

Determination of the Nutritional Value, Fatty Acid Profile and Antioxidant Capacity of Aguaje Pulp (*Mauritia Flexuosa*)

Jaime Restrepo
Universidad del Valle

Natalia Arias
Universidad del Valle

Cecilia Madriñán
Universidad del Valle

Received: September 2, 2015

Accepted: May 2, 2016

Pag. 71-78

Abstract

In the present study, the moriche or aguaje pulp (*Mauritia flexuosa* L.f.), native palm of the Amazon region — was characterized, evaluating their bioactive compounds and antioxidant capacity. We analyzed the moisture content, ash, fat, crude fiber, proteins and reducing sugars, to establish the nutritional value of the aguaje pulp; the fatty acid content of the oil extract by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); and the radical scavenging capacity of carotenoids extracts, with the 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) method. Proximate analysis showed an average content of moisture, ash, fat, crude fiber, proteins, and reducing sugars of 10.00, 1.87, 41.09, 2.83, 2.30 and 2.70 g / 100 g aguaje pulp weight, respectively. The content of unsaturated fatty acids was 71.90%, where the oleic acid was the most abundant (68.69%), followed by linoleic acid (2.05%), α -linolenic acid (0.87%) and palmitoleic acid (0.29%). The oil extract of aguaje pulp also showed a 25.52% of saturated fatty acids, where the palmitic acid was the most abundant (21.27%), followed by stearic acid (4.19%) and myristic acid (0.06%). Moreover, the antioxidant activity assay showed an IC_{50} of 31.77 ppm, indicating a relatively high antioxidant capacity.

Keywords: Fatty acids, radical scavenging activity, Aguaje, proximate analysis, antioxidant, *Mauritia flexuosa*.

Determinación del valor nutricional, perfil de ácidos grasos y capacidad antioxidante de la pulpa de aguaje (*mauritia flexuosa*)

Resumen

En el presente estudio se caracterizó la pulpa de aguaje o moriche (*Mauritia flexuosa* L.f.), palma originaria de la región amazónica, determinando compuestos bioactivos y evaluando su capacidad antioxidante. Se analizaron el contenido de humedad, las cenizas, grasas, la fibra cruda, las proteínas y los azúcares reductores, para la determinación del valor nutricional de la pulpa de aguaje, el contenido de ácidos grasos del extracto de aceite por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-EM) y también se realizó la extracción de carotenos para determinar la capacidad captadora de radicales con el método del radical sintético 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH). El análisis proximal mostró un contenido promedio de humedad, cenizas, grasas, fibra cruda, proteínas y azúcares reductores de 10.00, 1.87, 41.09, 2.83, 2.30 y 2.70 g/ 100g de peso de pulpa de aguaje, respectivamente. El contenido de ácidos grasos insaturados fue del 71,90%, donde el ácido oleico fue el más abundante (68,69%), seguido del ácido linoleico (2,05%), el ácido α -linolénico (0,87%) y el ácido palmitoleico (0,29%). El extracto de aceite de aguaje también presentó un 25,52% de ácidos grasos saturados, entre los

que destaca el ácido palmítico (21,27%), seguido del ácido esteárico (4,19%) y el ácido mirístico (0,06%). Por otro lado, el ensayo de la actividad antioxidante presentó un IC_{50} de 31.77 ppm, lo cual indica una capacidad antioxidante relativamente alta.

Palabras clave: Ácidos grasos, actividad captadora de radicales, Aguaje, análisis proximal, antioxidante, *Mauritia flexuosa*.

1 Introducción

Las palmas son un componente característico común de la vegetación silvestre que se encuentra en áreas selváticas como el Amazonas [1] y han sido siempre de gran importancia como recurso alimenticio para la subsistencia de poblaciones locales de la región amazónica de Colombia. La palma de moriche (*Mauritia flexuosa* L.f.), una de las especies de *Arecaceae* (*Palmae*) más colectadas por algunas tribus de Colombia (Huitoto, Andoque, Yukuna, Muinane y Miraña), es de potencial interés para la fruticultura colombiana por su alto valor nutricional y gran adaptación a suelos con baja fertilidad [2].

