

## Propiedades fisicoquímicas del aceite y del biodiesel producidos de la *Cocos Nucifera* en el municipio de Barrancabermeja-Santander

Recibido noviembre 2020,  
 Aceptado diciembre 2020.

www.unipaz.edu.co

### PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF OIL AND BIODIESEL PRODUCED FROM *Cocos nucifera* IN THE MUNICIPALITY OF BARRANCABERMEJA-SANTANDER

Marcela Duarte Muñoz,<sup>†a</sup> Mayra Alejandra Poveda Torres<sup>b</sup>, Narly Johana Fuentes Monsalve<sup>c</sup>, Doris Adriana Aguirre Aponte<sup>d</sup>, Daniel Augusto Buitrago Ibañez<sup>e</sup>, Monica Maria Pacheco Valderrama<sup>f</sup>

**Resumen:** Los productos que se obtienen a partir de la pulpa de coco son diversos, destacándose el aceite vegetal de coco que posee características fisicoquímicas aptas para la producción de biodiesel, si bien la pulpa es destinada al consumo alimenticio, es necesario el estudio de alternativas ambientales para los combustibles fósiles. El objetivo de este estudio fue analizar y comparar algunas investigaciones que se han basado en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del Biodiesel a partir del aceite de coco (*Cocos nucifera*). Para tal efecto se tomaron las siguientes investigaciones "Producción y Caracterización de Biodiesel a partir de Aceite de Coco Orgánico", "Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal", "Extracción y caracterización de aceite de coco por medio de fluidos supercríticos", y "Estudio experimental del desempeño de un motor diésel operando con mezclas de diésel biodiesel". Se presenta la información en tablas comparativas tanto para el aceite de coco como para el biodiesel. A partir de los datos dados en las investigaciones se hizo un análisis de cada uno de los parámetros fisicoquímicos como densidad, índice de yodo, índice de saponificación, índice de refracción, y el índice de acidez, llegando a la conclusión de que el aceite de coco presenta alta viabilidad en términos de características fisicoquímicas para usarlo en la producción de biodiesel.

**Palabras claves:** Biocombustible, fluido supercrítico, extracción, producción, diésel.

**Abstract:** The products obtained from coconut pulp are diverse, highlighting the vegetable oil of coconut that has physicochemical characteristics suitable for the production of biodiesel, although the pulp is intended for food consumption, it is necessary to study environmental alternatives to fossil fuels. The objective of this study was to analyze and compare some investigations that have been based on the determination of the physicochemical properties of Biodiesel from coconut oil (*Cocos nucifera*). For this purpose, the following investigations were taken "Production and Characterization of Biodiesel from Organic Coconut Oil", "Development of a proposal for the technification of the process of obtaining coconut oil for the company Amanos Artesanal", "Extraction and characterization of coconut oil by means of supercritical fluids", and "Experimental study of the performance of a diesel engine operating with biodiesel diesel blends". From the data given in the investigations, an analysis was made of each of the physicochemical parameters such as density, iodine index, saponification index, refractive index, and acidity index, reaching the conclusion that the oil of Coco has high viability in terms of physicochemical characteristics for use in the production of biodiesel.

**Keywords:** Biofuel, supercritical fluid, extraction, production, diesel.

<sup>a</sup> Marcela Duarte Muñoz.

<sup>b</sup> Mayra Alejandra Poveda Torres.

<sup>c</sup> Narly Johana Fuentes Monsalve.

<sup>d</sup> Doris Adriana Aguirre Aponte

<sup>e</sup> Monica Maria Pacheco Valderrama

<sup>f</sup> Daniel Augusto Buitrago Ibañez

†marcela.duarte@unipaz.edu.co

## INTRODUCCIÓN

El aceite de coco es un aceite vegetal que posee características fisicoquímicas aptas para la producción de biodiesel con un alto contenido de ácidos grasos insaturados y resistente a la oxidación (S. M. Sánchez Domínguez, 2016). Los combustibles fósiles son usados para satisfacer las necesidades energéticas, agravando continuamente la situación ambiental por los efectos perjudiciales que estos causan. Una posible solución a esta situación, es el uso de biocombustibles de origen vegetal cuyas características se comparen favorablemente con los combustibles requeridos por los motores de combustión interna (Madrid, 2016). Para la producción de biodiesel puede ser de distintas variedades, aunque no todos los aceites son buenos para la elaboración de biocombustible pues la calidad del producto depende de la composición de la materia prima, de su baja instauración y de la estabilidad de las grasas que componen los aceites (Zárate, 2008).

