que contiene un 10% de biodiésel y un 90% de diésel. No obstante, según el tratado de Kioto, todos los países firmantes

de este acuerdo tienen como meta establecer una mezcla de B20 para 2020. Gracias a estas disposiciones y a diversas políticas gubernamentales, se ha diseñado una gran cantidad de aplicaciones en los motores diésel, también debido a que para el empleo de este combustible no se requieren modificaciones en los diseños de los motores y a que el uso de del biodiesel reduce substancialmente la producción de monóxidos de carbono, hidrocarburos no quemados, y partículas pesadas comparado con las emisiones obtenidas del diésel (Bulla, 2014)

Metodología

En la elaboración del biodiésel fueron utilizados dos diferentes tipos de aceite: uno proveniente de las vísceras obtenidas en la sala de desposte nacional y el otro obtenido en la sala de desposte para exportación. Estos aceites fueron identificados con las siglas N (Nacional) y E (Exportación) respectivamente. Posteriormente, se utilizaron dos catalizadores en dos concentraciones: Un catalizador acido, H_2SO_4 (ácido sulfúrico puro) al 5 % y al 1.5 % diluido en alcohol etílico en una proporción de 6:1 y 9:1 respecto al aceite trabajado. También se utilizó un catalizado alcalino NaOH (soda



caustica) en concentraciones del 1,0% y 0,5% diluidos en alcohol en las proporciones 6:1 y 9:1 respecto al aceite trabajado.

Previo al proceso de elaboración fue necesario determinar algunos valores físicos de los reactivos utilizados. En el caso del aceite se realizó el cálculo de la densidad mediante la utilización de la siguiente formula:

		m
p	=	---
		v

La fórmula indica que la densidad es igual al peso del aceite dividido por el volumen. En este estudio fueron tomados 89 mL de cada muestra y pesados y la densidad promedio fue de 0.89 para cada muestra de aceite trabajada.

El cálculo del peso molar del aceite fue realizado teniendo en cuenta datos de literatura encontrados. El valor de una mol de aceite se definió en 884.7 mL, con lo cual el peso molar del etanol es de 40.50 mL. Con estos datos en consideración se calculó el volumen de alcohol para cada reacción de esterificación y transesterificación por medio de estequiometria utilizando la siguiente formula en la cual se debe tener en cuenta la densidad del aceite y el peso molecular del mismo:

$$P \text{ Etanol} = \frac{M \text{ etanol}}{V \text{ Etanol}} = V \text{ Etanol} = \frac{M \text{ Etanol}}{P \text{ Etanol}}$$

$$V \text{ Aceite definido} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{V \text{ aceite}} \times \frac{6 \text{ mol Etanol}}{1 \text{ mol aceite}} \times \frac{V \text{ Etanol}}{1 \text{ mol Etanol}}$$

$$100 \text{ ml de aceite} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{884.7 \text{ mL}} \times \frac{6 \text{ moles Etanol}}{1 \text{ mol de aceite}} \times \frac{40,50 \text{ mL}}{1 \text{ mol de Etanol}} = 27.46 \text{ mL de etanol}$$

$$100 \text{ ml de aceite} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{884,7 \text{ mL}} \times \frac{9 \text{ moles Etanol}}{1 \text{ mol de aceite}} \times \frac{40,50 \text{ mL}}{1 \text{ mol de Etanol}} = 41.2 \text{ mL de etanol}$$

Adaptado de (Bulla, 2014)

Para los volúmenes de 6:1 y 9:1 se requieren volúmenes de aproximadamente 27,46 y 41,2 ml de etanol para cada reacción



$$m_{NaOH} = m_{aceite} \times \text{porcentaje catalizador}$$

$$m_{aceite} = V_{aceite} \times P_{aceite}$$

$$m_{aceite} = 100 \text{ mL} \times 0,890 \frac{g}{mL} = 89 \text{ g}$$

$$m_{NaOH} = 89 \text{ g} \times 0,5 \% = 4,45 \text{ g}$$

$$m_{NaOH} = 89 \text{ gr} \times 1,0 \% = 8,9 \text{ g}$$

En las concentraciones de 0.5 y 1.0 % fueron utilizados 4.45 g y 8.9 g de NaOH respectivamente. Para lograr un mejor efecto en la reacción, se calcula un exceso de NaOH



$$m_{aceite} \times \frac{\% \text{ AGL}}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{M \text{ AG}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{M \text{ NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = g \text{ NaOH}$$

$$89 \text{ g} \times \frac{3,46}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{250,83} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{39,99}{1 \text{ mol NaOH}} = 0,49 \text{ g de NaOH}$$