M. flexuosa es una planta dioica, que puede alcanzar alturas de hasta 40 m, con diámetros entre 50 y 60 cm [3]. Los frutos son una drupa elíptica u oblonga de 6 a 7 cm de longitud, de color café-rojizo en su madurez, con un peso que varía entre 15 y 120 g, con promedio de 50 g [4]; presentan un exocarpo con escamas imbricadas y fuertemente soldadas. *M. flexuosa* se conoce con los nombres de moriche en los llanos orientales de Colombia, canangucha, cananguche o canangucho en los departamentos de Caquetá y Putumayo, burití y mirití en Brasil, moriche en Venezuela, aguaje en Perú, morete en Ecuador y palma real en Bolivia [5].

La pulpa del fruto de *M. flexuosa* es considerada junto con el chontaduro (*Bactris gasipaes*) entre las más nutricionales de América Tropical ya que es rica en vitaminas liposolubles, lípidos, proteínas y minerales [6] y posee la más alta concentración de pro-vitamina A (β -carotenos) de los frutos tropicales conocidos, en cantidades de 46 mg/100g [3], lo cual prevé una probabilidad muy alta de poseer capacidad antioxidante.

Los antioxidantes naturales protegen al cuerpo humano de los radicales y retrasan el proceso de muchas enfermedades crónicas, al igual que la rancidez oxidativa de los lípidos en los alimentos. Las propiedades biológicas de estos antioxidantes naturales se han atribuido en gran parte a sus altos niveles de compuestos fenólicos, tales como los ácidos fenólicos y flavonoides. El consumo regular de frutas ha sido asociado con la baja tasa de mortalidad e incidencia del cáncer en humanos, la prevención de enfermedades cardiovasculares y trastornos relacionados con el envejecimiento [7].

Respecto al aceite de aguaje, se ha demostrado una capacidad de absorción de oxígeno radical (CAOR) y capacidad antioxidante lipofílica (CAL) de 1.80 ± 0.01 y 8.30 ± 0.01 $\mu\text{mol/g}$ respectivamente, lo cual indica que el aceite contiene una fuente confiable de componentes antioxidantes que pueden ser bien explorados para fines alimenticios [8].

En virtud de lo anterior, el objetivo de este estudio está orientado a determinar el valor nutricional, el contenido de ácidos grasos y la actividad antioxidante de la pulpa de aguaje nativa de Colombia (*Mauritia flexuosa*) por medio del análisis proximal, cromatografía gaseosa y la técnica DPPH, respectivamente.

2 Materiales y métodos

2.1 Descripción de la muestra

Este trabajo se realizó con pulpa congelada de aguaje, proveniente de la región de Leticia (Amazonas), ubicada al sur de Colombia a 4°13'0"S, 69°55'0"O, con una temperatura promedio de 30 °C, 74% de humedad, y una altitud de 96 m.s.n.m. El producto congelado es de color amarillo y presenta un olor y sabor agradables. Distribuciones Rimargas Ltda. se encargó del despulpado, empacado en bolsas de polietileno en presentación de 1 kg y envió aéreo desde Leticia a la Universidad del Valle en Cali.

2.2 Análisis proximal

El contenido de humedad en la muestra se determinó por el método de secado [9], introduciendo 5 g de muestra en una plancha de calentamiento, pasando de 60°C a 110°C, hasta llegar a un peso constante. Las cenizas se obtuvieron por ignición de 2 g de la muestra seca en una mufla a 550°C hasta alcanzar un peso constante [9]. Los extractos etéreos se determinaron por extracción con Soxhlet, utilizando hexano como disolvente [9]. Para la cuantificación de la fibra cruda, la muestra se trató con ácido sulfúrico diluido en ebullición, seguido de hidróxido de sodio diluido al 1.25%. El residuo se transfirió a un crisol para el secado a 130°C, y la calcinación en mufla a 550°C, determinando finalmente su peso. Las proteínas se determinaron por el método de Kjeldahl, utilizando el equipo digestor Büchi B-426 y la unidad de destilación B-316. El factor de conversión para calcular las proteínas totales es de 6.25 [9]. Para la determinación de azúcares reductores se preparó una solución de la pulpa que se hizo reaccionar con reactivo de Fehling (sulfato de cobre) en solución amortiguadora de tartrato de sodio y potasio [9]. El óxido de cobre resultante facilitó la cuantificación de azúcares reductores por espectrofotometría a 520 nm en el Spectronic Genesys 2, y se utilizó una solución de glucosa como patrón.

