

Estandarización del proceso de extracción de aceite de *Mauritia flexuosa* del Guaviare, Colombia

Standardization of the oil extraction process of *Mauritia flexuosa* from Guaviare, Colombia

Gustavo Adolfo Acosta Rodríguez¹  Juan Pablo Arias²  Jasbleidy Marcela Acosta Chinchilla³ 

¹Servicio Nacional de Aprendizaje SENA  gacostar@sena.edu.co

²Servicio Nacional de Aprendizaje SENA  juaparias@gmail.com

³Servicio Nacional de Aprendizaje SENA  jmacosta58@misena.edu.co

Recibido: 20/10/2020 Aceptado: 20/09/2021

Resumen *Mauritia flexuosa* es una palma dioica y su fruto es una drupa oleaginosa de la cual cerca del 16.58 % del mesocarpio se puede aprovechar para el proceso de transformación y extracción del aceite, por su alto índice de ácido oleico, del cual se destaca su contenido de provitaminas y de aceites polinsaturados que contribuyen a su actividad antioxidante. Con el objetivo de determinar la oferta natural de *Mauritia flexuosa* en el municipio de San José del Guaviare se adelantaron estudios poblacionales con el uso de herramientas SIG y ArcGIS. La oferta natural existente en el municipio corresponde a 1.351.175 palmas en producción y un estimado de 140.977 toneladas de drupas listas para el aprovechamiento. Para la extracción del aceite se evaluaron los métodos Soxhlet, Folch y prensado en frío, obteniendo un rendimiento máximo de 51 %, 13.35 % y 28.63 %, respectivamente. Se utilizó el modelo experimental denominado 2^k, con 16 ensayos donde se definió el efecto de la temperatura, peso y pH. Igualmente se tuvieron en cuenta aspectos del mercado, costos, procesos de extracción y legislación. Por último, se verificó el contenido de bioactivos mediante cromatografía.

Palabras clave: método Folch, prensado en frío, método Soxhlet, semilla oleaginosa.

Abstract *Mauritia flexuosa* is a dioecious palm and its fruit is an oily drupe of which about 16.58 % of the mesocarp can be used for the process of transformation and extraction of oil, due to its high oleic acid index, of which its content of provitamins and polyunsaturated oils that contribute to its antioxidant activity. In order to determine the natural supply of *Mauritia flexuosa* in the municipality of San José del Guaviare, population studies were carried out using GIS and ArcGIS tools. The existing natural offer in the municipality corresponds to 1,351,175 palms in production and an estimated 140,977 tons of drupes ready for use. For the extraction of the oil, Soxhlet, Folch methods and cold pressing were evaluated, obtaining a maximum yield of 51 %, 13.35 % and 28.63 %, respectively. The experimental model called 2^k was used, with 16 trials where the effect of temperature, weight and pH was defined. Likewise, aspects of the market, costs, extraction processes and legislation were considered. Finally, the content of bioactives was verified by chromatography.

Keywords: Folch-method, cold pressed, Soxhlet method, oilseed.

Introducción

Mauritia flexuosa, comúnmente llamada Moriche, es una especie dioica, que puede alcanzar alturas hasta 40 m y diámetro promedio de tronco de 60 cm que finaliza en la parte superior con una corona de entre 15 a 20 hojas (Virapongse, *et al.* 2017). Las hembras de *M. flexuosa* producen drupas en racimos de 25 kg incluyendo la raquila. Esta especie se distribuye en la Amazonia y Orinoquía colombiana, conformando un hábitat específico comúnmente denominado morichal, bajo o canaguchal, principalmente en zonas inundables “madres viejas” y en las laderas de los ríos, con una densidad de 27.5 individuos/ha, y en una proporción de 5 hembras/1 macho (Endress, 2013).

De los frutos de la palma se puede extraer un aceite el cual es de interés comercial (Rull & Montoya, 2014) por la presencia de antioxidantes carotenoides, tocoferoles y ácidos grasos monoinsaturados, con mayor contenido de palmítico, oleico y linoleico (Aquino *et al.*, 2012) los cuales poseen bioactivos como provitaminas (Cândido, Silva, Agostini & Costa, 2015) despertando interés a nivel industrial para la producción de productos a nivel cosmético, alimenticios y comida animal.

Las características y composición del aceite de la *M. flexuosa* han sido investigados (Milanez *et al.*, 2016; Milanez, Neves, Colombo, Shahab, & Roberto, 2018). Su principal propiedad es la estabilidad oxidante y en segundo lugar el contenido de tocoferoles y pigmentos (Speranza *et al.*, 2016).

