

Evaluación del aceite de *attalea butyracea* como alternativa en la obtención de biodiesel

INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluation of *attalea butyracea* oil as an alternative for biodiesel production

Nelson Alfonso Vega-Contreras^{1§} , Dora Clemencia Villada-Castillo¹ , Carolina Pabon-Mora² 

¹Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad Ciencias agrarias y del ambiente, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia,

²Universidad de Pamplona, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Cúcuta, Colombia

§nelsonalfonsovc@ufps.edu.co, doraclemenciavc@ufps.edu.co, pabonmc@unipamplona.edu.co

Recibido: 18 de enero de 2021 – Aceptado: 11 de agosto de 2022

Resumen

Attalea butyracea es una planta que posee la capacidad para la producción de aceite, la cual puede sobre pasar otras especies cultivadas en zonas tropicales, como la Palma africana (*Elaeis Guineensis*). El objetivo principal de la investigación fue aprovechar el fruto de la Palma Real (*Attalea Butyracea*) en la obtención de aceite como alternativa de biodiesel en el cual se evaluó el tamaño de la partícula para la etapa de extracción sólido-liquido, el aceite obtenido se analizó fisicoquímicamente, seguidamente, se realizó el análisis de la composición de ácidos grasos empleando análisis por cromatografía gases acoplada a masas. Los datos obtenidos del tamaño de la partícula para la extracción del aceite fueron analizados con el programa estadístico SPSS versión 17, técnica estadística Anova un factor y determinar el tamaño de partícula para la extracción de aceite. El análisis físico-químico realizado al aceite extraído de *Attalea butyracea* permitió clasificarlo como un aceite tipo palmiste, el cual presentó un elevado porcentaje de saturación lo cual favorece la estabilidad oxidativa, por lo que el aceite obtenido de *Attalea butyracea* posee alto potencial para ser aprovechado como biocombustible.

Palabras claves: aceite, biodiesel, extracción, fruto, semilla

Como citar:

Vega-Contreras NA, Villada- Castillo DC, Pabón-Mora C. Evaluación del aceite de *attalea butyracea* como alternativa en la obtención de biodiesel. Ingeniería y Competitividad, 2023, 25(1); e-21912208. <https://doi.org/10.25100/iyv.v25i1.12208>



Abstract

Attalea butyracea is a plant that has a capacity for oil production, which can surpass other species cultivated in tropical zones, such as the African Palm (*Elaeis Guineensis*). The main objective of the research was to take advantage of the fruit of the Royal Palm (*Attalea Butyracea*) to obtain oil as a biodiesel alternative in which the particle size was evaluated for the solid-liquid extraction stage, the oil obtained was analyzed physicochemically, followed by the analysis of the fatty acid composition using gas chromatography analysis coupled to masses. The data obtained from the particle size for oil extraction were analyzed with the statistical program SPSS version 17, statistical technique Anova one factor, to determine the particle size for oil extraction. The physicochemical analysis of the oil extracted from *Attalea butyracea* allowed classifying it as a palm kernel type oil, which presented a high percentage of saturation which favors oxidative stability, so the oil obtained from *Attalea butyracea* has a high potential to be used as biofuel.

Keywords: oil, biodiesel, extraction, fruit, seed

1. Introducción

Attalea butyracea es una planta conocida también el nombre de palma de vino o palma real, perteneciente a la familia Arecaceae (Arecales) ⁽¹⁾, especie que presenta características importantes en su uso, tanto en los sistemas agrícolas productivos, como en la alimentación en las personas como complemento en la nutricional ⁽²⁾. Esta especie puede alcanzar una altura de 8 a 10 m de alto y 15 a 20 cm de diámetro ⁽³⁾, es una planta con características importantes para la producción de aceites cuya calidad puede igualar *Elaeis Guineensis* (*Palma africana*), en Colombia la materia prima primordial para la elaboración de biodiesel es el aceite de palma⁽⁴⁾, por lo que de acuerdo con ⁽⁵⁾, este es el cultivo oleaginoso con mayor eficiencia, sin embargo ⁽⁶⁾, establece la eficiencia que puede llegar a tener la palma real en la producción de aceites, supera gran parte de las oleaginosas cultivadas en el trópico, en Colombia se han reportado 231 especies de palmas agrupadas en 44 géneros, ocupando el

segundo puesto a nivel mundial después de Brasil en cuanto riquezas de estas especies ⁽⁷⁾.

La importancia del estudio de alternativas para industrializar su aprovechamiento, consumo y cultivo, por ello los biocombustibles elaborados a partir de materias primas renovables no convencionales aparecen como una opción para diezmar la aparición de gases de efecto invernadero que afectan el ambiente ⁽⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾.