Para esta investigación se estudiaron diferentes proyectos acerca de la obtención del biodiesel producido a partir del aceite de coco, se compararon diferentes propiedades como densidad (g/mL), punto de inflamación (°C), índice de acidez (mg KOH/100g), índice de yodo (mg de yodo/100g de biodiesel) y el índice de refracción, todas estas variables de estudio se seleccionaron según las investigaciones realizadas por Marcano (2014). También se tuvo en cuenta las propiedades fisicoquímicas del aceite de coco como densidad (g/mL), índice de acidez (mg KOH/100g), índice de yodo (mg de yodo/100g de aceite), e índice de refracción y se hizo una comparación y análisis de resultados (S. A. García Muentes, 2018).

## MÉTODOS

A continuación, se identifican las propiedades físicas y químicas que deben tener el biodiesel a partir de cualquier aceite.

**Densidad.** Es una prueba de medición de calidad, para los biocombustibles en los motores diésel. Se utilizan densímetros de flotación, se debe puntualizar que la densidad de cualquier líquido varía considerablemente a diferentes temperaturas. Los densímetros normalmente están diseñados para medir la densidad de líquidos a una temperatura entre 15°C y 25 °C; por esto al usar densímetros de flotación se debe tener constante control de la temperatura del biodiesel (Madrid, 2016).

**Viscosidad.** El cálculo de la viscosidad se realiza de acuerdo a la norma ASTM D445. Consiste en una prueba de laboratorio de comparación entre el biodiesel y el agua destilada. Se utiliza agua destilada, debido a que es un fluido con viscosidad conocida. Se miden los tiempos que tardan los fluidos en descender por el viscosímetro capilar. Se utiliza un viscosímetro de Ostwald en donde la fuerza impulsora es la gravedad (Madrid, 2016).

**Punto nube.** Para determinar este punto se realiza una prueba colocando 200 mL de biodiesel en un ambiente frío a 0°C y midiendo a que temperatura se vuelve turbio el combustible. Las normas de la calidad indican que a esa temperatura se le debe sumar 5°C, para asegurar que no se formaran cristales a la hora de operar (Madrid, 2016).

**Humedad.** Humedad se define como la cantidad de agua presente en la biomasa, expresada como un porcentaje del peso. En el proceso de fabricación del biodiesel, es una práctica común el emplear agua en la etapa de lavado. Posteriormente el agua se elimina, pero es posible que quede un remanente el cual va a variar en función del método utilizando para llevar a cabo el secado. A escala industrial, el secado se realiza por medio de una destilación al vacío, con temperaturas que van desde los 30 a los 40°C, esto provoca una

disminución apreciable en el contenido de agua (Madrid, 2016).

**Índice de acidez.** El Índice de acidez o número de neutralización se expresa como la cantidad de KOH o NaOH en mg requeridos para neutralizar 1 g de ácidos grasos de metil éteres (S. A. García Muentes, 2018). Este refleja la presencia de ácidos grasos libres o ácidos usados en la obtención de biodiesel y también la degradación del biodiesel debido a efectos térmicos (Marcano, 2014).

**Índice de yodo.** Este índice está relacionado con el punto de fusión o dureza y densidad de la materia grasa y se define como determinación del grado de insaturación de una grasa, expresado como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de muestra. (Instituto Colombiano Normas Técnicas, 1998).

En consecuencia el índice de yodo es influenciado grandemente por la oxidación del combustible y depósitos formados en inyectores de motores diésel. Un elevado valor podría implicar pobre estabilidad. Sin embargo, el índice de Yodo es un factor influenciado por el incremento o decremento de emisiones de NOx (S. A. García Muentes, 2018). Se reporta que disminuciones de la longitud de la cadena o incremento del número de dobles enlaces puede encaminar a mayor índice de Yodo (Instituto Colombiano Normas Técnicas, 1998).