Para las reacciones de esterificación utilizando NaOH en concentraciones de 0.5% y 1.0% son necesarios 4.94 g y 9.39 g de soda caustica para cada reacción. Los valores de porcentaje de ácidos grasos libres y la masa de los ácidos grasos fueron tomados de datos de literatura.



de esterificación y transesterificación. En el cálculo del catalizador NaOH requerido se utilizó la siguiente formula:

con la finalidad de neutralizar ácidos grasos libres en la fase de esterificación a partir la siguiente formula:

Calculo para el catalizador ácido H_2SO_4

La cantidad de catalizador ácido es también una proporción variable. Este catalizador es usado para disminuir el índice de acidez del aceite utilizado en el experimento.

$$m_{H2SO4} = 89 \text{ g} \times 0,5 \% = 4,45 \text{ g}$$

$$m_{H2SO4} = 89 \text{ g} \times 1,5 \% = 13,35 \text{ g}$$

Para la reacción de transesterificación se utilizará una cantidad de 4.45 g y 13.35 g de ácido sulfúrico con un 98 % de pureza.



El exceso de ácido necesario como catalizador y permitir la transformación de los ácidos grasos libres a ésteres se determina a partir de la siguiente relación estequiométrica:

$$m_{\text{aceite}} \times \frac{\% \text{ AGL}}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{M \text{ AG}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{M \text{ H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = g \text{ H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Donde } M \text{ H}_2\text{SO}_4 = 98,079 \frac{g}{\text{mol}} ; P \text{ H}_2\text{SO}_4 \frac{89g}{\text{mL}}$$

$$89 \text{ g} \times \frac{6.95}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{250,83} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{98,079 \frac{g}{\text{mol}}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 2,41 \text{ g de H}_2\text{SO}_4$$

La transesterificación requirió agregar a los valores de ácido un exceso de 2.41 g de ácido sulfúrico, para una concentración del 0.5% y 1.5 % fueron necesarios 6.86 g y 15.76 g de ácido sulfúrico.

Análisis de cromatografía

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) fueron identificados en un cromatógrafo de gases (*Shimadzu, Japón*) *GCMS-QP2010 Plus*, equipado con un detector selectivo de masas, serie *QP2010*. La inyección de la muestra se realizó manualmente por el modo split con una relación de 1:20, siendo la temperatura del inyector 250°C. La separación se realizó en una columna capilar *Crossbond* de 30 m × 0,25 mm DI y 0,25 µm de espesor de película. La temperatura del horno se programó a 100°C (3 min), 250°C (10 min) y 280°C hasta completar los 30 min. Como gas portador se utilizó helio a un flujo de 1 mL/min

técnicas de esterificación y transesterificación se obtuvo un promedio en el rendimiento de cada muestra de 76.18%. El mayor rendimiento se obtuvo en la muestra N12 con un volumen final de 92 mL y el peor con la muestra N11 con un rendimiento de 37%, el cual pudo ser debido a la concentración del catalizador alcalino utilizado en la reacción. Los resultados finales de la reacción se presentan en la Tabla 1.

Resultados

Tras el proceso de obtención de biodiésel mediante la combinación de las

Tabla 1. Concentración de cada catalizador utilizado y los rendimientos finales

Código Muestra	Mezcla de compuestos	Peso en gramos 100 mL de muestra	Volumen final de aceite etapa acida mL	Volumen final biodiesel lavado y secado mL
E1	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	80
E2	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	70
E3	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	85
E4	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	85
E5	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	86
E6	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	88
E7	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	87
E8	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	89
N9	aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	36
N10	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	60
N11	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	37
N12	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	92
N13	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	75
N14	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	80
N15	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	85
N16	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	84
				Promedio 76.18 mL

Fuente: Elaboración propia.

Los rendimientos de cada tipo de aceite trabajado fueron de 83.75 % para el aceite proveniente de la sala de importación y 68.52 para el aceite de la sala nacional. Ambos aceites fueron trabajados con las mismas concentraciones de catalizadores y las misma relación entre aceite y alcohol.

Análisis de cromatografía

En este proceso se analizaron varias muestras de biodiésel. El perfil de ácidos grasos

nos permitió determinar que todas las muestras analizadas presentaban altas concentraciones de ácido nonanoico equivalente al 33.05 % del total de los ácidos que componen cada muestra. Datos de literatura indican que este ácido puede ser usado en la preparación de lacas y plastificantes, en formulaciones de herbicidas y repelentes. La Figura 1 presenta los espectros de masas para cada una de las muestras de biodiésel analizada.

