

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10.0063>

## PRODUCCIÓN DE BODIESEL A PARTIR DE GRASA ANIMAL GENERADA EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE POLLO ASADO BODIESEL PRODUCTION FROM ANIMAL FAT GENERATED IN THE COOKING PROCESS OF ROASTED CHICKEN

García-Bowen Ariana<sup>1\*</sup>; Alarcón-Cedeño Jesús<sup>1</sup>; García-Muentes Segundo<sup>1</sup>; Cevallos-Cedeño Ramón<sup>1</sup>; García-Vinces Gonzalo<sup>1</sup>; Sanchez-Plaza Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

\*Correo: [agarcia4908@utm.edu.ec](mailto:agarcia4908@utm.edu.ec)

### Resumen

El aprovechamiento de grasas animales en la obtención de biodiesel es algo que se está volviendo cada vez más común en la industria de los biocarburantes. El biodiesel como una alternativa al diésel resulta ser una opción mucho más amigable con el medio ambiente y sobre todo reduce considerablemente el coste de materia prima. El presente estudio tiene como objetivo producir biodiesel a partir de grasa animal producto de la cocción de pollo asado en asaderos locales. La muestra fue sometida a un pre-tratamiento, caracterización, proceso de transesterificación y posterior análisis físico-químico del biodiesel obtenido. Se obtuvo un biodiesel que cumple con los parámetros establecidos según la norma ASTM 6751, con una media de 0.4 y 0.5 para el índice de acidez, 869 y 861 en densidad, 4 y 5 en viscosidad, 0.03 y 0.04 en humedad. La temperatura óptima fue 60 °C con un tiempo de 60 minutos. Concluyendo con esto que la grasa de pollo puede ser utilizada de manera alternativa para la producción óptima de biocombustible y que a su vez éste puede ser probado en un futuro en motores de combustión.

**Palabras clave:** Transesterificación, ácidos grasos, biocarburantes.

### Abstract

The employment of animal fats in obtaining biodiesel is something that is becoming increasingly common in the biofuel industry. Biodiesel as an alternative to diesel turns out to be a much more environmentally friendly option and above all, it considerably reduces the cost of raw materials. The objective of this article is to obtain biodiesel from animal fat produced by cooking roast chicken in local grills. The sample was subjected to a pre-treatment, characterization, transesterification process and subsequent physical-chemical analysis of the biodiesel obtained. A biodiesel was obtained that met the parameters established according to the ASTM 6751 standard, with an average of 0.4 and 0.5 for the acid number, 869 and 861 in density, 4 and 5 in viscosity, 0.03 and 0.04 in humidity. The optimum temperature was 60 °C with a time of 60 minutes. Concluding with this that chicken fat can be used in an alternative way for the optimal production of biofuel and that in turn this can be tested in the future in combustion engines.

**Keywords:** Transesterification, fatty acids, biofuels.

### Información del manuscrito:

**Fecha de recepción:** 23 de septiembre de 2021.

**Fecha de aceptación:** 08 de noviembre de 2021.

**Fecha de publicación:** 11 de julio de 2022.

## 1. Introducción

La extracción del petróleo y la combustión de los derivados obtenidos mediante procesos como la destilación y el craqueo térmico genera emisiones de gases tales como los dióxidos y monóxidos de carbono, así como otros gases que aportan y potencian fenómenos como la lluvia ácida, el efecto invernadero y un notable deterioro del medio ambiente (Alvares, 2013). Por tal motivo la obtención de biocombustibles como el biodiesel ha cobrado mayor atención en lograr métodos y técnicas sustentables y sostenibles que permitan su elaboración a costos bajos y con parámetros dentro de las normas de calidad.

La grasa animal y aceite, como el sebo de la industria ganadera y avícola son muy utilizados actualmente en la producción de biodiesel. A diferencia de aceites vegetales y grasas de origen animal estas son más baratas, pero su existencia comercial es más escasa ya que son productos secundarios de la industria cárnica y de la cadena alimentaria humana (Mier et al., 2012).

Entre las actividades con mayor necesidad de aceites residuales se encuentran las actividades domésticas y en los lugares de comida rápida, debido a que el aceite es el principal aditivo alimenticio en el proceso de cocción de la mayoría de los asaderos locales, de modo que, lo que hacen con la grasa de pollo es entregársela a las personas que tienen ranchos de cerdos, o venta de aceites vegetales para su mezcla y uso posterior en la producción de biodiesel.

Para obtener el biodiesel es necesario el proceso de transesterificación, que tiene lugar cuando los triglicéridos reaccionan con el metanol (el cual es de los compuestos más utilizados, debido a que logra alcanzar un elevado porcentaje de ésteres metílicos y además es económico); con el uso de KOH o NaOH (como catalizadores básicos que agilizan la reacción de transesterificación), obteniendo con ello una mezcla de metilésteres de ácidos grasos y glicerina (Arias & Herrera, 2008).