**Punto de inflamación.** Es una medida de la tendencia de una muestra a formar mezclas inflamables con aire en condiciones controladas. Es un parámetro a considerar en el manejo, seguridad y almacenamiento del biocombustible (S. A. García Muentes, 2018). Los aceites vegetales presentan puntos de inflamación mayores que los gasóleos, un punto muy bajo de inflamación indica la presencia de metanol en el biocombustible (Instituto Colombiano Normas Técnicas, 1998).

### **CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE COCO (*Cocos nucifera*)**

El aceite de coco es de color amarillo cuando es puro y fresco, pero se acidifica rápidamente y toma un color oscuro. Está constituido de 86 a 91 % de ácidos grasos saturados de cadena corta, consistiendo alrededor del 48 % de ácido láurico, mirístico, caprílico y palmítico. Presenta sólo un 9% de ácidos grasos no saturados. Para la extracción de aceite, la copra se reduce a polvo fino y se somete a calor y a fuertes presiones mediante potentes prensas hidráulicas (Granados Sánchez & López Ríos, 2002). El aceite posteriormente se filtra y se purifica. Por su alto contenido de ácido láurico y otros ácidos grasos de cadena corta, que le confieren características especiales, tiene preferencia en el mercado, respecto de otros aceites vegetales, particularmente porque tiene un amplio rango de posibilidades para consumo directo y en la industria (Granados Sánchez & López Ríos, 2002). En diversas investigaciones el aceite de coco es empleado en la industria de oleo químicos, en las grasas y sus derivados. Por ello, gracias a este aceite vegetal pueden producirse elementos como detergentes, espumas, champús, cosméticos y otros distintos artículos de belleza (Bidegaray, 2019). Por sus propias características, en donde encontramos que el aceite de coco posee un sabor suave, es liviano, tiene un olor agradable y es de fácil digestión, además de su bajo costo en producción, es que logran que sea idóneo como sustituto de grasas en fórmulas de leche y queso, muchas veces menos económicas (Bidegaray, 2019).

Así mismo la calidad de los aceites comestibles en Colombia se rige según la Resolución 2154 del 2012 de Colombia, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el consumo humano y se dictan otras disposiciones (Social, Ministerio de Salud y Proyección, 2012) y la norma NTC 252 de Grasa y Aceites Comestibles, estas indican las características fisicoquímicas que debe cumplir el aceite de coco para consumo humano. Por otro

lado, está la Norma Técnica Colombiana de Grasas y Aceites de Aceite Crudo de Coco (NTC 637) y la Norma Técnica Colombiana Crudo Natural de Palma Africana (NTC 431) por la cual se establecen las características fisicoquímicas para el aceite de palma y se toma de referencia debido a que en el territorio nacional se produce biodiesel a partir de esta materia prima ( Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación Grasas y Aceites., 2000).

### **METODOLOGÍA PARA LA PREPARACIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE COCO (*Cocos nucifera*).**

La siguiente metodología se tomó para ilustrar el proceso por el cual se transforma el aceite de coco en biodiesel.

**Pretratamiento del aceite.** Este pretratamiento se hace con el fin de eliminar impurezas que afecten la reacción de transesterificación. Se tomó 400 mL de aceite de coco, y además una muestra de 20 mL para valoración. Se valoró esta muestra con NaOH a una concentración de 0,01 mol/L, para determinar la acidez del aceite y la cantidad necesaria de base para poder neutralizarlo. Conociendo esta cantidad, se procedió a hacer una disolución de NaOH, con una concentración de 0,9 mol/L. Para la neutralización se agregó 1 mL de la disolución de NaOH preparada previamente, se agitó el aceite durante 30 segundos, y luego se lo dejó reposar por 18 horas aproximadamente. Luego de esto, se calentó el aceite para llevarlo a estado líquido y permitir la remoción del jabón formado por la reacción del aceite con el hidróxido de sodio (Bidegaray, 2019).