En relación a los procesos de extracción de aceites esenciales con solventes, estos consisten en la remoción del material oleaginoso quebrado, laminado, molido o prensado previamente, mediante lavados con solventes orgánicos a contracorriente (Mandal *et al.*, 2015). Usualmente después de la extracción con solvente, la harina es llevada

a un tostador para recuperar el solvente. Este es removido del aceite con evaporadores de películas y destilación a vacío para posteriormente extraer otros componentes como colorantes, gomas, mucílagos, ceras, grasas, proteínas y carbohidratos (Sánchez, 2006).

El enfoque de la investigación es cuantitativo y se enmarca en la comparación de diferentes procesos de extracción de aceite esencial de *M. flexuosa* con la finalidad de determinar qué el proceso es ambiental, social y económicamente viable para la amazonia y Orinoquía colombiana. Igualmente, se propone generar un proceso de bioprospección, donde se pueda ubicar una unidad de negocio para diferentes Unidades Agrícolas Familiares (UAF) del departamento del Guaviare.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el municipio de San José del Guaviare a orilla del río Guaviare. La muestra representativa para el estudio fue tomada de un área de 38.605 ha, que corresponden al 2.39 % de las 1.617.800 ha que tiene el municipio.

La Figura 1 se señala la zona de muestreo para realizar el levantamiento de información de oferta natural de la especie *M. flexuosa*. Durante el proceso de muestreo también se realizaron análisis de individuos con el objetivo de obtener un porcentaje de aprovechamiento favorable.

Para determinar la oferta natural de *M. flexuosa*, se realizaron estudios poblacionales de la especie en tres zonas representativas de la región, en parcelas de 100 x 40 m (4.000 m²), evaluando las características físicas de cada uno de los individuos presentes en el inventario. Se realizó una distribución de forma de polígono periférico de la zona y

caracterización de las coberturas boscosas de las zonas bajas e inundables, las características de la drupa, ensayos de aprovechamiento y deshidratado; determinando los parámetros medibles de cada proceso.

La extracción del aceite se realiza utilizando el mesocarpio amarillo y

procesándolo para lo mismo, es decir, aproximadamente el 16,6 % de la drupa es aprovechable para la extracción del aceite (Figura 2). El material restante tiene diversos usos como abono orgánico, productos alimenticios, entre otros.

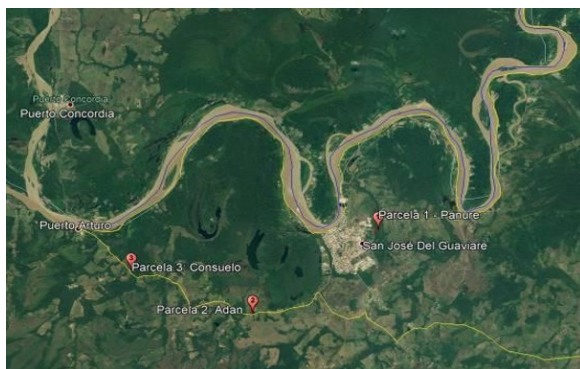


Figura 1. Localización del área de estudio.
Fuente: Google maps. Adaptado por los autores.



Figura 2: Mesocarpio de la drupa.
Fuente: SIEC (2018).

Métodos de extracción

Dado que existen numerosos métodos de extracción de aceites. La determinación de los métodos para la extracción del aceite de *M. flexuosa* se realizó teniendo en cuenta el análisis de metodologías presentado por Acosta (2019), el nivel tecnológico del departamento del Guaviare, la facilidad para apropiar el proceso y el talento humano necesario para ejecutar el mismo.

Extracción Soxhlet

Debido a la contextura de la pulpa de la *Mauritia flexuosa*, se utiliza éter de petróleo por su reacción, afinidad y polaridad con la muestra. Para este tipo de extracción, se utilizaron la pulpa seca proveniente del mesocarpio y el exocarpo de la drupa. Durante el secado se eliminó parcialmente el agua contenida en la drupa (75%). Para la mezcla se utilizaron 20 g de pulpa seca y 25 ml de solvente. Luego de ello, se realiza la extracción Soxhlet a una temperatura controlada. El proceso se tarda dos horas y la separación de cada componente fue mediante roto evaporación.

Extracción por prensado en frío

En este método se utilizaron 500 g de pulpa seca, que fueron colocados en la prensa vertical, ejerciéndose presión directamente en el mesocarpio. El proceso se basa en el rompimiento de las fibras vegetales y drenaje del aceite.

Extracción Folch

Se utilizó una mezcla de cloroformo y metanol en agua con una proporción de 12/8 v/v. La pulpa seca fue homogenizada con el solvente dejándose en incubación y estabilización. La fase orgánica y acuosa se separan, posibilitando

la recuperación de la fase orgánica y contenido graso disuelto.