Como resultado del problema descrito se expone esta investigación, que tiene como objetivo reducir el uso de

combustibles fósiles mediante la transesterificación de grasas animales provenientes de la cocción del pollo en un asadero local para la obtención de biodiesel; dado que su reutilización tiene efectos positivos en el sector económico y medioambiental.

## **2. Metodología**

### **2.1. Muestreo**

La muestra utilizada en la investigación fue brindada por asaderos locales de la ciudad de Portoviejo, se nos facilitó un galón de grasa de pollo residual.

### **2.2. Pretratamiento de la muestra**

Previo a la utilización de residuos grasos o aceites que pasan por un proceso de refinamiento extenso en la obtención del biodiesel, es imprescindible precisar cuáles son sus propiedades físicas y químicas, esto para prevenir que existan residuos que interfieran en la transesterificación, por ello la materia prima, en función de sus características, debe ser expuesta a procesos primarios o pretratamientos como: filtrado, desengrasado, entre otros (Ramírez et al., 2012).

Se realizó un pretratamiento que correspondió a un filtrado ordinario, mediante el uso de una tela de cabuya de fibra natural, en donde los sólidos de mayor tamaño quedan en la parte posterior atrapados de la cabuya, obteniendo una grasa de pollo menos densa con la que se obtendrán análisis con un menor margen de error.

### **2.3. Caracterización de la muestra**

Se realizó una caracterización de la muestra con el fin de conocer la influencia de los distintos análisis físico-químicos en la producción del biodiesel, según lo establece la norma ASTM 6751.

### **2.4. Análisis físico-químicos realizados a la muestra y el biodiesel**

#### **2.4.1. Índice de acidez**

Para determinar el índice de acidez de la muestra se efectuó un ensayo por triplicado para asegurar la exactitud de los resultados, se procedió a utilizar un matraz de 250 ml, una alícuota de 5.01 g de grasa de pollo, y para titular una solución estandarizada de hidróxido de potasio 0.1 N. La solución estandarizada se colocó en una bureta de 25 ml con llave de paso de

teflón. Se agitó la muestra con adición de 4 gotas del indicador (fenolftaleína) y se neutralizó con una disolución previa de hidróxido de potasio 0.1 N, esto hasta que el color de la muestra en el matraz cambió a rosa.

La fórmula del porcentaje de ácidos grasos libres es:

$$\% \text{Ácidos grasos libres} = \frac{B \times N \times \text{Meq} \times 100}{P}$$

Donde:

B: KOH consumido en la titulación.

Meq: Mili equivalente químico del ácido predominante en la muestra (ácido oleico).

N: Normalidad del hidróxido de potasio (0.1 N).

P: Peso de la muestra

Por su parte, la fórmula utilizada para el índice de acidez es:

$$\text{Índice de acidez} = \% \text{ Ácidos grasos libres} \times 1.99$$

Empleando la fórmula indicada, siendo las unidades expresadas en mg KOH/g aceite, y partiendo desde el % de ácidos grasos libres se obtiene el índice de acidez (García Martínez et al., 2014).

## 2.4.2. Densidad

Respecto al cálculo de la densidad del biodiesel, se procedió por triplicado con la ayuda de 3 picnómetros; para ello, se colocaron los picnómetros en la balanza electrónica y se calibró, luego se añadió el biodiesel hasta el límite permitido y el valor obtenido de la balanza se dividió para 25 que es el volumen del picnómetro y se alcanzó la densidad en g/ml, para su posterior conversión a kg/m<sup>3</sup>.

## 2.4.3. Cálculo del índice de peróxido

Para el cálculo del índice de peróxido se prepararon soluciones de ácido acético-cloroformo (3:2 volumen-volumen), yoduro de potasio (IK), tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) y un indicador de almidón.

Posteriormente, se pesaron 5 g de etanol y 0.5 g de la grasa animal (pollo) en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de vidrio, luego se agregaron 30 ml de la solución preparada previamente de ácido acético-cloroformo con agitación constante hasta disolver la muestra, luego se colocó con una pipeta volumétrica 0.5 ml de la solución de IK, de la misma forma se agitó y se

dejó reposar en un lugar oscuro durante 1 minuto. Transcurrido el minuto, se añadió 30 ml de agua destilada y finalmente se tituló con tiosulfato de sodio hasta que desapareció la coloración amarilla de la solución de yodo; finalmente, se añadieron 2 gotas de la solución de almidón (solución indicadora) y se tituló nuevamente, esto para lograr que la coloración azul desaparezca. El cálculo para determinar el índice de peróxido se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{((S-B)*N*1000)}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde:

S: Volumen de titulación de la muestra.

B: Volumen de titulación del blanco.

N: Normalidad del tiosulfato de sodio (Ayala, 2011).

#### 2.4.4. Cálculo del índice de yodo

Para determinar el índice de yodo presente en la grasa animal (pollo), se prepararon soluciones de yoduro de potasio (IK), tetracloruro de carbono, solución de Wijs y la solución indicadora de almidón.