2.3 Caracterización de ácidos grasos y lípidos totales

Se realizó la extracción del aceite por el método de Hanson & Olley [10] y se analizaron los ésteres metílicos obtenidos por transesterificación de la grasa usando metanol y trifluoruro de boro por cromatografía de gases [11]. Se identificaron y cuantificaron los ácidos grasos presentes en la pulpa de aguaje con el cromatógrafo de gases, Varian 3400, según las condiciones descritas por Restrepo y colaboradores [12]. Para la determinación de ácidos grasos, los espectros de masas obtenidos de las muestras de aguaje se compararon con los espectros de los estándares de ácidos grasos marca Sigma y su cuantificación se realizó por el método de normalización de áreas. Los resultados fueron comparados con la composición de ácidos grasos de los aceites de frutos de palma de chontaduro [12] y dátil [13], especies de importancia comercial en Colombia.

2.4 Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto

Se realizó la extracción de carotenos a partir de 2 g de pulpa mediante la adición de 20 mL de etanol absoluto y 15 mL de hexano con agitación constante durante 15 minutos en la oscuridad. Se filtró al vacío con papel de filtro cualitativo adicionando 15 mL más de etanol. La solución filtrada fue llevada a un embudo de separación. Se recogió el residuo y se repitió la extracción dos veces. Los filtrados se recolectaron en el mismo

embudo de separación el cual se lavó con dos porciones de 12.5 mL de etanol. Se filtró nuevamente descartando los residuos sólidos; se lavó la solución resultante con 12.5 mL de hexano, dos volúmenes de disolución acuosa de cloruro de sodio al 10% y 50 mL de agua destilada. Se separó la fase orgánica que contiene los carotenos, se llevó a un vaso protegido de la oscuridad y se evaporó el hexano durante la noche a temperatura ambiente. El extracto seco se pesó y se suspendió en alcohol isopropílico (IPA) para la evaluación de la capacidad antioxidante. Para ello, se prepararon disoluciones a 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1 y 0.5 ppm de extracto en IPA. Cada una se hizo reaccionar con DPPH a 320 ppm y se registró la absorbancia a 520 nm antes de la reacción y 60 minutos después. Como controles positivos, se utilizaron ácido ascórbico (vitamina C) y quercetina, con las mismas condiciones descritas para la muestra. Con los resultados obtenidos se determinó la actividad captadora de radicales (ACR) y se calculó la concentración inhibitoria máxima media (IC₅₀) expresada en ppm, utilizando el programa GraphPad Prism v5.0.

2.5 Análisis estadístico

Se obtuvieron resultados por triplicado para todos los análisis y se expresaron como la media $\pm$ desviación estándar (SD). Se comparó la capacidad antioxidante para determinar las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el IC₅₀ de la muestra, el ácido ascórbico y la quercetina realizando un análisis de varianza (ANOVA), y realizando el post-hoc para la comparación de medias por la prueba de Tukey utilizando el software SPSS Statistics 19.0.

3 Resultados y discusión

3.1 Análisis proximal

Los datos de la composición de la pulpa de aguaje presentados en la Tabla 1, muestran un contenido de humedad promedio similar con otros frutos de palma de importancia alimentaria del Amazonas colombiano como *Attalea racemosa* y *Oenocarpus bataua* (10.30 y 9.70 g/100g de producto, respectivamente) [2]. Por otro lado, la cantidad de grasas que presenta la pulpa es considerablemente alta en comparación con otras especies de palma como *Euterpe precatoria*, 28.4 g/100g de producto [2]. Las cenizas no presentan diferencias notables respecto a otras especies de palmas amazónicas [2] y el contenido de proteínas y de fibra cruda es considerablemente bajo respecto a estas, sin embargo, al comparar el contenido de proteínas obtenido, con el de especies comerciales como la oliva (1.50 g/100 g de producto) [14], encontramos que su contenido es considerablemente alto.

Tabla 1. Análisis proximal de la pulpa de aguaje (*Mauritia flexuosa*).