Diseño experimental

Las variables con las cuales se desarrolló el experimento (Tabla 1) se definen en variables de entrada y salida. Dentro de las variables de entrada se consideraron temperatura, pH y peso de la drupa (valores mínimos y máximos). Las variables de salida fueron el contenido de aceite extraído, cantidad y calidad de sus derivados. Además, se contemplaron factores como recursos y talento humano con el propósito de establecer un desarrollo eficiente del proceso y disminuir costos.

Tabla 1

Diseño experimental

Factores	Nivel (-)	Nivel (+)	Referencias
X1: Temperatura (°C)	30	60	Extracting oil, 1910; Mandal <i>et al.</i> , 2015; Manhães <i>et al.</i> , 2015
X2: Peso (g)	41.18	56.16	36,48 g-78,07 g. Barbosa y Lima, (2010)
X3:pH ()	3.6	3.8	3,6-3,7 Resolución 2154 de 2012 (Minsalud)

Nota: Acosta (2019).

El análisis de datos se realiza con el software STATISTICA v.10, para definir la variabilidad obtenida entre rangos máximos y mínimos. En concordancia con los parámetros obtenidos en la revisión bibliográfica, se

establece el experimento y definen las réplicas. Este software realiza pequeñas variaciones entre las variables, sin tener presente los diferentes tipos de métodos de extracción al cual sería expuesta la materia prima. (Tabla 2)

Tabla 2

Definición Experimentos

Corridas	Bloque	Temperatura	Peso Drupa	pH	Can Aceites
16	3	40,00	55,32	3,86	28,23
13	3	40,00	42,78	3,70	3,26
12	3	65,09	55,32	3,70	38,67
15	3	14,90	55,32	3,53	28,78
11	3	40,00	55,32	3,70	5,67
10 ©	2	14,90	55,32	3,70	28,53
2	1	40,00	56,16	3,80	10,34
9	2	30,00	56,16	3,80	49,38
4	1	60,00	56,16	3,60	51,46
17 ©	3	40,00	55,32	3,70	28,75
14	3	40,00	67,85	3,70	0
3	1	60,00	41,18	3,80	1,5
1	1	30,00	41,18	3,60	1,2
7	2	30,00	56,16	3,60	12,72
6	2	30,00	41,18	3,80	1,5

Nota. Acosta (2019).

Teniendo en cuenta las condiciones expresadas por los parámetros definidos para cada corrida, se organizaron las muestras de pulpa de *M. flexuosa* con la finalidad de definir el método de extracción de acuerdo con la variable temperatura. Las extracciones con temperatura ≤ 30 °C se realizaron con el método de Folch, aquellas con temperaturas medias hasta 40 °C se realizaron por prensado, y la extracción de aceite con el método Soxhlet, se realiza con temperatura máxima de 60 °C. se

definen las diferentes corridas (experimentos) que se van a realizar, buscando cumplir con las condiciones determinadas por el software.

Resultados y discusión

En la especie *M. flexuosa* la cosecha de frutos se realiza en las plantas De acuerdo con los muestreos realizados en la zona de estudio, se logra caracterizar las drupas de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3

Descripción peso de la drupa

	Peso Miligramos	Desviación Estándar (mg)	Peso porcentual
Peso drupa	35.220	± 4820	100,00%
Exocarpo	7.250	± 1270	20,58%
Mesocarpio amarillo	5.840	± 1580	16,58%
Mesocarpio blanco + almendra	20.850	± 2520	59,20%
Perdida en el proceso	1.280	± 340	3,63%

Nota. Adaptado de Acosta, G. et al. (2018).

Para el proceso de modelado se definen valores mínimos y máximos de las diferentes variables. Para el caso de la temperatura es de 30 °C mínimo y 60 °C máximo, con un valor central de 40 °C.

Teniendo presente que los bioactivos del aceite varían debido a la temperatura que se emplea en el proceso de extracción del aceite de *M.flexuosa*; esto implica, que puede cambiar la presencia de carotenos conforme se aumenta la temperatura.

El peso de los frutos es directamente

proporcional a su índice de madurez, que determina las características fisiológicas de la drupa como peso, color y tamaño. El valor del pH define el nivel de acidez o alcalinidad de la fruta; sobre esta variable se establecen intervalos definidos por Hernández *et al.* (2018).

En la Tabla 4 se establecen máximos y mínimos en Software STATISTICA y se presenta el ingreso de las variables anteriormente descritas para el desarrollo del modelo experimental.

Tabla 4

Máximos y Mínimos en Software STATISTICA. Software STATISTICA.