En primer lugar, se miden de 0.13 a 0.15 g de la muestra en un matraz

Erlenmeyer de 250 ml, luego se agregan 20 ml de cloroformo para disolver la grasa, a continuación, se añaden 15 ml del reactivo de Wijs agitando el matraz y cubriéndolo con papel aluminio para evitar el contacto con la luz. Se prepara un blanco con el disolvente y reactivo de la misma forma, pero sin la muestra problema. Se mantiene los matraces en la oscuridad durante 1 hora. Transcurrido este tiempo, se agregaron 20 ml de solución de yoduro de potasio y 50 ml de agua destilada a cada matraz.

Para finalizar, se utilizó tiosulfato de sodio para titular hasta que se aprecie que el color amarillo producido por el yodo haya desaparecido y se vuelva amarillo tenue, luego se añade una pizca de almidón y se continúa la titulación hasta que desaparezca el color azul. La determinación del índice de yodo fue realizada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_1-V_2)*N*12.69}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde:

B: Volumen de la titulación en ml del blanco.

S: Volumen de la titulación en ml de la muestra.

N: Normalidad del tiosulfato de sodio (Arriola & Monjaras, 2003).

#### 2.4.5. Viscosidad

Para calcular la viscosidad se necesitó de un viscosímetro de Ostwald, un cronómetro, muestras, un gotero, calentador eléctrico, termómetro y agua destilada. Primero se procedió a calentar el agua destilada hasta llegar a los 40 °C, luego, se llenó la ampolla inferior con la ayuda de un gotero.

Posteriormente, bombeamos el agua con una pera hasta llenar la ampolla superior y cubrimos el lado donde se llenó la ampolla para evitar que el fluido descienda por acción de la gravedad. Utilizando un cronómetro medimos cuanto tardaría el agua en descender desde la sección A hasta la B. Para determinar la viscosidad dinámica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\eta_{H_2O}}{\eta_{fluido}} = \frac{\rho_{H_2O} t_{H_2O}}{\rho_{fluido} t_{fluido}}$$

Donde:

$\eta$ : Viscosidad dinámica.

$\rho$ : Densidad.

t: Tiempo.

Por su parte, el cálculo de la viscosidad cinemática se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\varphi = \frac{\mu}{\rho}$$

Donde:

$\varphi$ : Viscosidad cinemática

$\rho$ : Densidad

$\mu$ : Viscosidad dinámica (Mott, 1996).

#### 2.4.6. Contenido de agua

Para determinar el contenido de agua (humedad) se procedió a colocar la muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada y pesada. El peso de la muestra fue 26.81, seguido de ello se colocó en la estufa de secado durante una hora.

Pasado el tiempo se sacó la muestra y se procedió a pesarla de nuevo. El cálculo de la humedad se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

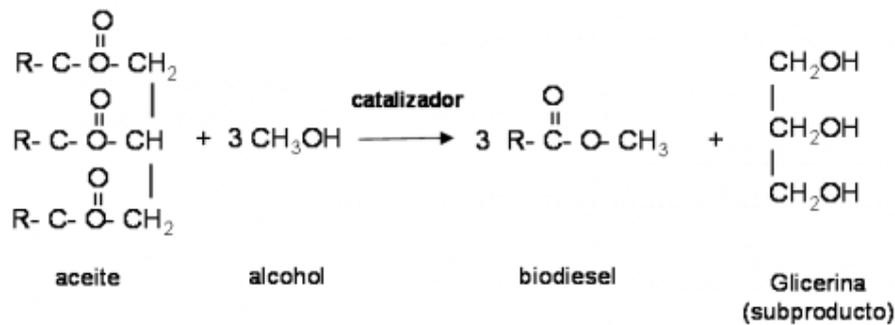
Donde:

$M_1$ : muestra inicial (masa).

$M_2$ : muestra final (masa) (Álvarez, 2013).

## 2.5. Transesterificación de la muestra

La figura 1 muestra el proceso de obtención de biodiesel y glicerina



**Figura 1.** Reacción entre un triglicérido y el metanol para la obtención de biodiesel.

**Fuente:** García-Muentes, et al. (2018).

### 2.5.1. Preparación del catalizador

Barrera (2006) afirma que generalmente los catalizadores utilizados en la transesterificación son básicos tales como el metóxido, KOH y NaOH (como se cita en Tejada et al), a su vez estos son homogéneos y se eligieron debido a que, en cuanto a temperatura, cantidad de alcohol presente y tiempo de reacción son menores comparados con otros catalizadores. Por esta razón se decidió utilizar hidróxido de potasio.

Se colocó en un mortero, 1 g de hidróxido de potasio diluido en 21.71 g de metanol.

(subproducto) a partir de la reacción catalítica entre ácido graso (aceite) y alcohol.

### 2.5.2. Transesterificación alcalina

Para la transesterificación se utilizó una relación molar de metanol: grasa de pollo igual a 6:1 ; se procedió a utilizar un matraz de 500 ml y una pastilla de agitación, en donde se colocaron 100 g de la grasa de pollo previamente pesada, seguido de ello se colocó dicho matraz en una plancha de calentamiento con agitación, para cuando alcanzara la temperatura entre 50 y 60 °C se colocó el catalizador de hidróxido de potasio y se procedió a tapan el matraz hasta que cumpliera el tiempo de operación establecido.