**Reacción de transesterificación.** Se continuó con la reacción de transesterificación siendo necesaria la utilización de un baño de agua caliente para mantener la temperatura del reactor. Esta etapa consistió en colocar el reactor cargado con etanol en relación 5:1 en mol, respecto al aceite, y se agregó hidróxido de potasio en concentración 0.7

mol/L, el cual sirvió como catalizador, se procedió a calentar el baño hasta los 70 °C y a encender el agitador. Una vez alcanzada esta temperatura, se añadió 300 mL de aceite de coco a 30 °C, se esperaron 5 minutos para que la mezcla llegara a 60 °C, una vez se alcanzó la temperatura deseada, se comenzó a tomar el tiempo de reacción, el cual fue de 90 minutos. El control de temperatura se hizo cada 10 minutos, para asegurar que se mantuviera en el valor fijado (Bidegaray, 2019).

**Caracterización del Biodiesel.** Luego de haber obtenido el biodiesel lavado, se procede a su caracterización, en la cual se pueden realizar diferentes pruebas. En Colombia estos parámetros están establecidos en la NTC 5444 (Biodiesel para uso en motores diésel (Instituto Colombiano de Normas Técnicas - Incontec, 2018). Especificaciones). Ejemplos de algunas pruebas son: densidad, viscosidad, poder calorífico, punto de nube, Índice de yodo e Índice de acidez.

### **INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL DE COCO.**

Se analizaron los resultados de diferentes investigaciones tanto de del aceite de coco como del Biodiesel donde se clasificaron como Investigación 1, 2 y 3; se realizaron tablas comparativas de la caracterización fisicoquímica encontradas en cada una de las investigaciones.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Investigaciones relacionadas con la producción de biodiesel de coco.**

Se analizaron los resultados de diferentes investigaciones tanto de del aceite de coco como del Biodiesel donde se clasificaron como Investigación 1, 2 y 3; se realizaron tablas comparativas de la caracterización fisicoquímica encontradas en cada una de las investigaciones.

Tabla 1. Recopilación de investigaciones sobre el aceite de coco (*cocos nucifera*).

TÍTULO	AUTOR	PAÍS	AÑO
Producción y caracterización de biodiesel a partir de aceite de coco orgánico	Sandra M. Sánchez Domínguez, Génesis C. Laredo Herrera, Alejandro Torres Aldaco, Raúl Lugo Leyte, Judith Cervantes Ruiz	México	2016
Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos artesanales	Ángela María Becerra Sánchez; Mónica Andrea Clavijo sierra	Colombia	2018
Extracción y caracterización de aceite de coco por medio de fluidos supercríticos.	Luis Alberto, Bastidas Casallo; Freddy Jesús, Campos Blas	Perú	2019

Fuente: Autor

De cada investigación consultada, enfocada en la extracción del aceite de coco, se tomaron los resultados de la caracterización fisicoquímica de cada una de ellas, a continuación, en la tabla 2 se resumen dichos resultados.

Tabla 2. Resultados de los estudios comparativos de la caracterización del aceite de coco (*cocos nucifera*).

Parámetro	Sánchez Domínguez	Becerra Sánchez	Bastidas Casallo
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	917,4 a 25°C	918 a 20 °C	914
Índice de yodo (mg de yodo/100g de aceite)	7,1431	7,96	----
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	222,296	247,32	----

Parámetro	Sánchez Domínguez	Becerra Sánchez	Bastidas Casallo
Índice de Refracción	1,456	----	1,446
Índice de Acidez (mg KOH/g)	0,398	----	0,249
Metodología de Extracción	----	Extracción por prensado	Extracción con fluido supercrítico (CO <sub>2</sub> )

Fuente: Autor basado en Sánchez, Becerra y Bastidas

Tabla 3. Valores según la NTC 431 Requisitos para el aceite crudo natural de palma africana (*Elaeis guineensis*) usado para la fabricación de Biodiesel en Colombia.