Factor Name	Low Value	Low Label	Central Value	Low Center	High Value	High Label	Star Low Lobel	Star High Lobel
Temperatura	30	Low	40	CenterPt	60	High	StarLow	StarHigh
Peso Drupa	41,18	Low	55,32	CenterPt	56,16	High	StarLow	StarHigh
pH	3,6	Low	3,7	CenterPt	3,8	High	StarLow	StarHigh

Nota. Acosta (2019).

Para el análisis de varianza, es utilizado el software STATISTICA versión 10. En este, por medio de cálculos matemáticos se analiza los resultados de los experimentos “Corridas” y se comparan las interacciones entre temperatura, peso y pH. Todo esto se define bajo la hipótesis nula denotada como: todos los grupos de experimentos proceden de una misma población, en otras palabras, todas las interacciones tienen la misma media y varianza.

El ANOVA (Tabla 5) se estima con un nivel de significancia ($p < 0,05$). Teniendo en cuenta los resultados de las diferentes interacciones matemáticas del modelo se puede inferir que los factores más relevantes en el porcentaje de extracción del aceite de *Mauritia flexuosa*. De acuerdo, con la herramienta estadística son el peso de la drupa y temperatura.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA).

Factor	ANOVA. Var: Cant. Aceite; R-sqr=,95158; Adj:,88933 (Spreadsheet1) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Residual=34,29276 DV: Cant Aceite.				
	SS	DF	MS	F	P
Temperatura (L)	73,328	1	773,328	22,55075	0,002087
Temperatura (Q)	2,089	1	2,089	0,06092	0,812132
Peso Drupa (L)	2555,168	1	2555,168	74,51041	0,000056
Peso Drupa (Q)	1365,211	1	1365,211	39,81046	0,000400
(3) pH (L)	1,235	1	1,235	0,03602	0,854860
pH (Q)	9,908	1	9,908	0,28894	0,607560
1L by 2L	527,893	1	527,893	15,39372	0,005723
1L by 3L	0,106	1	0,106	0,00308	0,957288
2L by 3L	1,181	1	1,181	0,03444	0,858035
Error	240,049	7	34,293		
Total SS	4958,002	16			

Nota. SS= Suma de Cuadrados. DF= Grados de libertad. MS= Media de cuadros del error.
F= Estadístico de prueba (Estimado utilizando la distribución de probabilidad F). P= Probabilidad.

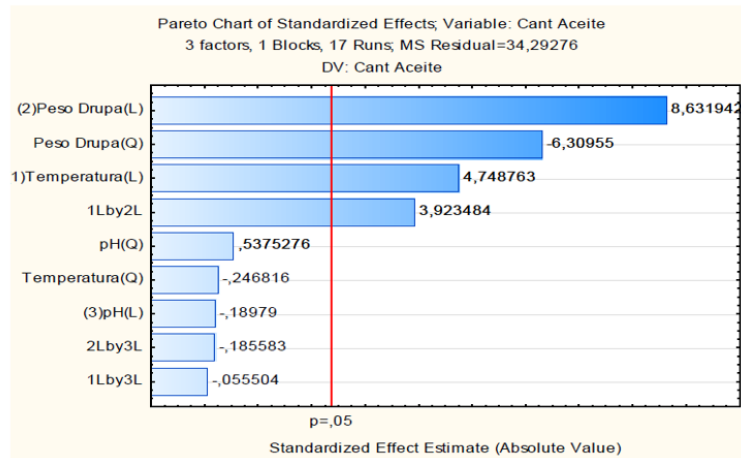
Acosta (2019)

La incidencia de cada una de las variables definidas en el modelo se presenta en la Figura 3. Dado que el peso de la drupa es directamente proporcional al nivel de madurez, es recomendable controlar el proceso de recolección *in situ*. de las drupas de moriche,

con la finalidad de obtener la mayor cantidad de aceite. Adicionalmente, el control de la temperatura define el método de extracción y también es una variable que impacta directamente en la presencia de bioactivos como los carotenoides.

Figura 3

Superficies.



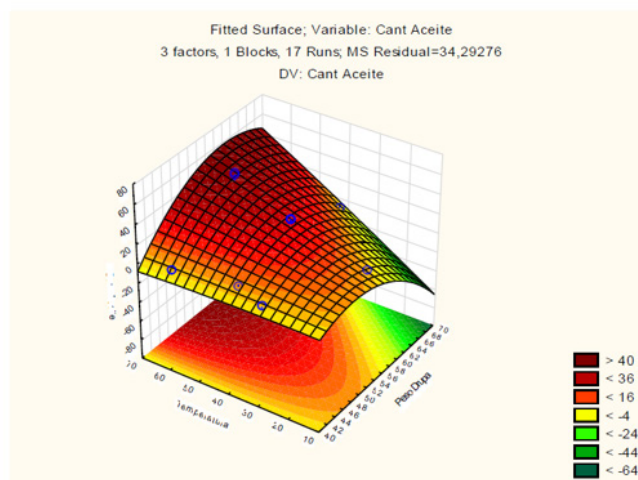
Nota. Acosta (2019).