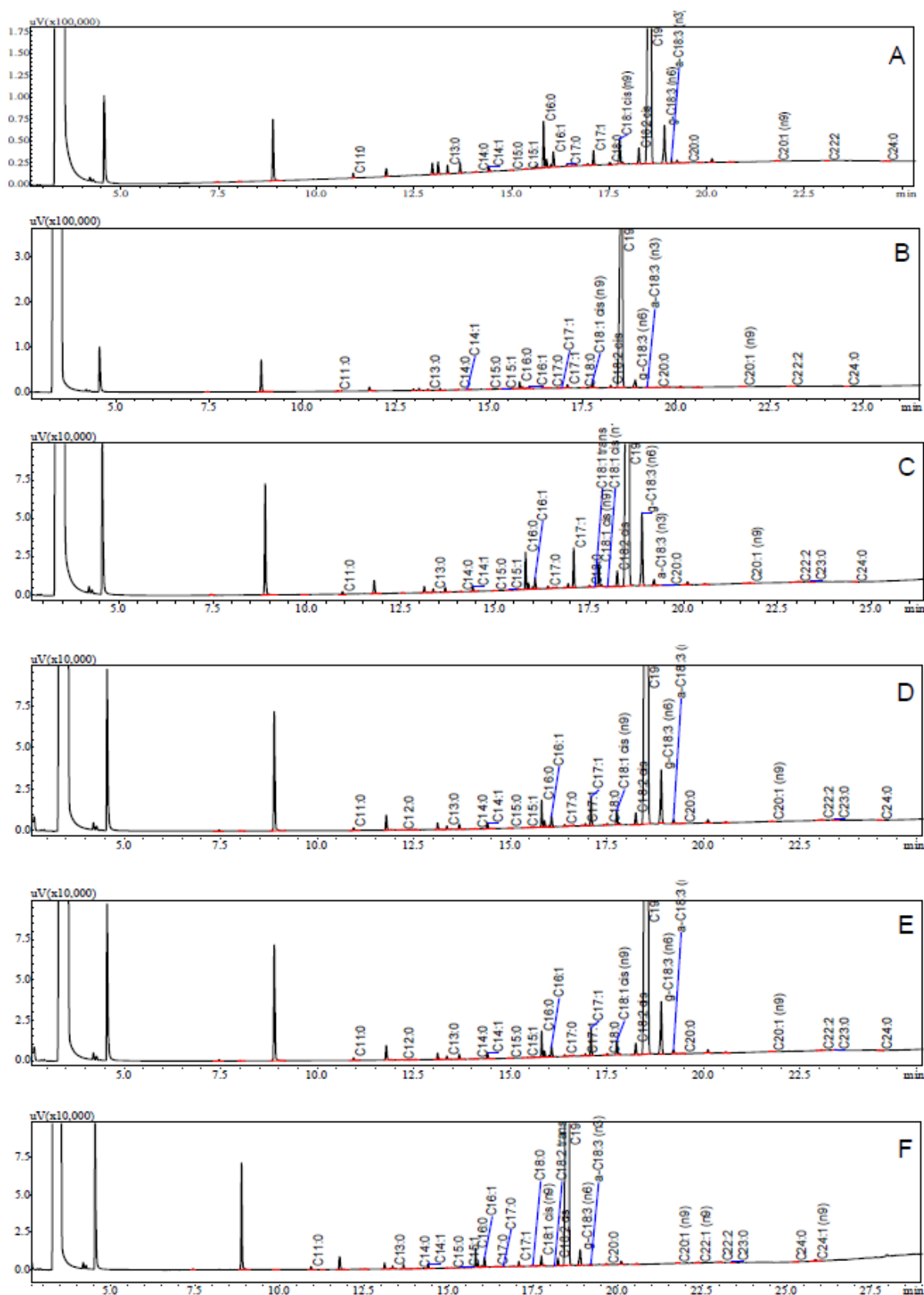


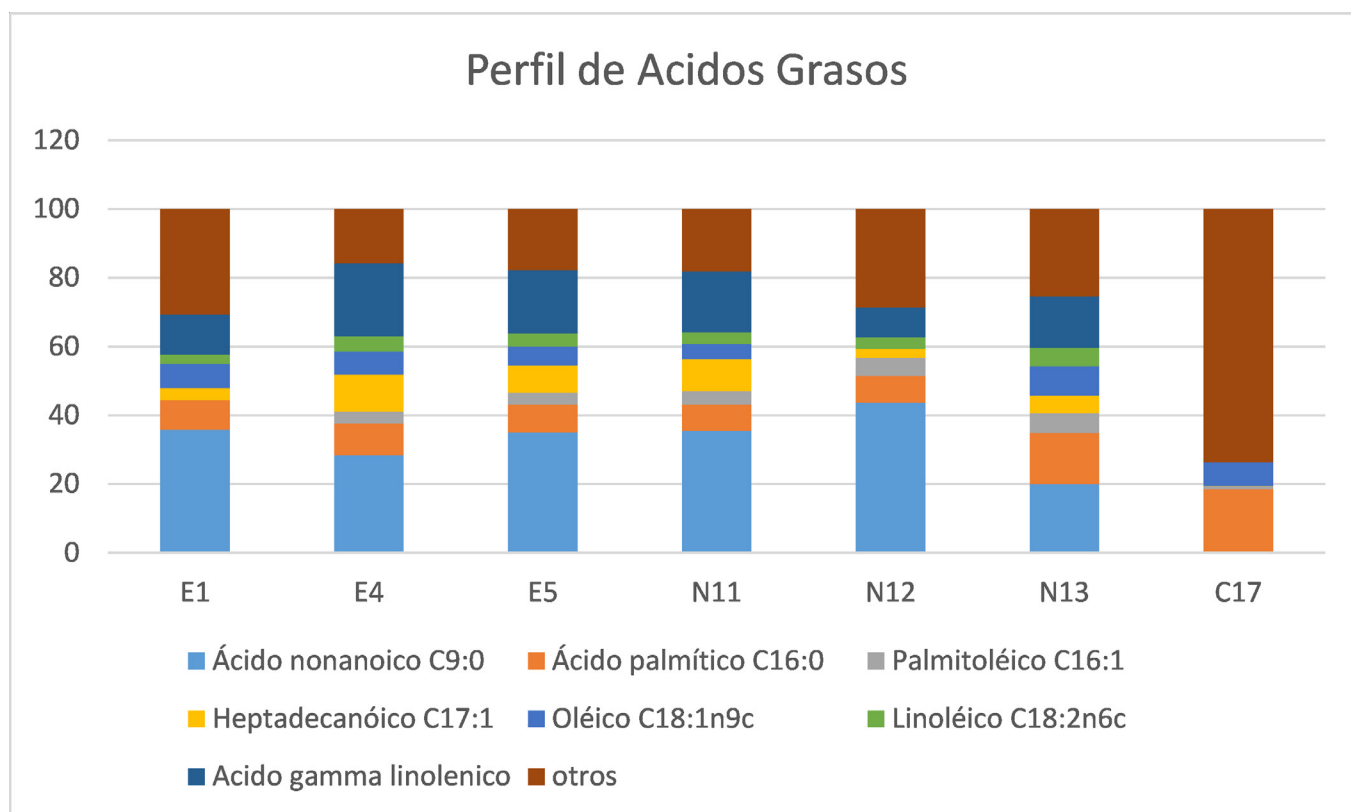
Figura 1. Espectro de masas muestras de biodiésel analizadas A) muestras N13, B) muestra E1, C) muestra E4, D) muestra E5, E) muestra N11 e F) muestra N12

En los otros ácidos grasos analizados se observó un predominio de ácido palmítico, y ácido oleico en todas las muestras analizadas. Esto nos permite determinar que todas las muestras analizadas muestran grandes cantidades de ácidos grasos saturados lo cual genera problemas de solidificación del



biodiésel a temperaturas inferiores a los 15 grados celsius. En la Grafica 1 se presentan los valores de ácidos grasos de las 6 muestras de biodiésel de aceites de pescado analizadas más una muestra control de biodiésel elaborado a partir de aceite vegetal usado.

Grafica 1. Valores de ácidos grasos encontrados en seis muestras de biodiésel analizadas



Fuente: Elaboración propia

En Colombia la norma técnica que reglamenta los combustibles para motores diésel es la *NTC 1438 PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS, COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIÉSEL*. Esta establece las características físico-químicas de estos productos, la cual se basa en la norma internacional EN 14078. El valor máximo permitido de Alquil esteres de

ácidos grasos en diésel corriente y extra es de 5 % del volumen.

Los valores de Alquil esteres de ácidos grasos presentes en el biodiésel elaborado se encuentran entorno al 5,35 %, con predominio del ácido oleico. Tal resultado permite afirmar que este biodiésel es apto para ser mezclado con diésel obtenido de productos del petróleo.

Trabajos realizados por Agudelo & Artunduaga (2019) evaluaron la obtención de biodiésel a partir de aceite de pescado utilizando catalizadores similares a los usados en nuestro estudio. Ellos determinaron valores de ésteres metílicos de 95.98%, debajo de la normativa existente de 96%. Sin embargo, el combustible obtenido fue apto para su uso en maquinaria.