Parámetro	NTC431
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,868 - 0,876 a 25°C
Índice de yodo (mg de yodo/100g de aceite)	50-58
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	195-205
Índice de Refracción	1,4590-1,4550 a 50 °C
Índice de Acidez (mg KOH/g)	----

Fuente: NTC 431

Según los estudios expuestos en la tabla 2, con respecto a la densidad en las tres investigaciones se tienen resultados muy similares, si se comparan con valores reportados por García-Díaz (2013) que reportan valores para aceites vegetales de 910,2 kg/m<sup>3</sup>, se podría decir que son valores que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para la elaboración del biodiesel (Madrid, 2016). Aunque observando los valores presentados en la tabla 3 según la norma NTC431 para el aceite de palma se puede establecer que la densidad no es un factor determinante para la elaboración del biodiesel, pues los rendimientos encontrados en las investigaciones son del 92% según Sánchez Domínguez (2016).

El índice de yodo es influenciado grandemente por la oxidación del combustible y depósitos formados en inyectores de motores diésel. Un elevado valor podría implicar pobre estabilidad. Sin embargo, el índice de yodo es un factor influenciado por el incremento o decremento de emisiones de compuestos tipo NOx. Se reporta que

disminuciones de la longitud de la cadena o incremento del número de dobles enlaces puede encaminar a mayor índice de yodo. Valores típicos de este índice son: ácido oleico: 90, ácido linoleico: 181 y ácido linolénico: 274. Este índice se ve afectado por la presencia de otras sustancias acompañantes insaturadas. Además, el límite máximo del índice de yodo es 58 g I<sub>2</sub>/100 g para los aceites provenientes de la palma africana que es la actual materia prima de la que se produce el biodiesel en Colombia reportado en la tabla 3 (S. A. García Muentes, 2018).

Cabe resaltar que el aceite de coco es conocido por tener una baja cantidad de ácidos grasos insaturados como se puede observar en la tabla 2, donde en la investigación de Sánchez Domínguez (2016) determinó la composición de ácidos grasos insaturados que por una porción de 5mL de aceite de coco hay menos de 0,5 gramos de ácidos grasos polinsaturados y menos de 1 gramo de ácidos grasos mono insaturados. Lo que significa su bajo índice de yodo en la prueba realizada, que por cada gramo de aceite se requieren aproximadamente 7-8 gramos de yodo. Según los resultados de las investigaciones de Sánchez Domínguez (2016) es 7,143 mg de yodo/100g de aceite y Becerra (2018) reporta 7,92 mg de yodo/100g de aceite esto favorece a la producción de biodiesel lo cual le dará mayor estabilidad ante la oxidación.

La principal desventaja de la catálisis alcalina es su alta sensibilidad a la pureza de los reactivos, así como al contenido de ácidos grasos libres y agua. El contenido de ácidos grasos libres no debe exceder ciertos límites, como los expuestos en la tabla 3, puesto que pueden promoverse reacciones indeseadas de saponificación. El alto contenido de ácidos grasos libres reduce la eficiencia del catalizador y el rendimiento de ésteres (biodiésel). Además, dificulta los procesos de separación de ésteres y glicerol (G. Huang, 2010), además los valores del índice de saponificación según reportan Sánchez (2016) y Becerra (2018) son 222,296 y 247,32 mg KOH/g de aceite respectivamente, lo que indica que se encuentran por encima de los valores

reportados en la norma NTC 431 (tabla 3), para el aceite de palma, pero teniendo en cuenta que son valores muy cercanos que no representan cambios significativos en la producción de biodiesel, así mismo dicha norma es utilizada actualmente para la producción de biodiesel en Colombia ( Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación Grasas y Aceites., 2000).

En cuanto a los índices de refracción en las investigaciones de Sánchez Sánchez Domínguez (2016) que reporta 1,456 y Bastidas (2018) que reporta 1,450, este último no cumple con el parámetro con la Resolución 2154 DEL 2012 y la NTC 431 (estos valores son 1,4590 a 1,4550). Por tanto el índice de refracción del aceite de coco permite una caracterización integral, considerándose como un parámetro que muestra la calidad del producto.