En la Figura 4, se presenta la interacción entre la temperatura y el peso de la drupa, donde a menor peso, menor contenido de aceite. El factor preponderante es la inmadurez de la drupa. También es preciso denotar que, de acuerdo con el método de extracción, el incremento en la temperatura aumenta el rendimiento de extracción; lo que implica que

si solamente se analiza el factor rendimiento, el método Soxhlet sería la primera opción, seguido de prensado en frío y por último el método de Folch. La Figura 4 delimita las diferentes áreas colorimétricamente; los colores rojos muestran mayores índices de extracción de aceite, hasta llegar al amarillo con índices más bajos.

Figura 4

Colorimetría.



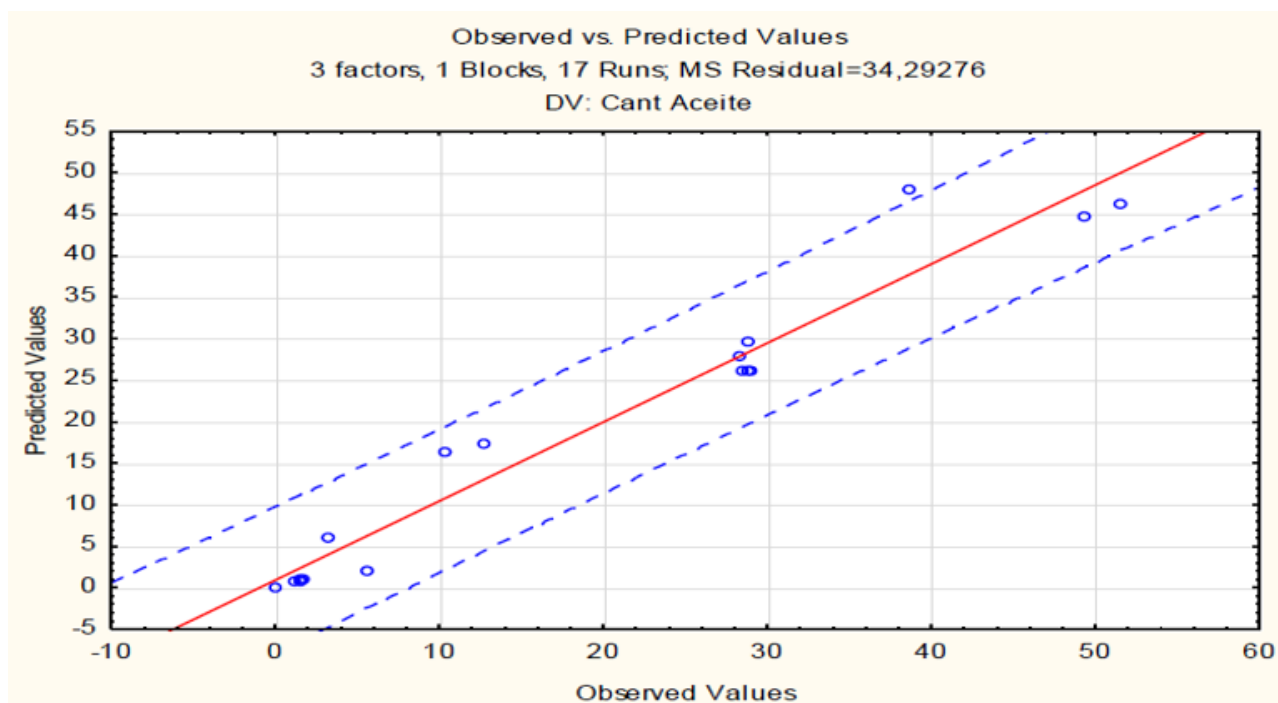
Fuente: Acosta (2019).

Los mejores resultados se obtuvieron con drupas entre 54 y 56 g. Dicho intervalo define las drupas en estado maduro, también marca los pesos extremos donde se observan drupas con pesos entre 40 y 44 g con porcentajes de extracción muy por debajo de las drupas maduras

La Figura 5 proyecta el comportamiento futuro del proceso, denotado por un índice de correlación $R^2= 0,95$ en este sentido, es posible replicar los procesos con una tendencia estándar y con un nivel de error aceptable

Figura 5

Índice de correlación



Nota. Acosta (2019).