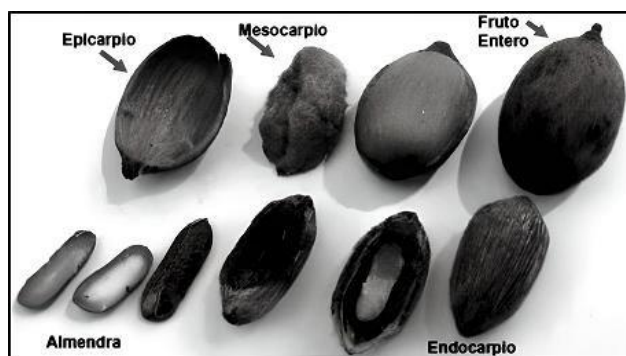
A sí mismo la preocupación por cuidar el medio ambiente y mitigar la contaminación, ha con llevado a la generación de productos amigables con la naturaleza, como es el caso de los biocombustibles, que buscan renovar el consumo de carburantes fósiles, debido a su bajo impacto sobre el ambiente ⁽¹¹⁾, siendo el aceite biodiesel una muestra de ello, siendo combustible líquido que se puede conseguir a partir de aceites de origen vegetal o animal ⁽¹²⁾, utilizado en países como Canadá, México e Irlanda ⁽¹³⁾. En Colombia el biodiesel es una alternativa para los combustibles de origen fósil, en la producción de energía para cubrir los requerimientos nacionales y movilidad. ⁽¹⁴⁾, Siendo este un material

biodegradable, renovable, no tóxico, cuya ignición proporciona bajos niveles de gases de efecto invernadero como CO₂, NO_x, SO_x y material particulado (MP) ⁽¹⁵⁾, es por ello que la investigación tiene como objetivo evaluar las características del aceite obtenido del fruto de *Attalea butyracea* como alternativa para la obtención de un aceite tipo biodiesel.

2. Metodología

La investigación desarrollada inició con la remoción de la cáscara (mesocarpio) del fruto, seguidamente la reducción de tamaño de la semilla (endocarpio) y posteriormente la extracción de la almendra. Ver figura 1.

Figura 1 Remoción de mesocarpio



Para ello se emplearon 15 kg de fruto de *Attalea butyracea*, a la cual le fue retirada la almendra, posteriormente sometidos a un fraccionamiento manual, para la extracción de la semilla de la

almendra (endospermo), para ser llevados a proceso de secado, molido y tamizado, calculando mediante la siguiente fórmula el rendimiento obtenido.

$$\%Rendimiento = \frac{Masa\ final}{Masa\ inicial} * 100$$

2.1 Secado y molido de la almendra

El secado de la almendra se realizó por el método de la curva característica de secado siguiendo la metodología planteada por ⁽¹⁶⁾, con algunas modificaciones para lo cual se utilizó un secador de charolas, modelo PS-ECE-001/PE y serie GEN-0412-237, a una temperatura de 50°C,

por un tiempo de 140 minutos buscando reducir la humedad.

2.2 Tamizado de la almendra

El tamizado se realizó en un tamiz ANALYSETTE 18, Heavy Duty siere shater, de 1.18 mm y 0.60 um, con un diámetro de 0.5 mm.

2.3 Extracción del aceite

El extracto oleaginoso se obtuvo mediante la cocción de la semilla en agua por un tiempo de 60 min, hasta ebullición empleando una plancha calentamiento, seguidamente se realizó un prensado manual utilizando 30 gramos de almendra, con posterior decantación de la misma utilizando un embudo de vidrio el aceite obtenido se pasó por una centrifuga Gerber de capacidad para 8 tubos, a 10000 rpm, durante 10 minutos, para eliminar impurezas.

2.4 Perfil de ácidos grasos

El análisis de ácidos grasos presentes se realizó por cromatografía de gases con ionización en llama (GC/FID), utilizando una columna DB-23 (J & W Scientific, Folsom, CA, EE. UU) [50% - cianopropil – poli (metilsiloxano), 60 m x 0.25 x 0.25 μm]. La inyección se realizó modo *Split* (50:1) volumen de inyección 2 μL . La identificación de metil-ésteres de ácidos grasos se utilizó el método de comparación de sus tiempos de retención con los del estándar certificado 37 Component FAME Mix, (AccuStandard, Inc., 125 Markt Street, New Haven CT 06513), el % relativo de los ácidos grasos se determinó según la norma 5508-1990. EL diseño experimental planteado se basó en un Anova de un factor, el cual permitió analizar la variable dependiente determinada, que para este caso fue el tamaño de partícula y su incidencia sobre la variable independiente o de respuesta determinada por el rendimiento de aceite obtenido en cada uno de los ensayos planteados.