### 2.5.3. Variables de operación

Sharma & Singh (2009) afirman que, respecto a la reacción dada en la transesterificación, esta usualmente se efectúa a temperatura de ebullición del metanol; aunque existen informes de otros estudios en donde a bajas temperaturas se puede observar que condiciones de reflujo facilitan la formación de ésteres de metilo (Ramírez et al., 2012).

Debido a que el metanol tiene una temperatura de ebullición de 64.7 °C, las temperaturas utilizadas en los ensayos fueron de 50 y 60 °C, medidas constantemente con el termómetro digital, y replicadas por triplicado en intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 min para cada temperatura.

La agitación se reguló en la placa de calentamiento a 600 rpm.

### 2.5.4. Decantación

Para la separación del metil éster obtenido y la glicerina, se utilizó el método de decantación. Se procedió a colocar el biodiesel en un embudo de decantación y dejarlo en reposo

aproximadamente 1 h. Luego de que las dos fases estuvieran visiblemente separadas, se abrió la llave y se separó la glicerina del biodiesel.

### 2.5.5. Lavado y secado del biodiesel

Se procedió a lavar el biodiesel obtenido con agua destilada a 40 °C, utilizando un embudo de decantación y colocando 1/3 de dicha agua en el biodiesel, agitándolo levemente y dejándolo en reposo 2 h para proceder finalmente a retirar el agua. Este procedimiento se realizó 5 veces en cada muestra. Seguido de los lavados, se procedió a colocar la muestra en la estufa de secado a 100 °C por una hora para descartar posibles restos de agua.

Finalmente, el biodiesel obtenido se colocó en envases de vidrio color ámbar herméticamente cerrados.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Caracterización de la muestra

A continuación, la tabla 1 presenta los resultados obtenidos en la caracterización de las muestras evaluadas.

**Tabla 1.**  
*Parámetros de caracterización de la muestra inicial de grasa animal (pollo).*

| Caracterización de la muestra de grasa de pollo |      |                    |
|---|------|--------------------|
| Parámetros                                      |      | Unidad             |
| Densidad  | 914  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Índice de yodo                                  | 74   | g de yodo/100 g    |
| Índice de peróxido                              | 4    | meq de peróxido/kg |
| Humedad   | 0.31 | %                  |
| Viscosidad                                      | 34.5 | mm <sup>2</sup> /s |

**Tabla 2.**  
*Índice de acidez analizada en los diferentes días.*

| Tiempo | Índice de acidez (mg KOH/g de grasa) |
|--------|--------------------------------------|
| Día 1  | 0.52                                 |
| Día 8  | 0.54                                 |
| Día 14 | 0.62                                 |
| Día 22 | 0.71                                 |
| Día 30 | 0.82                                 |

### 3.2. Análisis del biodiesel obtenido

De 100 g de grasa de pollo utilizados inicialmente en la transesterificación

se obtuvo 70.03 g de biodiesel, esto como una media de todas las réplicas realizadas.

**Tabla 3.**  
*Resultados de los parámetros referentes a la obtención del biodiesel de grasa de pollo a 50 °C.*

| Parámetros                  | Tiempo de reacción |      |      |                  |      |      |                   |      |      |                   |      |      |
|-----------------------------|--------------------|------|------|------------------|------|------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|
|                             | 15 minutos         |      |      | 30 minutos       |      |      | 45 minutos        |      |      | 60 minutos        |      |      |
|                             | Nº Réplica         |      |      | Nº Réplica       |      |      | Nº Réplica        |      |      | Nº Réplica        |      |      |
|                             | 1.                 | 2.   | 3.   | 1.               | 2.   | 3.   | 1.                | 2.   | 3.   | 1.                | 2.   | 3.   |
| Índice de acidez (mg KOH/g) | 0.41               | 0.49 | 0.47 | 0.53             | 0.52 | 0.54 | 0.55              | 0.50 | 0.52 | 0.38              | 0.37 | 0.31 |
|                             | $\bar{x} = 0.456$  |      |      | $\bar{x} = 0.53$ |      |      | $\bar{x} = 0.523$ |      |      | $\bar{x} = 0.353$ |      |      |

|                                 |                    |      |      |                   |      |      |                    |      |      |                    |      |      |
|---------------------------------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|--------------------|------|------|--------------------|------|------|
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )   | 884                | 881  | 882  | 876               | 880  | 881  | 873                | 812  | 833  | 870                | 880  | 882  |
|                                 | $\bar{x} = 882.33$ |      |      | $\bar{x} = 879$   |      |      | $\bar{x} = 839.33$ |      |      | $\bar{x} = 877.33$ |      |      |
| Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s) | 4.23               | 4.27 | 4.26 | 4.34              | 4.25 | 4.26 | 4.41               | 5.67 | 5.29 | 4.8                | 4.3  | 4.27 |
|                                 | $\bar{x} = 4.253$  |      |      | $\bar{x} = 4.283$ |      |      | $\bar{x} = 5.123$  |      |      | $\bar{x} = 4.456$  |      |      |
| Humedad (%)                     | 0.05               | 0.05 | 0.04 | 0.03              | 0.05 | 0.02 | 0.04               | 0.03 | 0.05 | 0.04               | 0.04 | 0.05 |
|                                 | $\bar{x} = 0.046$  |      |      | $\bar{x} = 0.033$ |      |      | $\bar{x} = 0.04$   |      |      | $\bar{x} = 0.043$  |      |      |