Después de realizar todas las corridas necesarias para completar el análisis estadístico descrito anteriormente, que muestra la proporcionalidad entre peso de la drupa y temperatura frente al porcentaje de rendimiento de extracción de aceite, se concluye que los resultados más relevantes se obtuvieron utilizando el método de extracción por Soxhlet con un 51,4 %, mientras que por

el método de Folch se logra un rendimiento máximo de 13,35 % (Tabla 6).

Es importante indicar que en el tratamiento de la muestra para el caso de los frutos donde solamente se retira el mesocarpio, se aplicaron los métodos de extracción Folch y Soxhlet. La pulpa preparada para las extracciones con los métodos Soxhlet y prensado, se deshidrata de manera previa.

Tabla 6

Rendimiento de extracción de aceite de acuerdo con el método

Tipo de muestra	Cantidad	Método	Rendimiento (%)	Tipo de Temperatura °C
Fruto maduro	55,32 - 56,16 g	Folch máximo	13,35	30
Fruto pintón	41,01 ± 0,64 2 g	Folch mínimo	6,44	30
	41,01 ± 0,64 2 g	Soxhlet mínimo	1,5	60
Pulpa (Fruto pintón)	41,01 g	Prensado en frío mínimo	1,2	40
Pulpa	55,32 - 56,16 g	Soxhlet máximo	51,4	60
	55,32 - 56,16 g	Prensado en frío máximo	28,63	40

Nota. Acosta (2019).

Las muestras de laboratorio se desarrollaron verificando el estado de madurez de la fruta (Tabla 7)

Las características del aceite se verificaron de acuerdo con el método de extracción, sin incluir a Folch, por el poco rendimiento que reportó en las corridas; en este procedimiento se determina la densidad, índice de refracción, acidez del aceite, índice de peróxidos e índice de yodo. Todas estas

variables son consideraciones de calidad del aceite extraído (Tabla 8). La densidad del aceite define el contenido de sustancias grasas que se encuentran suspendidas dentro del aceite. El índice de refracción determina la pureza del aceite, el índice de acidez y de yodo de las muestras extraídas especifica el contenido de ácidos grasos presentes en la muestra y el índice de peróxido define el nivel de oxigenación que presenta el aceite.

Tabla 7

Estados de madurez

Item	Estado de madurez	Muestra
T1	Fruto pintón	41,01 ± 0,64 2 g
T2	Pulpa	55,32 - 56,16 g
T3	Pulpa sobre madura	55,32 - 56,16 g

Nota: Elaboración propia

Tabla 8

Características del aceite de *M. flexuosa* y parámetros de calidad

Muestra	Método	Densidad (g/ml)	Índice de refracción	Acidez (meq de koh/g)	Índice de peróxidos (meq de peróxidos/Kg)	Índice de yodo (g de I/100 g de muestra)
Pulpa de moriche tratamiento 1 (t1)	Soxhlet	0,854	1,467	1,759	8,742	71,163
	Prensado en frío	0,859	1,4671	3,78	6,37	78,255
Pulpa de moriche tratamiento 2 (t2)	Soxhlet	0,858	1,4657	3,23	13,034	74,023
	Prensado en frío	0,855	1,467	5,779	9,181	86,656
Pulpa de moriche tratamiento 3 (t3)	Soxhlet	0,855	1,4565	4,421	18,032	94,111
	Prensado en frío	0,852	1,4565	6,155	12,217	90,774
Aceite de moriche	Prensado en frío				6,779	

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de las condiciones de calidad de la extracción de los métodos por Soxhlet y prensado en frío, se verificaron los índices de cumplimiento frente

a la norma y específicamente a la Resolución 2154/2014 del Ministerio de Salud de la República de Colombia.

Tabla 9

Aspectos del mercado del aceite de *Mauritia flexuosa*.