Para ello se contó con dos niveles determinados de tamaños de partícula que fueron de 1.18 mm y 0.60 micrómetros respectivamente, obtenidos a partir de los tamices utilizados, que dieron origen a dos tratamientos en los que se empleó el mismo método de separación para la obtención del aceite de *Attalea butyracea*, ya que el tamaño de la partícula es un factor influyente para el proceso de extracción ⁽¹⁷⁾, pues la superficie de contacto aumenta con la disminución de la partícula, por lo que permite la eficiencia en la extracción. ⁽¹⁸⁾

3. Resultados y discusiones

En la etapa de remoción del mesocarpio del fruto, de la cantidad de materia prima utilizada de *Attalea butyracea*, se logró obtener un rendimiento del 56 % de semilla, con un residuo en cascara 6.60 g equivalente al 44 %, seguidamente se procedió a realizar el fraccionamiento manual para extraer la almendra, la cual conto con una masa promedio de 2.60 gramos por cada almendra.

En cuanto al porcentaje de grasa de la almendra de *Attalea butyracea* esta fue del 55.31%, el cual se realizó teniendo en cuenta la norma AOAC 920.39, donde se observaron factores físico químicos como pH, y humedad en el cual se obtuvieron valores de 5.70 y un 22% respectivamente, la humedad de la almendra, se determinó en una relación de humedad vs tiempo, como se observa en la figura 2, siendo este factor importante para el almacenamiento de la almendra, por lo que de acuerdo con ⁽¹⁹⁾, si

la humedad es baja, se minoriza el riesgo de contaminación y daño de la materia prima, por lo que se buscó bajar el nivel de esta en la almendra a un valor cercano al 6-7%, en el secado y posterior molido de la almendra se pasaron por tamices en el que se obtuvieron partículas con tamaños de 0,5 mm con intervalos de 0.5 segundos y con un tiempo de 5 minutos, lo cual indico que el tamaño de partícula apropiado para la extracción de aceite de *Attalea butyracea* es de 0.60 μm el cual

contribuye de forma significativa en el rendimiento de la extracción ⁽²⁰⁾.

En cuanto al proceso de extracción para cada tratamiento (0.60 μm y 1.18 mm de tamaño de partícula) se realizó por prensa manual, sometiendo previamente la almendra a una cocción a temperatura de ebullición del agua, durante 60 minutos, en la tabla 1 se observan los datos obtenidos en cuanto a porcentaje de rendimiento del aceite, según los dos tamaños de partículas evaluados por triplicado.

Tabla 1 Porcentaje de aceite extraído

Tratamiento	Tamaño de partícula	Porcentaje de aceite extraído (%)			Media (%)	Desviación estándar
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3		
1	1.18 mm	20.90	21.00	21	20.96	0.05
2	0.60 μm	35.00	34.90	35	34.96	0.05

con el cual se consiguió una relación optima entre este factor y la variable respuesta, que de acuerdo con lo planteado por ⁽²¹⁾, el tamaño de partícula influye, ya que cuanto más pequeñas y homogéneas sean estas, mayor será la superficie interracial y más se favorecerá la operación de transferencia de masa, que al ser comparado con la producción de aceite biodiesel a partir del extracto de almendra del corozo *Bactris guineensis*, los mejores rendimientos se obtuvieron con la partícula de menor tamaño

siendo esta de 500 μm , así mismo ⁽²²⁾, afirman que un mayor tiempo de contacto entre los componentes de la solución lleva a la consecución de una mayor concentración del producto.

En cuanto al secado, se evidenció que los primeros 10 minutos la masa se mantiene constante, observándose posteriormente un descenso de la humedad, reduciéndose de un 22% a un 6%, valor dentro del rango establecido para proceder a la extracción.

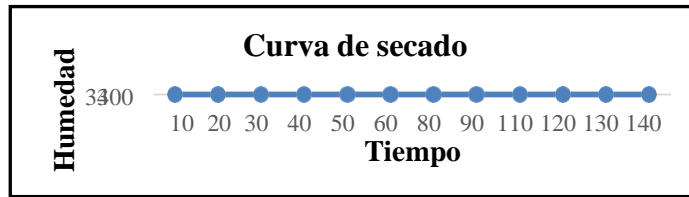


Figura 2. Curva de secado de la almendra de *Attalea butyracea*

En relación a la masa de la almendra, el promedio de cada una fue de 2.60 g teniendo en cuenta que la palma real *Attalea butyracea* contiene tres almendras, su masa por fruto equivale aproximadamente a 6g, mientras que el fruto de palma corozo (*Acrocomia aculeata*) solo posee una almendra cuyo peso es de 2.53g, lo que permite determinar que el aprovechamiento de la palma real como materia prima es viable, debido a que contiene tres almendras por fruto,

con lo que ⁽²³⁾, establecen que esta almendra se asemeja a las características presentadas por de la almendra de *Elaeis Guineensis*.

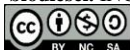
En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis estadístico en función de la variable utilizada, la cual fue el rendimiento de aceite extraído. describiendo los resultados obtenidos en los dos tratamientos y las tres repeticiones realizadas con cada tamaño de partícula, obtenidos del análisis de factor Anov.