**Tabla 4.**

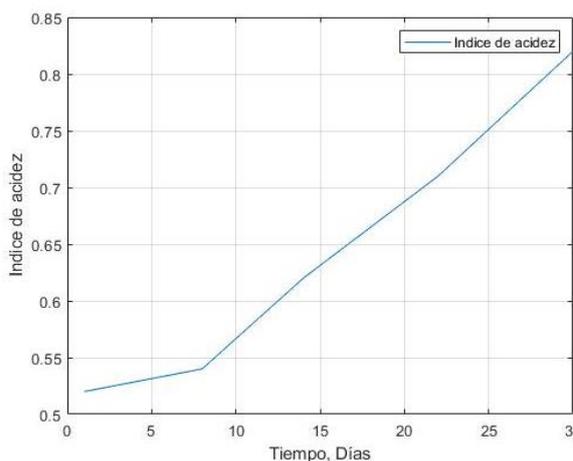
Resultados de los parámetros referentes a la obtención del biodiesel de grasa de pollo a 60 °C.

| Parámetros                      | Tiempo de reacción |      |      |                   |      |      |                    |      |      |                   |      |      |
|---------------------------------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|
|                                 | 15 minutos         |      |      | 30 minutos        |      |      | 45 minutos         |      |      | 60 minutos        |      |      |
|                                 | Nº Réplica         |      |      | Nº Réplica        |      |      | Nº Réplica         |      |      | Nº Réplica        |      |      |
|                                 | 1.                 | 2.   | 3.   | 1.                | 2.   | 3.   | 1.                 | 2.   | 3.   | 1.                | 2.   | 3.   |
| Índice de acidez (mg KOH/g)     | 0.69               | 0.54 | 0.51 | 0.63              | 0.64 | 0.59 | 0.55               | 0.54 | 0.54 | 0.37              | 0.65 | 0.44 |
|                                 | $\bar{x} = 0.58$   |      |      | $\bar{x} = 0.62$  |      |      | $\bar{x} = 0.543$  |      |      | $\bar{x} = 0.486$ |      |      |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )   | 881                | 871  | 877  | 876               | 877  | 869  | 812                | 818  | 811  | 884               | 882  | 880  |
|                                 | $\bar{x} = 876.73$ |      |      | $\bar{x} = 874$   |      |      | $\bar{x} = 813.66$ |      |      | $\bar{x} = 882$   |      |      |
| Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s) | 4.25               | 3.89 | 4.01 | 4.34              | 4.28 | 4.77 | 5.68               | 5.52 | 5.50 | 4.23              | 4.27 | 4.30 |
|                                 | $\bar{x} = 4.05$   |      |      | $\bar{x} = 4.463$ |      |      | $\bar{x} = 5.566$  |      |      | $\bar{x} = 4.266$ |      |      |
| Humedad (%)                     | 0.04               | 0.04 | 0.03 | 0.04              | 0.03 | 0.03 | 0.03               | 0.02 | 0.02 | 0.03              | 0.02 | 0.03 |
|                                 | $\bar{x} = 0.036$  |      |      | $\bar{x} = 0.033$ |      |      | $\bar{x} = 0.023$  |      |      | $\bar{x} = 0.026$ |      |      |

La muestra caracterizada presentó un índice de acidez inicial bastante bajo (0.52); con lo cual se pudo deducir que la muestra de grasa de pollo era apta para la transesterificación sin necesidad de tener que aplicarse una

esterificación ácida; esto debido a que mientras mayor sea el porcentaje de ácidos grasos libres, la muestra va a tender a saponificarse en el proceso de transesterificación. Arango (2002) alega que obtener un valor elevado del índice de acidez es

un indicativo de que la grasa contiene un elevado porcentaje de ácidos grasos libres, debido al alto grado de hidrólisis sufrido a través del tiempo (Arteaga et al., 2010). El índice de acidez de la muestra se midió en un intervalo de 30 días, en el que se evidenció que el mismo empieza a elevarse con el paso del tiempo (figura 2); es importante tener en consideración que la materia prima a utilizar como grasa animal no tenga un período de almacenamiento demasiado extenso para evitar que el índice de acidez sea muy elevado.