La veracidad de la calidad del aceite se demuestra si su valor de índice de refracción se encuentra entre el límite establecido por la norma, de lo contrario se considera de mala calidad o que sufrió alguna modificación durante la reacción, dichas impurezas pueden afectar la reacción de transesterificación.

Con todo lo anterior es pertinente mencionar la alta acidez que provoca la reacción de saponificación, favoreciendo la elaboración de emulsiones y jabones, disminuyendo así el rendimiento de la reacción y tornando más lentas las etapas de separación, recuperación y purificación de los productos (Ramos, 2018). También cabe señalar que el Índice de acidez reportado por Sánchez fue de 0,398 mg NaOH/g, mientras que Bastidas reportó 0,249 mg KOH/g, aunque la norma NTC 431 no especifica valores para el índice de acidez este si es un indicativo del favorecimiento de jabones al momento de la reacción de transesterificación para la producción de biodiesel.

## **INVESTIGACIONES DEL BIODIESEL DE ACEITE DE COCO (*Cocos nucifera*).**

Las especificaciones de las propiedades que deben cumplir los biodiesel están establecidas en la norma ASTM 6751-02 - ASTM, 2002, para la Comunidad Europea en la norma EN 14214 – EN 2003 y para Colombia en la norma NTC 5444 -2006 (Montenegro Mier, 2012) . En la tabla 4 se muestran los parámetros según normas internacionales para el biodiesel:

Tabla 4. Datos según las normas internacionales ASTM D6751 y EN14214.

Parámetro	Valor
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	860-900 ASTM D4052
Punto de Inflamación (°C)	120 mín. ASTM D6450
Índice de Acidez (mg KOH/100g)	0,5 máx ASTM D664
Índice de Yodo (mg de yodo/100g de biodiesel)	99 EN 14111
Índice de Refracción	1,46 a 1,5 ASTM D'1218/12

Fuente: NTC 431 & Bastidas (2018)

A continuación, en la tabla 5 se muestra las recopilaciones de información de cada una de las investigaciones que se encontraron acerca del biodiesel a partir del aceite de coco y que son menor a 5 años desde su publicación.

De cada investigación consultada enfocada en la producción de biodiesel, se tomaron los resultados de la caracterización fisicoquímica de cada una de ellas, en la tabla 6 que está a continuación, se ilustrarán dichos resultados.

Tabla 5. Recopilación de investigaciones sobre el biodiesel producido a partir del aceite de coco.

Título	Autores	Año
Producción y caracterización de biodiesel a partir de aceite de coco orgánico	Sandra M. Sánchez Domínguez, Génesis C. Laredo Herrera, Alejandro Torres Aldaco, Raúl Lugo Leyte, Judith Cervantes Ruiz	2016

Título	Autores	Año
Estudio experimental del desempeño de un motor diésel operando con mezclas de diésel biodiesel	Alejandro Torres Aldecoa, Christian Dember Meza López, Raúl Lugo Leyte, Helen Denise Lugo Méndez	2018

Fuente: Autor basado en Sánchez (2016)

Tabla 6. Resultados de las diferentes investigaciones sobre el biodiesel a partir de aceite de coco (*Cocos nucifera*).

Parámetro	Sánchez Domínguez	Torres Aldecoa
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	870	860
Índice de Acidez (mg KOH/100g)	0,050	0,398
Índice de Yodo (mg de yodo/100g de biodiesel)	120	42,107
Índice de Refracción	1,479	1,432

Fuente: Sánchez 2016 & Becerra (2018)

Con respecto a la densidad el biodiesel debe cumplir con ciertos parámetros internacionales según ASTM D6751 y EN14214, la densidad puede ser entre 860 kg/m<sup>3</sup>-900 kg/m<sup>3</sup> para biodiesel estándar (S. A. García Muentes, 2018). De esta manera el cumplimiento de estos parámetros influyen en la eficiencia de inyección del combustible en los motores y a mayor densidad, mayor será la cantidad de combustible inyectado.