Tabla 2 Resultados del factor Anova de los tamaños de partículas evaluados

	N	Media (%)	Stad. Deviación	Stad. Error	95% interval Confianza para Media		Minimo (%)	Maximo (%)
					Baja correlacion (%)	Alta correlacion (%)		
					Partícula 1.18 mm	3		
Partícula 0.600 μm	3	34.96	0.057	0.03	34.82	35.11	34.90	35.00
Total	6	27.96	7.66	3.13	19.91	36.01	20.90	35.00

Como citar:

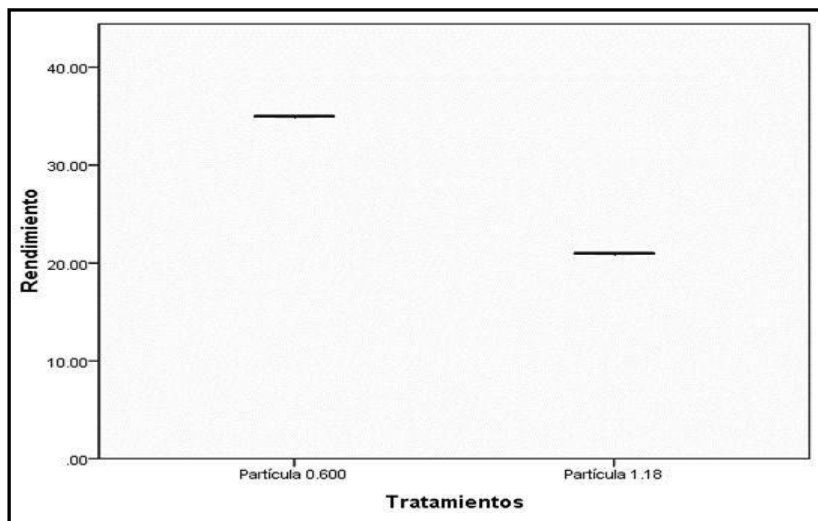
Vega-Contreras NA, Villada- Castillo DC, Pabón-Mora C. **Evaluación del aceite de attalea butyracea como alternativa en la obtención de biodiesel.** INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD, 2023. <https://doi.org/10.25100/iyv.v25i1.12208>



Este trabajo está licenciado bajo una Licencia Internacional Creative Commons Reconocimiento–NoComercial–CompartirIgual 4.0

Así mismo en la figura 3, se evidencian los dos tratamientos de partículas con sus resultados en cuanto a porcentaje de rendimiento obtenidos del

análisis Anova un factor con el software estadístico SPSS



. Figura 3 Diagrama de caja y bigotes del rendimiento del aceite

En el cual los valores encontrados fueron: 20.96 y 34.96 % para los tamaños 1.18 y 0.60 μm .

En cuanto a la relación al perfil de ácidos grasos obtenidos por cromatografía de gases, se reportó la presencia de 19 ácidos grasos presentes en el aceite de (*Attalea butyracea*), como lo muestra la tabla 3, una diferencia significativa en relación a lo reportado por⁽²⁴⁾, en la caracterización

química del aceite obtenido por métodos artesanales de tres variedades de palma africana (*elaeis guineensis jacq.*), en el que solo se encontraron 4 ácidos grasos, dos menos que lo reportado ⁽²⁵⁾ con el aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*), el cual reporto la presencia de seis ácidos grasos.

Tabla 3. cantidad relativa, % de ácidos grasos en metilesteres (FAME), en la muestra.

Ácido graso	Cantidad relativa de ácido graso medida en forma de metil Ester		
	987631-01-AF		
	1° medición	2° medición	Promedio
Caproico (C6:0)	0.5	0.5	0.5
Caprilico (C8:0)	8.1	8.1	8.1

Undecanoico (C 10:0)	6.4	6.4	6.4
Laurico (C11:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Tridecanoico (C12:0)	50.0	49.7	49.8
Mirístico (C13:0)	16.1	16.0	16.0
Pentadecanoico (C 14:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Palmitico (C 15:0)	7.1	7.2	7.2
Palmitoleico (C16:1)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Heptadecanoico (C 17:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Estearico (C18:0)	3.9	4.0	4.0
Oleico (C18:In9c)	5.9	6.1	6.0
Linoleico (C18:2n6c)	1.6	1.6	1.6
Linolenico (C18:3n3)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Araquidionico (C20:0)	0.1	0.1	0.1
Eicosenioco (C20:In9)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Behenico (C22:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Lignocericico (C24:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Con relación a la caracterización fisicoquímica estos se realizaron teniendo en cuenta las normas NTC 218, 283,289 y 336, para acidez, índice de yodo, índice de refracción y la densidad respectivamente. la acidez se determinó teniendo cuenta el número de miligramos de KOH necesarios que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres de un gramo de grasa, así mismo el índice de yodo fue realizado expresando concentraciones de ácidos grasos insaturados, junto con el grado de insaturación, la densidad se determinó la masa a volúmenes iguales de agua y de aceite que se utilizaron para calcular la relación entre ambos valores, bajo