**Figura 2.** Índice de acidez vs tiempo.

La humedad presente en la grasa de pollo una vez tratada fue 0.31 %, siendo un porcentaje no tan elevado, sin embargo, se debe tener en cuenta que la humedad presente previo a la transesterificación no

puede ser elevada, y en caso de serlo debe dársele un pretratamiento. Zuleta et al. (2012) afirman que cuando hay agua presente, especialmente a elevadas temperaturas, se produce una hidrólisis que convierte los triglicéridos a diglicéridos, para con ello dar paso a la formación de un ácido graso libre, favoreciendo la conformación de sales, una elevada utilización del catalizador y disminución de la eficacia del mismo (p.24). Esto a su vez genera que la viscosidad de la muestra aumente y se generen espumas, lo que conlleva a la obtención de un biodiesel de bajo rendimiento.

El cálculo del índice de yodo dio como resultado 74 g yodo/100 g; siendo este un valor que demuestra que la muestra era de una difícil oxidación. Según la FEDNA (2003), la grasa de pollo no puede tener un índice de yodo mayor a 77 g yodo/100 g (como se cita en Abreo & Barajas, 2009). Por ello consideramos que la muestra de grasa de pollo utilizada tiene un índice de yodo apto para su posterior transesterificación, debido a que se encuentra dentro de los parámetros permitidos.

Respecto a la estabilidad oxidativa de la muestra de grasa de pollo se obtuvo un índice de peróxido equivalente a 4 meq de peróxido/kg. Este parámetro ayuda a cuantificar el nivel de enranciamiento del aceite.

El intervalo fijado para grasas y aceites vírgenes es de 0-5 meq O<sub>2</sub>/kg aceite (León & Marulanda, 2011). Pese a que se encuentra dentro del parámetro, es necesario resaltar que el IP varía en función de donde se almacenaba la muestra,

temperatura y su exposición tanto al aire como a la luz.

La densidad obtenida fue 914 kg/m<sup>3</sup>, siendo este un valor alto, pero que se correlaciona con la alta viscosidad presentada en la muestra inicial.

La viscosidad obtenida de 3.47 está correlacionada con la densidad presentada en la muestra, sin embargo, esta no significó un problema para la transesterificación de la muestra.

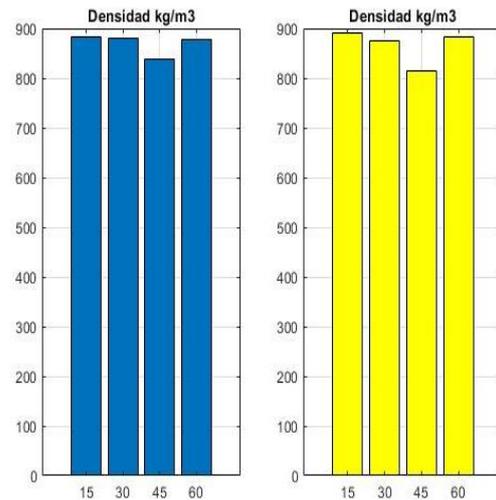
**Tabla 5.**

*Comparación con la norma ASTM 6751 para la determinación de las propiedades y calidad del biodiesel.*

| Nº | Propiedad            | Unidades           | Precisión | Norma ASTM 6751 | Técnica               | Biodiesel de grasa de pollo |       | Validación         |
|----|----------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|-------|--------------------|
|    |                      |                    |           |                 |                       | 50 °C                       | 60 °C |                    |
| 1  | Densidad             | kg/m <sup>3</sup>  | ±0.1      | 870-890         | Picnometría           | 869                         | 861   | Dentro de la norma |
| 2  | Viscosidad a 40 °C   | mm <sup>2</sup> /s | ±0.01     | 1.9-6.0         | Viscosimetría         | 4.5                         | 4.5   | Dentro de la norma |
| 3  | Punto de Inflamación | °C                 | ±0.1      | Min 130         | Equipo normalizado    | -                           | -     | -                  |
| 4  | Agua y sedimentos    | %                  | ±0.1      | Max 0.05        | Equipo Normalizado    | 0.04                        | 0.03  | Dentro de la norma |
| 5  | Índice de acidez     | mg KOH/g           | ±0.1      | Max 0.8         | Valoración Ácido-base | 0.4                         | 0.5   | Dentro de la norma |

Respecto al índice de acidez se obtuvo una media de 0.4 para la temperatura de 50 °C y 0.5 en los 60 °C; no obstante, se considera que el tiempo de reacción óptimo es de 60 min a 50 °C, ya que presentó un índice de acidez de 0.35 en la tercera réplica, lo que contribuye a que éste tenga un mejor rendimiento; también está en el rango permitido según las normas ASTM D 6751 en donde se especifica un valor máximo de 0.8.