De igual manera es importante destacar las investigaciones de la ciudad de México, donde se observan valores similares de la densidad que se encuentran dentro de los estándares internacionales.

Por otra parte en el parámetro de índice de acidez o número de neutralización se expresa como la cantidad de KOH en mg requeridos para neutralizar 1 g de ácidos grasos de metil éteres. Este refleja la presencia de ácidos grasos libres o ácidos usados en la producción de biodiesel y también la degradación del biodiesel debido a efectos térmicos (Marcano, 2014). Según la normativa estándar internacional (ASTM D664 EN 14104) los valores de este índice deben estar en 0,5 mg de KOH/g máximo. Las investigaciones llevadas a cabo en México

muestran valores que si están dentro de los límites permisibles por los estándares internacionales.

En cuanto el parámetro del índice de Yodo se basó en las normas europea EN 14111 y colombiana NTC 5444 donde el límite para el índice de yodo es (120 mg de Yodo/100g de biodiesel máx.), donde las investigaciones de Sánchez (2016) cumplen con los estándares establecidos por las normas.

En cuanto al índice de refracción, este es un parámetro muy útil de los medios homogéneos, vinculado estrechamente a las fuerzas intermoleculares a través de su dependencia con la densidad. Es ampliamente utilizado en la determinación de la concentración de numerosas soluciones, además es un medio sencillo y barato de caracterización de compuestos simples en colaboración con otras técnicas (Chao Mujica, 2013). Su utilidad radica en casos como la identificación y caracterización de líquidos puros, grasas y aceites, entre otras. Como el índice de refracción es sensible a los cambios de temperatura y varía con la longitud de onda de la luz, deben especificarse ambas variables al expresar el índice de refracción de una sustancia. Con referencia al índice de refracción, de las tres investigaciones se extrajeron los resultados de trabajos realizados en México. Con referencia al índice de refracción, se basó en las normas internacional ASTM D1218/12 y colombiana NTC 5444 donde el límite para el índice de refracciones es de es 1,33 a 1,5 °C. Se observa que las dos investigaciones aplican perfectamente con las normas establecidas.

En cuanto a los demás parámetros correspondiente a todas las investigaciones seleccionadas por este trabajo, se puede decir que cumplen con las características fisicoquímicas para la producción de biodiesel cumpliendo con los estándares de la norma.

## CONCLUSIONES

De la comparación de las investigaciones del aceite de coco donde se realizó la caracterización

fisicoquímica para la determinación de la calidad del aceite, se evidenció que en las investigaciones realizadas en los países de México se obtuvieron resultados favorables para los parámetros de calidad como densidad, índice de acidez, índice de refracción, llevándonos a la conclusión que el aceite de coco cumple con los límites de las normas nacionales e internacionales para la producción de biocombustibles líquidos como el biodiesel.

En cuanto a la revisión bibliográfica de las características fisicoquímicas del aceite de coco de los diferentes países, podemos afirmar que las características son similares, habiendo leves variaciones, pero no son significativas según los estudios aportados por Ramos (2018).

De acuerdo a los resultados obtenidos de los diferentes artículos consultados sobre la extracción, caracterización y uso como materia prima para la producción de biodiesel de aceite de coco, este aceite presenta alta viabilidad para la producción de biocombustible ya que la mayoría de los resultados cumplieron con los parámetros de calidad internacional que en Colombia se establecen en la norma NTC 5444 (Sakthivel, 2017).

Se recomienda realizar un estudio económico sobre la producción de biodiesel a partir de aceite de coco en Colombia, puesto que el uso que se le da en la actualidad es de uso alimentario y cosmético, y su producción en el año 2019 en cuanto a la siembra fue de 22.865 Has de Coco, representando en el territorio nacional una producción de 145.578 toneladas. De igual manera los rendimientos promedio de coco en Colombia son de 7,2 toneladas por hectárea, repercutiéndose en un precio promedio de \$1.248 por kilo para el año 2019 (Agricultura de las Americas , 2020).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al grupo de investigación Grupo de investigación de innovación, desarrollo tecnológico y competitividad en sistemas de

producción agroindustrial (GIADAI) y grupo de trabajo de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial del Instituto Universitario de la Paz.