condiciones específicas de temperatura a 20°C para aceites que de acuerdo con ⁽²⁶⁾, la densidad es un factor en el que su variación depende del tratamiento que se le realice, así mismo ⁽²⁷⁾, establece que la densidad en aceites de origen vegetal son proporcionales al grado de insaturación e inversamente proporcional a la longitud de la cadena de ácidos grasos, finalmente los valores registrados fueron comparados con los del aceite de palma africana según la Norma Técnica Colombiana para aceite crudo natural de palma africana NTC 431 (ICNTC, 2009). en la tabla 4 Se observa algunas propiedades de calidad evaluadas del para el aceite.

Tabla 4. Parámetros físicos del aceite de almendra de *Attalea butyracea*

Prueba	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media
Acidez (%)	2.40	2.38	2.38	2.38
Índice de yodo(g de yodo/100g de muestra)	26.00	26.00	26.00	26.00
Índice de refracción	1.45	1.45	1.45	1.45
Densidad (g/mL)	0.93	0.92	0.92	0.92

Como porcentaje de grasa obtenido para la almendra de *Attalea butyracea* este fue del 55.31%, esto debido al tamaño de la almendra, y su alto contenido de aceite, lo cual lo convierte a este cultivo en una materia prima con buen potencial para extracción de aceites por su contenido de grasa, por lo que ⁽²⁸⁾, establece que en relación con el contenido de grasa en almendra de *Elaeis Guineensis* este oscila entre 47-50%, siendo éste último el cultivo explotado actualmente por las industrias aceiteras de Colombia específicamente en la región del Catatumbo. A sí mismo se puede mencionar que este aceite puede clasificar como un aceite de características ácidas, por lo que una vez se realice la estabilidad del mismo se debe realizar el proceso transesterificación como primera etapa utilizando un catalizador ácido y en una segunda etapa realizar la reacción de transesterificación usando como catalizador una base, ya que su porcentaje de acidez está por encima del 2 % ⁽²⁹⁾, esto debido a que un combustible con una acidez alta tiende a corroer el tanque de combustible y las tuberías del motor, que, pudiendo incrementar con el tiempo

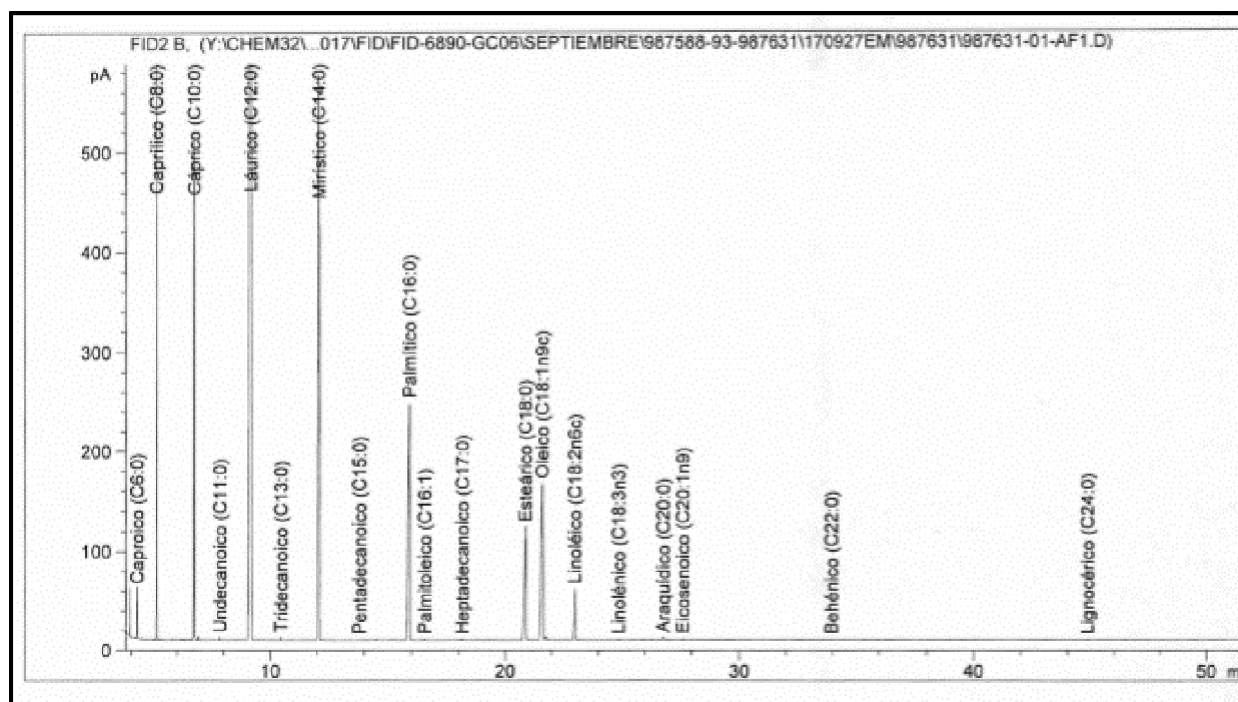
su almacenamiento ⁽³⁰⁾. En cuanto al índice de yodo, esta corresponde a las instauraciones presentes en el aceite ⁽³¹⁾, medida que fue comparada con la norma NTC 283 Grasas y aceites vegetales y animales, el cual presentó un valor de 26.00 g de yodo /100 g de muestra, que para el CODEX STAN 210 los rangos establecidos para un aceite de almendra de palma se encuentra entre 14.1-21.1 ⁽³²⁾, lo cual demuestra que el aceite de palma real está por encima de este valor en un 4 %, lo cual puede estar relacionado directamente con el contenido de ácidos grasos insaturados del aceite, es así como en la investigación realizada por ⁽³³⁾, el índice de refracción para palma corozo (*Acrocomia aculeata*) es de 1.45 lo que indica que los valores para la palma estudiada difieren en un 0.5%, tratándose de un aceite de almendra.