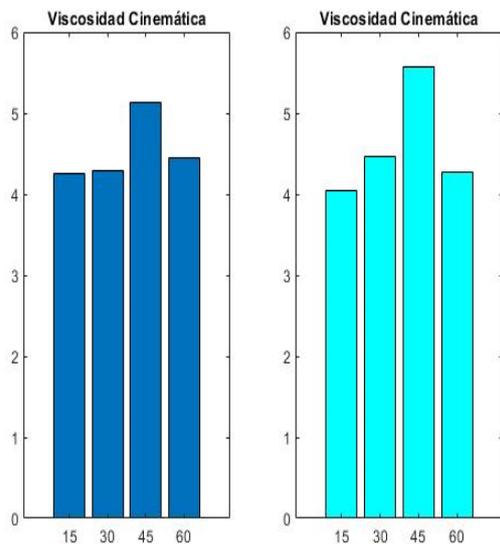
De acuerdo con los resultados visualizados en la figura 3, la densidad del biodiesel a 15, 30 y 60 minutos de reacción tanto para 50 °C (gráfico azul) y 60°C (gráfico amarillo) están dentro del rango de la norma de calidad ASTM D 6751, la cual especifica un rango entre 870-890; teniendo el biodiesel generado una densidad de 869 (50 °C) y 861 (60 °C). Un biodiesel con alta densidad puede generar problemas en los sistemas de los motores y a temperaturas muy bajas establece dificultades de separación entre fases.



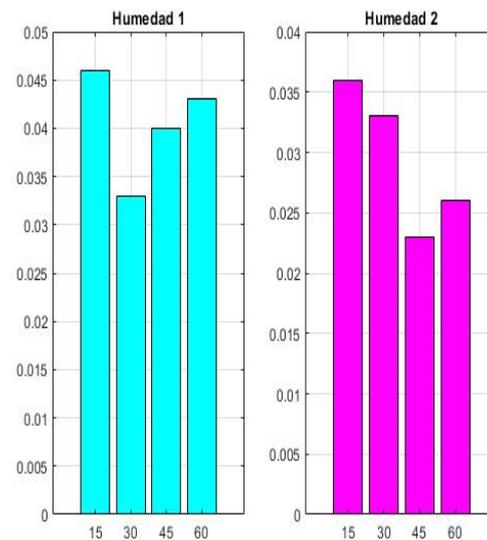
**Figura 3.** Densidad del biodiesel obtenido a 50 °C (azul) y 60°C (amarillo) en función del tiempo de reacción.

La figura 4 ilustra los resultados de la media de la viscosidad cinemática medidos a 40°C para el biodiesel obtenido a 50°C (gráfico azul) y 60 °C (gráfico amarillo), teniendo como resultados de los análisis 4.5 mm<sup>2</sup>/s para ambas temperaturas. Estos valores se encuentran por debajo del límite que establece la norma ASTM D 6751, en donde el rango es 1.9-6.0; lo cual permitirá que el biodiesel fluya sin ninguna dificultad.

Este parámetro resulta de vital importancia en el rendimiento del biodiesel debido a que si sobrepasa el límite normado, el combustible podría causar combustiones incompletas y dificultad en los conductos de un motor con sistema de alimentación a diesel.



**Figura 4.** Viscosidad cinemática del biodiesel obtenido a 50 °C (azul) y 60°C (celeste) en función del tiempo de reacción.



**Figura 5.** Humedad del biodiesel obtenido a 50 °C (celeste) y 60°C (morado) en función del tiempo de reacción.

La humedad obtenida se encuentra en un rango entre 0.03 (60 °C) y 0.04 (50 °C) (figura 5) respectivamente, por lo que se encuentra dentro de lo establecido en las normas ASTM D6751, que establece un límite de 0.05% volumen máximo respecto a la cantidad de agua y sedimentos. Es relevante tener en cuenta que si el porcentaje de agua existente en el biodiesel es mayor al estipulado por la norma se pueden tener múltiples problemas como la producción de espumas, geles, y las oclusiones por posible desarrollo de microorganismos. Esta problemática también está correlacionada con el almacenamiento que se le otorgue al biodiesel.

Finalmente, se realizó una prueba de combustión con papel, en la que se evidenció de manera cualitativa un alto grado de combustión en la muestra de biodiesel de 60 minutos a 50 °C (figura 6); esto debido al tiempo que permaneció encendida la hoja de papel.



**Figura 6.** Prueba de combustión del biodiesel (muestra 60 min, 50 °C).

#### 4. Conclusión

Obtener biodiesel a partir de la grasa animal generada en el proceso de cocción de pollo es un proceso viable, puesto que este combustible cumple con gran parte de los parámetros estándar establecidos en las normas ASTM 6751; con un índice de acidez relativamente bajo de 0.4 y 0.5, una viscosidad de 4.5, lo que permitirá una fluidez óptima del biodiesel; densidad (869 y 861), humedad (0.03 y 0.04), que se encuentran dentro de lo establecido para que este combustible pueda ser utilizado a futuro en motores de combustión. Se considera que en este ensayo la mejor temperatura fue 50 °C con un tiempo de 60 minutos, debido a que fue la que más tiempo de combustión tuvo en un ensayo realizado sobre la quema de papel. Concluyendo con esto que la grasa de pollo puede ser utilizada de manera alternativa para la producción óptima de biocombustible. En ensayos futuros se podría profundizar más sobre la eficiencia del biodiesel obtenido a partir de grasa animal con la aplicación de análisis como el índice de cetano, punto de inflamación y su rendimiento aplicado en motores.