Tipo Extracción	Mercado	Costos	Proceso de Extracción	Legislación
Folch	El aceite por la presencia de varios solventes por normatividad no es posible utilizarlo para productos cosméticos ni alimenticios	\$140.000/30 g de pulpa. Solventes costosos. Equipos Alto costo	El proceso es complejo. Logística (condiciones especiales de almacenamiento). El rendimiento de la extracción de aceite de <i>M. flexuosa</i> es bajo.	la Resolución 2154 de 2012 Determina las condiciones como aceites blanqueados o decolorados. Menor precio en el mercado
Soxhlet	Utilizando el solvente éter de petróleo, puede utilizarse para la industria de cosméticos y alimentos, realizando estudios donde se demuestre que el aceite no termina con trazas de solvente. El aceite que se extrae es denominado crudo natural	\$72.000/10 g de harina. Solvente reutilizable. Equipos Alto costo	El proceso es sencillo. Logística (condiciones especiales de almacenamiento solvente). El rendimiento de la extracción de aceite de <i>M. flexuosa</i> es alto	La resolución 2154 de 2012 determina las condiciones como aceite crudo natural. Precio medio en el mercado
Prensado en frío	El mercado le da más valor a los aceites y grasas vírgenes	\$150.000/1000 g de harina. Sin solventes. Equipos medio costo	Proceso sencillo. Proceso logístico sin solventes. Extracción de aceite es rendimiento medio	La resolución 2154 de 2012 determina las condiciones como aceites y grasas vírgenes. Precio superior en el mercado

Nota. Acosta (2019)

Los resultados muestran que el método de Soxhlet presenta un rendimiento sobresaliente con 51,4% de aceite. A pesar de esto, es importante tener en cuenta otras variables que influyen en la elección del tipo de extracción a utilizar, como son: valor en el mercado, costos, procesos de extracción y legislación.

En cuanto a valor en el mercado, para generar una unidad productiva es necesario tomar el producto con el mayor valor posible (Tabla 9).

La estructuración de la planta de producción (Figura 6) se establece teniendo en cuenta los aspectos presentados en la Tabla 9. El método de prensado en frío se considera como el más recomendado para la extracción de aceite de *M. flexuosa*, pues a pesar de no genera el mayor rendimiento, es el método que menos compromete los bioactivos existentes dentro de la estructura molecular del aceite.

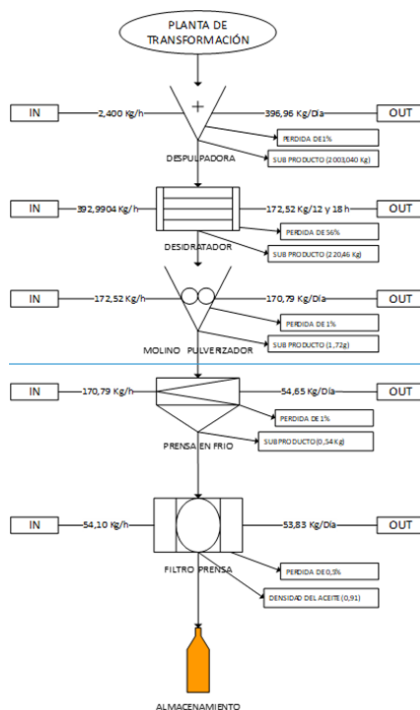
El proceso inicial se describe con capacidades teóricas, se empieza por la unidad de despulpado de la drupa con capacidad de 100

a 300 kg por hora. La máquina es alimentada con el mesocarpio seco, los subproductos derivados del despulpado ascienden al 84 % de la drupa que es el endocarpio y exocarpio. El deshidratador tiene una capacidad de 5 kg de pulpa por bandeja; la unidad de proceso se realiza mediante un modelo de secador solar y puede durar de 12 a 18 horas sol. La molienda de la harina recibida de la unidad de proceso de deshidratado tiene una capacidad teórica de entre 75 a 300 kg por hora con una pérdida del 1 %.

La prensa en frío tarda entre 2 horas y 47 minutos en procesar 170 kg de harina, después del proceso de prensado en frío se procede a filtrar sin alterar las propiedades fisicoquímicas del aceite, en el cual tiene una pérdida del 5 % y una capacidad de 60 a 400 L/h. Al filtrar 54 kg por la densidad del aceite que es de 0,91 da como resultado un aproximado de 50 L de aceite oleaginoso extra-virgen diarios. Por último, ingresa el aceite al filtro prensa con la finalidad de extraer impurezas derivadas del proceso de extracción.

Figura 6

Planta de transformación.



Nota. Acosta, G. et al. (2018)

Según estudios realizados por Araújo, V. F. *et al.* (2007) y Araújo, M. E. *et al.* (2000) al evaluar la variable calidad del aceite tanto para crudo como refinado, basado en cinco condiciones de calidad; se evidencia que en dos de ellas (índice de peróxidos y el índice de yodo) los resultados arrojados para el aceite crudo extraído cumplen con los parámetros de calidad. Para las tres condiciones restantes (densidad, índice de refracción e índice de acidez) la variabilidad con respecto a los referentes teóricos se debe a las condiciones ambientales.

Conclusiones

El departamento del Guaviare posee una oferta natural *M. flexuosa* aprovechable para la generación de unidades productivas como alternativas a las Unidades Agrícolas Familiares, en los cuatros municipios del departamento de manera sustentable.