Para los dos casos, la densidad se encuentra dentro de los parámetros establecidos, valores por fuera del estándar podrían producir dificultades en la combustión ⁽³⁴⁾, puesto que la densidad es influyente en la cantidad de combustible que es transmitida al motor, ⁽³⁵⁾, la

densidad determinada según la NTC 336 para el aceite de palma real se encuentra en 0.923 g/cm³, valor similar al aceite de palma corozo (*Acrocomia aculeata*) a la reportada por ⁽³⁶⁾, y que además es similar a la aceite de soya (0.91g/ml) ⁽³⁷⁾. La figura 4 muestra los ácidos grasos encontrados en *Attalea butyracea*, donde se observan gráficamente los ácidos que contiene el aceite en mayor proporción, en relación con el contenido en el aceite de palma real, este tiene

valores cercanos al aceite de coco, materia prima que se emplea en la elaboración de biodiesel., observándose en la investigación realizada por ⁽³⁸⁾, la presencia de los siguientes ácidos grasos mayoritarios los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), oleico (C18:1), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0), y en menor proporción ácidos esteárico (C18:0), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) y palmitoleico (C16:1).

Figura 4 Perfil de cromatógrafo ácidos grasos obtenidos en la muestra



En cuanto *Attalea butyracea*, esta presenta una elevada cantidad de ácidos grasos saturados en términos de porcentaje, lo cual favorece la estabilidad oxidativa del aceite tipo biodiesel, haciéndolo más estable ante los posibles cambios que puede sufrir a la exposición del ambiente (rancidez, oxidación, deterioro del aceite),

siendo aspectos importantes para la evaluación de la calidad del biocombustible por lo que es importante mencionar que los biodiesel, elaborados a partir de materias primas con un alto contenido de ácidos grasos saturados o mono insaturado presentan mayor resistencia a la oxidación. ⁽³⁹⁾.

4. Conclusiones

El fruto de *Attalea butyracea*, contiene tres almendras, las cuales mostraron características importantes, así como su porcentaje de extracto etéreo (grasas bruta) obtenida, de igual manera la extracción de aceite demostró resultados favorables al realizarla con el menor tamaño de partícula evaluada, permitiendo una mejor

penetrabilidad del agua en esta para su proceso de extracción, en cuanto las características fisicoquímicas analizadas se encuentran dentro de los rangos establecidos por el Codex Stan 10, por lo que se puede establecer que el aceite extraído de *Attalea butyracea* puede ser aprovechado, ya que presenta características propias para la elaboración de un biocombustibles.