#### Bibliografía

- Álvarez, J. (2013). Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio. Trabajo de Grado. Universidad Tecnológica de Tijuana, México. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/349>
- Arias D. & Herrera H. (2008). Evaluación de un proceso de transformación de grasa de pollo en materia prima óptima para la incorporación en procesos industriales. [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_101/recursos/01general/27112014/proyectedianaheydi.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_101/recursos/01general/27112014/proyectedianaheydi.pdf)
- Arriola Gómez, G., & Monjaras Blanco, M. H. (2003). Comprobación de pureza de los aceites comestibles de diferentes marcas comerciales en el área metropolitana. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5600/1/10126050.pdf>
- Ayala Ramírez, M. J. (2011). Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír plátano hartón verde. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8796/tesis740.pdf>

- Gáfaró-Delgado, D. A., Rodríguez-Quintero, S. P., & Arias-Peñaranda, M. T. (2019). Evaluación del potencial de los residuos grasos del pollo para la obtención de biodiesel. *Memorias*, 80. <http://fstd.cucei.udg.mx/sites/default/files/Memorias%20del%20congreso%202019%20DIGITAL.pdf#page=81>
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2014). Determinación del enranciamiento hidrolítico de un aceite de oliva mediante el grado de acidez. Universidad Politécnica de Valencia, 1–8. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38367/EvaGarcía.Calidad aceite-2014.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38367/EvaGarcía.Calidad%20aceite-2014.pdf?sequence=1)
- García-Muentes, S. A., Lafargue-Pérez, F., Labrada-Vázquez, B., Díaz-Velázquez, M., & Sánchez del Campo-Lafita, A. E. (2018). Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiesel producidos de la *Jatropha curcas* L. en la provincia de Ma-nabí, Ecuador. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 142-158. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212018000100012&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212018000100012&script=sci_arttext&tlng=en)
- Hernández Cruz, M. D. C. (2020). Desarrollo biotecnológico de biolubricantes a partir de grasa de pollo (Doctoral dissertation).
- <http://repositoriodigital.tuxtla.ecnm.mx/xmlui/handle/123456789/1634>
- León, C. A. G., & Marulanda, E. G. (2011). Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (Biodiesel) (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial). <https://core.ac.uk/download/pdf/71396707.pdf>
- Mier, M. A. M., Vargas, F. E. S., & Fajardo, C. A. G. (2012). Producción y caracterización de biodiesel a partir de aceite de pollo. *Informador técnico*, 76, 62-62. [http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/29](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/29)
- Mohiddin, M. N., Saleh, A. A., Reddy, A. N. R., & Hamdan, S. (2018). A study on chicken fat as an alternative feedstock: Biodiesel production, fuel characterisation, and diesel engine performance analysis. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 15(3), 5535-5546. <https://journal.ump.edu.my/ijame/article/view/75>
- Mott, R. L. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. México: Pearson Educación. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xUavR0u66P>

- [EC&oi=fnd&pg=PA23&dq=Mott,+R.+L.\(1996\).+Mec%C3%A1nica+de+Fluidos+Aplicada.+M%C3%A9xico:+Pearson+Educacion.&ots=wRAMwHRtIT&sig=Kp0l2grAKE-b1LJyR3k5elzN41U#v=onepage&q=Mott%2C%20R.%20L.%20\(1996\).%20Mec%C3%A1nica%20de%20Fluidos%20Aplicada.%20M%C3%A9xico%20Pearson%20Educacion.&f=false](https://www.redalyc.org/pdf/674/67424409008.pdf)
- Ramírez, I. E. M., Vela, N. A. C., & Rincón, J. J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y ciencia*, 20(55), 62-70. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67424409008.pdf>
- Tejada C., & Tejada L., & Villabona A., Y Monroy L. (2013). Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Revista Luna Azul*, (36), 10-25. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742013000100002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000100002)
- Valerín, M. N., & Salazar, M. Z. (2015). Purificación de sólidos por cristalización y determinación de punto de fusión. *UNIBE. Fac. Farm*, 1, 1-6. [https://www.academia.edu/17327096/Reporte\\_2\\_Purificacion\\_de\\_Solidos\\_por\\_Cristalizacion\\_y\\_determinacion\\_de\\_PF](https://www.academia.edu/17327096/Reporte_2_Purificacion_de_Solidos_por_Cristalizacion_y_determinacion_de_PF)
- Vargas, F. A. A. (2010). Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. Universitat Rovira i Virgili. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=89192>
- Zuleta, E. C., Rios, L. A., & Calderón, J. A. (2012). Estudio de la estabilidad oxidativa de biodiésel de aceite de palma en contacto con materiales metálicos y poliméricos automotrices. *Nexus Comunicación*, 14(2), 83-90. <https://nexus.univalle.edu.co/index.php/nexus/article/view/2656>