Para la generación de una unidad productiva estandarizada de extracción de aceite de *M. flexuosa* es importante mejorar la operación unitaria de la recolección de las drupas, con la finalidad de reducir los impactos ambientales generados por dicha actividad extractiva.

El método de extracción prensado en frío con rendimiento máximo del 28,63 %, tiene las mismas condiciones de calidad que el aceite extraído por el método de Soxhlet; pero según la resolución del Ministerio de Salud 2154/2014, la clasificación del aceite bajo el proceso de prensado en frío se cataloga como un aceite crudo, el cual tiene un valor mayor a nivel comercial que el aceite refinado que saldría del proceso de extracción por el método Soxhlet.

Referencias

- Acosta G.; Arias J. P.; Montero Uribe N. y Chinchilla J. M. SIEC (2018) Bioprospección De Aceite De Moriche –(*Mauritia Flexuosa*), Una Alternativa De Biocomercio En San José Del Guaviare.
- Acosta, G. (2019). *Análisis Técnico-Económico De La Extracción Y Bioprospección De Aceite De Buriti – Maurita Flexuosa, en el Departamento del Guaviare.* (Tesis de maestría, Universidad EAN) Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/9769>
- Aquino, J. de S., Pessoa, D. C. N. de P., Araújo, K. de L. G. V., Epaminondas, P. S., Schuler, A. R. P., Souza, A. G. de, y Stamford, T. L. M. (2012). Refining of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) originated from the Brazilian cerrado: physicochemical, thermal-oxidative and nutritional implications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23(2), 212–219. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000200004>
- Araújo, V. F. De, Petry, A. C., Echeverría, R. M., Fernandes, E. C., y Pastore, F. (2007). Plantas da Amazônia para Produção Cosmética: uma abordagem em química - 60 espécies do extrativismo florestal não-madeireiro da Amazônia. Brasília, 244.
- Araújo, M. E., Machado, N. T., França, L. F., y Meireles, M. A. A. (2000). Supercritical extraction of pupunha (*Guilielma speciosa*) oil in a fixed bed using carbon dioxide. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 17(3), 297–306. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322000000300005>
- Barbosa, R. I., & Lima, A. D. (2010). Biometría de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. - arecaceae): Amazônia: Ci. & Desenv, 5, 71–86.
- Cândido, T. L. N., Silva, M. R., y Agostini-Costa, T. S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry*, 177, 313–319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.041>
- Endress, B. A., Horn, C. M., y Gilmore, M. P. (2013). *Mauritia flexuosa* palm swamps: Composition, structure and implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 302, 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.051>
- Google Maps (2021). <https://www.google.com/maps>
- Hernández, M. S., Castro, S. Y., Giraldo, B. y Barrera, J. SINCHI (2018). Seje, Moriche Y Asaí Palmas Amazónicas Con Potencial. Manual Para Procesos De Capacitación Y Transferencia.
- Mandal, S. C., Mandal, V., & Das, A. K. (2015). *Classification of Extraction Methods. Essentials of Botanical Extraction.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802325-9.00006-9>
- Milanez, J. T., Neves, L. C., da Silva, P. M. C., Bastos, V. J., Shahab, M., Colombo, R. C., & Roberto, S. R. (2016). Pre-harvest studies of buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.), a Brazilian native fruit, for the characterization of ideal harvest point and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 202, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.026>
- Milanez, J. T., Neves, L. C., Colombo, R. C., Shahab, M., & Roberto, S. R. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening

- stages. *Scientia Horticulturae*, 227, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.045>
- Resolución 2154 de 2012, artículo n°3 Ministerio de Salud y Protección Social.
- Rull, V., y Montoya, E. (2014). *Mauritia flexuosa* palm swamp communities: natural or human-made? A palynological study of the Gran Sabana region (northern South America) within a neotropical context. *Quaternary Science Reviews*, 99, 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.007>
- Sánchez, F. (2006). II Segundo Congreso Internacional De Plantas Medicinales Y Aromáticas Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.
- Speranza, P., De Oliveira Falcão, A., Alves Macedo, J., Da Silva, L. H. M., Da C. Rodrigues, A. M., Alves Macedo, G., & Macedo, G. A. (2016). Amazonian Buriti oil: chemical characterization and antioxidant potential. *Grasas y Aceites*, 67(2), e135. <https://doi.org/10.3989/gya.0622152>
- Virapongse, A., Endress, B. A., Gilmore, M. P., Horn, C., & Romulo, C. (2017). Ecology, livelihoods, and management of the *Mauritia flexuosa* palm in South America. *Global Ecology and Conservation*, 10, 70–92.