5. Referencias

- (1). Cocomá Reyes, C. (2010). Uso y manejo de la palma real (*Attalea Butyracea*) para la elaboración de artesanías en el departamento del Tolima
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8506>
- (2). Molina, E., Nouel-Borges, G., Sánchez-Blanco, R., Rojas-Castellanos, J., & Espejo, M. (2013). Aceite crudo de *Attalea butyracea* en dietas para conejos y su efecto sobre consumo, digestibilidad de nutrientes y química plasmática. *Livestock Research for Rural Development*, 25(11),1-6.
<http://www.lrrd.org/lrrd25/11/moli25206.html>
- (3). Alvarado, G., & Jáuregui, D. (2011). Anatomía del raquis y la lámina foliar de *Attalea butyracea* (Mutis ex Lf) Wess. Boer y *Attalea maripa*(Aubl.)Mart.(Arecaceae, Arecoideae). *Pittieria*, 35, 71-38.
<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/34359>
- (4). Ortiz Tapia MDC, García Alamilla P, Lagunes Gálvez LM, Quezada MI, García Alamilla R, & León Chávez MA. Obtención de biodiesel a partir de aceite crudo de palma. 2016.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v26n5/2007-9621-au-26-05-00003.pdf>
- (5). Cordero, J., Alemán, W., Torrellas, F., Ruiz, R., Nouel, G., De Sousa, N. M., ... & Molina, E. (2009). Características del fruto de la palma yagua (*Attalea butyracea*) y su potencial para producción de aceites. *Bioagro*, 21(1), 49-55.
<https://www.redalyc.org/pdf/857/85714160006.pdf>
- (6). Galeano G, Bernal R, Isaza C, Navarro J, Garcia N, Vallejo MI, ET AL. Evaluacion de la sostenibilidad del manejo de palmas. *Ecologia en Bolivia*. 2010;45(3):85-101.
<https://ecologiaenbolivia.com/documents/GaleanoFinal453.pdf>
- (7). Tejada Tovar, C., Tejada Benítez, I. e. s. l. .,

(2013). Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Luna Azul*, (36), 10-25.
<https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1656>

(8). Esteves, EMM, Esteves, VPP, Bungenstab, DJ, Araújo, ODQF, & Morgado, CDRV (2018). Emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el biodiesel del cultivo tradicional de soja en comparación con los sistemas integrados de cultivos y

ganadería. *Revista de Producción más Limpia*, 179, 81-92.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.262>

(9). Rassoulinejad-Mousavi, SM, Mao, Y. y Zhang, Y. (2018). Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la llama de metano-aire de Sandía mediante el uso de un biocombustible. *Energía Renovable*, 128, 313-323.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.079>

(10). Andrade, MF, Parussulo, AL, Netto, CG, Andrade, LH y Toma, HE (2016). Lipasa inmovilizada en nanopartículas de magnetita recubiertas de polidopamina para la producción de biodiesel a partir de aceite de soja. *Revista de investigación de biocombustibles*, 3 (2), 403. Doi 10.18331/BRJ2016.3.2.5.

(11). García-Díaz, M., Gandón-Hernández, J., & Maqueira-Tamayo, Y. (2013). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. *Tecnología química*, 33(2), 162-169.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000200005

(12). Duque, J. L. R. (2012). Evaluación del uso de biodiésel obtenido a partir de aceite de cocina usado en un motor diésel. *El Hombre y la Máquina*, (40), 102-110.

<https://www.redalyc.org/pdf/478/47826850011.pdf>

(13). Atabani, AE, Silitonga, AS, Badruddin, IA, Mahlia, TMI, Masjuki, H. y Mekhilef, S. (2012). Una revisión exhaustiva sobre el biodiesel como recurso energético alternativo y sus características. *Revisión de energía renovable y sostenible*, 16 (4), 2070-2093.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.003>

(14). Fontalvo Gómez, M., Vecino Pérez, R., & Barrios Sarmiento, A. (2014). El aceite de palma

africana elae guineensis: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental. *Prospectiva*, 12(1),90-98.

<http://dx.doi.org/10.15665/rp.v12i1.155>

(15). Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, A. K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K. (2016). Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,53,265-278.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.046>

(16). López Cravioto D. Secado convectivo de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata* Humb). *Prosopis laevigata* Humb. y Bonpl. ex Willd; http://148.204.117.30/jspui/handle/LITER_CIID_IROAX/350

(17). Campomanes AMF, Chamorro RAM. Influencia de la temperatura y tamaño de partícula en el proceso de extracción de aceite de semilla de uva (*Vitis vinifera*). *Revista de investigación universitaria*. 2009; (1) <https://doi.org/10.17162/riu.v1i1.9>

(18). Fernández-Sánchez, F., Marín-Morán, M., Teixeira-Pinto, M., & Carvalho-Quei, C. (2013). Evaluación de las condiciones de extracción por hidrodestilación-cohobación del aceite esencial del follaje de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (droga seca). *Revista Cubana de Química*,25(1),100–108.

<https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/815>

(19) Sue, T. T. (1992). Calidad actual del palmiste y del aceite de palmiste. *Revista Palmas*, 13(4), 55-66.

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/361>

(20). Soria Zambrano, D. G. (2019). Evaluar la gestión ambiental de residuos de lodo de palmiste en la empresa Procepalma Ceba SA, a

fin de verificar la posibilidad de su uso como nutrientes en granjas, en la ciudad de Santo Domingo.