En Estados Unidos es legal mezclar el biodiésel con el diésel elaborado a partir de petróleo en cualquier porcentaje. El biodiésel B100 es biodiésel puro, el B20 contiene 20% de biodiésel y 80% de diésel de petróleo, y el B5 contiene 5% de biodiesel y 95% de diésel de petróleo. La mayoría de los usuarios de biodiésel eligen el B20 porque no presenta problemas de desempeño en clima frío y de compatibilidad de materiales que sí presenta el B100.

Las biomezclas también emiten menos gases de efecto invernadero cuando se queman en comparación con el diésel de petróleo. De acuerdo con el Centro de Información de Combustibles Alternativos y Vehículos Avanzados del Departamento de Energía de los Estados Unidos, el uso de B100 reduce las emisiones de CO₂ en más de 75% en comparación con el diésel de petróleo. El uso de B20 reduce las emisiones de dióxido de carbono en un 15%.

En Colombia actualmente se mezcla B7 en el centro-oriental del país y, en el resto, B10, con excepción de las zonas de frontera con Venezuela, país que exporta a Colombia, en condiciones especiales, los combustibles fósiles que allí se consumen. Debe tenerse en cuenta que la mayoría de los fabricantes de maquinaria ofrecen garantía sobre el uso

de biodiésel en mezcla con porcentajes de máximo B7 o B10.

Las pruebas realizadas en maquinaria agrícola demostraron que es viable la utilización del biodiésel obtenido de aceite de pescado para alimentación de maquinaria agrícola. Un trabajo realizado por Páez (2019) evaluó el uso de Biodiésel obtenido a partir de aceite de pescado en alimentación de plantas eléctricas. Fueron evaluadas combinaciones de 10, 30 y 50% de biodiésel mezclado con diésel normal. Los resultados obtenidos mostraron que con las tres mezclas trabajadas se presentó disminución tanto en la potencia y el torque en la planta eléctrica donde fueron probados. El tratamiento con la mezcla de 10% presentó menor disminución, todos los tratamientos presentaron reducción en la opacidad en los gases de escape. Los autores recomiendan el uso de la mezcla al 30% en maquinaria fija. Otro trabajo realizado por Regalado & Clemente, (2019) encontró que el uso de diferentes mezclas de diésel y biodiésel puede disminuir la opacidad de las emisiones de gases, disminuyendo la contaminación.

Otros estudios, como los realizados por Cheung et al., (2015) utilizaron mezclas de diésel puro con biodiésel (B10, B20 y B30) obtenido de aceite de fritura usado, para estudiar su efecto en las emisiones. Los resultados obtenidos afirman que el biodiésel permite reducir HC, CO y la concentración de masa del material particulado, aunque incrementa el NO_x.

Referencias bibliográficas

- Agudelo, I. M., & Artunduaga, J. M. (2019). *Evaluación técnico financiera de la obtención de biodiésel, partiendo de aceite de tilapia proveniente de la empresa Todo Pez del Huila* [B.S. thesis]. Fundación Universidad de América.
- Bulla, E. A. (2014). *Diseño del proceso de producción del biodiésel a partir de aceites de fritura*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cheung, C. S., Man, X. J., Fong, K. W., & Tsang, O. K. (2015). Effect of Waste Cooking Oil Biodiesel on the Emissions of a Diesel Engine. *Energy Procedia*, 66, 93-96. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.02.050>
- Demirbas, A. (2007). Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy policy*, 35(9), 4661-4670.
- Gharehghani, A., Mirsalim, M., & Hosseini, R. (2017). Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission. *Renewable Energy*, 101, 930-936.
- Knothe, G. & Razon, L. F. (2017). Biodiesel fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58, 36–59.
- Montaner, V. S. (2015). *Síntesis de biodiésel y caracterización de bebidas alcohólicas mediante técnicas de elevada resolución*. Universitat de València.
- Páez, F. (2019). *Pruebas de desempeño en motor diésel utilizando aceite de pescado refinado como combustible: Asistencia de investigación* [B.S. thesis]. Universidad de Ibagué.
- Quilcat Rodríguez, E. V. (2013). *Obtención de biodiésel por reacción de trans esterificación del aceite de pescado con metanol*.
- Regalado, A. D. M., & Clemente, E. R. C. (2019). Influencia del biodiésel de aceite de fritura usado, sobre las emisiones: Índice de opacidad. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 23(59), 60-67.