## REFERENCIAS

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación Grasas y Aceites. (2000). *ICONTEC - NORMA TÉCNICA NTC 431*. Obtenido de Aceite Crudo Natural de Palma Africana,.

Á. M. Becerra Sánchez y M. A. Clavijo Sierra. (2018). *Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanales*. Obtenido de FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6694/1/6131958-2018-1-IQ.pdf>

Agricultura de las Americas . (2020). *Oportunidad mundial para el mercado del coco de Colombia*. Obtenido de Revista del Sector Agropecuario : <http://agriculturadelasamericas.com/agricultura/oportunidad-mundial-para-el-mercado-del-coco/#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%202019%20se,una%20producci%C3%B3n%20de%20145.578%20toneladas.&text=Los%20rendimientos%20promedio%20de%20coco,kilo%20para%20el%20a%C3%B1o>

Bidegaray, C. R. ( 2019). *Plan estratégico de comunicación coco peruano* . Obtenido de Universidad de Lima: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10239>

Chao Mujica, F. J. (2013). MÉTODO TEÓRICO PARA LA PREDICCIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACTACIÓN EN REFRACTOMETRÍA. *Boletín Científico Técnico INIMET*(N°2), pp. 1-18. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223029286002>

G. Huang, F. C. (2010). Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Vol. 87*(N°1), pp. 38-46.

Granados Sánchez, D., & López Ríos, G. F. (2002). Manejo de la palma de coco (cocos nucifera L.) en México . *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol. 8*(núm. 1 ), pp. 39- -48.

Instituto Colombiano de Normas Tecnicas - Incontec. (2018). *BIODIESEL PARA USO EN MOTORES DIESEL. ESPECIFICACIONES*. Obtenido de NTC 5444:2018: <https://tienda.icontec.org/gp-biodiesel-para-uso-en-motores-diesel-especificaciones-ntc5444-2018.html>

Instituto Colombiano Normas Tecnicas, G. y. (1998). *Determinación del índice de Yodo. NTC 283*. Obtenido de El Instituto INCONTEC.

L. A. Bastidas Casallos y F. J. Campos Blas. (2018). *Extracción y caracterización de aceite de coco por medio de fluidos supercríticos*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5740>

M. García Díaz, J. G. (2013). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. *Tecnología Química, Vol. 33*(Nº 2), pp. 162-169.

Madrid, E. O. (2016). *Producción de biodiesel a partir de aceite de coco*. Obtenido de Universidad de Costa Rica .

Marcano, L. (2014). «Estudio de la obtención de biodiesel a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina,». *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, Vol. 29*( nº 1), pp. 1-10.

Montenegro Mier, M. A. (2012). Producción y caracterización de biodiésel a partir de aceite de pollo. *Informador Técnico, Vol.76*, 76-62. Obtenido

de

[http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/articulo/view/29/34](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/articulo/view/29/34)

Ramos, P. A. (2018). Caracterización del biodiesel obtenido del aceite de *Jatropha curcas* L. *AFINIDAD LXXV 581*, Vol. 75(Nº 581), pp. 45-51.

S. A. García Muentes. (2018). Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiesel producidos de la *Jatropha curcas* L. en la provincia de Manabí. *Revista Cubana de Química*, vol. 30(nº 1), pp. 1-10.

S. M. Sánchez Domínguez, G. C. (2016). *Puerto Vallarta: Memorias Encuentro Nacional de la AMIDIQ*. Obtenido de Producción y Caracterización de Biodiesel a partir de aceite de coco orgánico.

Sakthivel, R. (2017). Una revisión sobre las propiedades, el rendimiento y los aspectos de emisión de los biodiesel de tercera generación. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82(nº 1), pp. 2970-2992.

Social, Ministerio de Salud y Proyección. (08 de Agosto de 2012). *Resolución 2154/2012*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>

Zárate, M. A. (2008). Verdades y Mitos de los Biocombustibles. *Elementos: Ciencia y Cultura*, vol. 15(nº 071), pp. 15-18.