<http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3470>

(21). De la Rosa, J. M. M., Meza, D. M., & Gómez, M. F. (2021). Producción de biodiesel a partir del Aceite extraído de almendra del corozo *Bactris guineensis* asistida mediante ultrasonido de sonda directa. *Tecnura*, 25(69). <https://doi.org/10.14483/22487638.15809>

(22). Tabio García, D., Díaz Domínguez, Y., Rondón Macías, M., Fernández Santana, E., & Piloto Rodríguez, R. (2017). Extracción de aceites de origen vegetal. *Monografía. Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría". La Habana, Cuba.*

<https://revista.cnic.edu.cu/index.php/RevQuim/article/view/121>

(23). Sandoval-García, A.-M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Aguilar-Ávila, J., & García-Muñiz, J. G. (2016). Caracterización química del aceite obtenido por métodos artesanales de tres variedades de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista fitotecnia mexicana*, 39(3), 317–322.

<https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.317-322>

(24). Chaves Yela, J. A., Ortiz Tobar, D. P., Bahos Ordoñez, E. M., Ordoñez Forero, G. A., & Villota Padilla, D. C. (2020). Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*). *Perspectivas en Nutrición Humana*, 22(2), 175-188.

<https://doi.org/10.17533/udea.penh.v22n2a05>

(25) Bernal De, R. I. (1998). Análisis de alimentos. 3ra edición, 58-60. Editora Guadalupe Ltda.

<https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/54>

(26) Pereira, E., Sampaio, K. A., & Grimaldi, R. (2019). Propiedades físicas de grasas y aceites amazónicos y sus mezclas. *Química de los alimentos. AJ y Máximo*, 278, 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.016>

(27) Cardona, E. M., Ríos, L. A., & RESTREPO V, G. M. (2006). Extraction of the carotenoid lycopene from chonto tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Vitae*, 13(2), 44-53. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/540>

(28). Castaño, A. M. V. (2010). Estudio y obtención de biodiésel a partir de residuos grasos de origen bovino (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial). <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/2038>

(29). Kakati, J. y Gogoi, TK (2016). Producción de biodiesel a partir de aceite de semilla de fruta de Kutkura (*Meyna spinosa* Roxb. Ex.): su caracterización y evaluación del desempeño del motor con mezclas al 10% y 20%. *Gestión y conversión de energía*, 121, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.019>

(30). Restrepo Duque, A. M., Londoño-Londoño, J., Dubán González, Á., Benavides Paz, Y., & Cardona Salazar, B. L. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de investigación*, 9(2), 151-161. <http://hdl.handle.net/10567/968>

(31). Hernández, C., & Pitre, A. M. (2005). Extracción y purificación del aceite de la almendra del fruto de la palma de corozo (*Acrocomia aculeata*). *Revista Ingeniería UC*, 12(1), 68-75. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70712108.pdf>

(32). Alimentarius, C. (1993). Grasas, Aceites y Productos derivados. FAO-OMS. Norma del

Codex para el aceite de sesámo comestible. Stan.

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh->

(33). Arias Perez, D. E., Teuta Ramirez, C. A., & Parra Plazas, J. (2011). Caracterización de las propiedades del biodiesel de girasol bajo la Norma NTC de 100/04 y medición de poder calorífico.

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2709/2129>

(34). Freitas, SV, e Silva, FA, Pastoriza-Gallego, MJ, Piñeiro, MM, Lima, AS, & Coutinho, JA (2013). Medición y predicción de densidades de aceites vegetales a presiones de hasta 45 Mpa.

Revista de datos de ingeniería y química, 58 (11), 3046-3053.

<https://path.web.ua.pt/publications/je400474w.pdf>

(35). Polo Rodríguez, L., Fontalvo Gómez, M., & Mendoza Meza, D. L. (2018). Producción de biodiesel mediante transesterificación enzimática de aceite extraído de residuos de la industria de alimentos. *Prospectiva*, 16(1), 26-33.

<https://doi.org/10.15665/rp.v16i1.1164>

(36). Sahasrabudhe, SN, Rodríguez-Martínez, V., O'Meara, M. y Farkas, BE (2017). Densidad, viscosidad y tensión superficial de cinco aceites vegetales a temperaturas elevadas: medición y modelado. *Revista internacional de propiedades de los alimentos*, 20 (sup2), 1965-1981.

<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1360905>

(37). Parrales, A., Reyes Vera, M., & Pine Tobar, W. (2012). *Cromatografía del gas natural* (Bachelor's thesis).

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/32277>

(38). Hernández, C., Mieres, A., Niño, Z., & Pérez, S. (2007). Efecto de la refinación física sobre el aceite de la almendra del corozo

(Acrocomia aculeata). *Información tecnológica*, 18(5), 59-68.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000500008>

(39). Santos, E. M. (2012). Principales características de las materias primas utilizadas en la producción de biodiesel: la influencia del contenido y la concentración de los ácidos grasos. *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*, 13(25), 53-61. DOI:

<https://doi.org/10.21500/01247492.1307>