Análisis	Contenido (g/100 g <i>Peso Fresco</i>)
<i>Humedad</i>	10.00 $\pm$ 0.38
<i>Cenizas</i>	1.87 $\pm$ 0.04
<i>Grasas</i>	41.09 $\pm$ 0.00
<i>Fibra cruda</i>	2.83 $\pm$ 0.02
<i>Proteína</i>	2.30 $\pm$ 0.02
<i>Azúcares reductores</i>	2.70 $\pm$ 0.13

Esta variada composición química de la pulpa de aguaje puede proveer a una persona altos niveles de energía por su alto contenido de grasas y buena proporción de proteínas y minerales [2]. Además, estudios han demostrado que la ingesta de una mayor variedad de alimentos vegetales como por ejemplo el aguaje, suministran las sustancias necesarias para mantener la agudeza visual y prevenir las enfermedades oculares degenerativas por la edad [15]. Por otro lado, las variaciones del contenido de humedad y compuestos elaborados pueden deberse a las propiedades del suelo del bosque, donde las diferencias que presenta éste en su fertilidad y constitución afecta la estructura forestal [16], pudiendo variar la disponibilidad de agua o capacidad de obtención de nutrientes para la síntesis de macromoléculas de las plantas.

3.2 Caracterización de ácidos grasos y lípidos totales

La proporción de los principales ácidos grasos obtenidos fue conforme a los resultados obtenidos en estudios previos [2, 17]. En la Tabla 2, se muestra que la pulpa de aguaje presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados (71.90%), representado por: ácido palmitoleico (0.29%), linoleico (2.05%), α -linolénico (0.87%) y, principalmente, ácido oleico con un 68.69%. Respecto a los ácidos grasos saturados (ácido mirístico, palmítico y esteárico), tenemos que presentaron una menor proporción (25.52%), siendo el mayor representante el ácido palmítico con un 21.27%. Estas proporciones ocurren de igual manera para aceites de origen vegetal como el de oliva, el de maíz, soya, girasol [18], chontaduro [12] y dátil [13]. Un ácido graso esencial con interés nutricional, como el ácido linoleico C18:2 (omega 6) tiene baja concentración en comparación con el aceite del dátil, sin embargo, el contenido de ácido α -linolénico C18:3 (omega 3) es superior respecto al chontaduro [12] y el dátil [13].

Tabla 2. Comparación del contenido de ácidos grasos (porcentaje) obtenidos del aceite de la pulpa de Aguaje (*Mauritia flexuosa*).

Ácido Graso	<i>Mauritia flexuosa</i> Muestra	<i>Mauritia flexuosa</i> [17]	<i>Bactris gasipaes</i> [12]	<i>Phoenix dactylifera</i> [13]
Ácido Mirístico C14:0	0.06 $\pm$ 0.01	ND	0.12	5.36
Ácido Palmítico C16:0	21.27 $\pm$ 0.80	19.61	34.90	23.05
Ácido Palmitoleico C16:1	0.29 $\pm$ 0.06	0.15	7.90	ND
Ácido Esteárico C18:0	4.19 $\pm$ 0.04	1.57	1.50	9.42
Ácido Oleico C18:1	68.69 $\pm$ 1.60	75.63	51.90	44.81
Ácido Linoleico C18:2	2.05 $\pm$ 0.08	2.19	2.40	11.66
Ácido α -Linolenico C18:3	0.87 $\pm$ 0.03	0.82	0.20	ND
Saturados	25.52	21.18	36.52	37.83
Insaturados	71.90	78.79	62.40	56.47

El ácido α -linolénico es uno de los ácidos grasos esenciales más importantes requerido para el crecimiento, las funciones fisiológicas y mantenimiento del cuerpo y se considera que juega un papel en la prevención o la terapia de enfermedades cardiovasculares y neurovasculares [19].

3.3 Evaluación de la capacidad antioxidante

Como se muestra en la Tabla 3, en la concentración de 31.77 ppm, el extracto exhibió el 50% de actividad antioxidante (IC_{50}). También, a 256 ppm de extracto, se exhibe una actividad antioxidante superior al 80%, específicamente de 80.46%. El análisis estadístico de los datos muestra diferencias significativas entre la concentración del extracto de Aguaje y los controles positivos (ácido ascórbico y quercetina) que son potentes antioxidantes, sin embargo, al comparar los valores de IC_{50} del extracto seco de la muestra por el método del radical DPPH con otras especies registradas por Qusti y colaboradores [20], como las uvas rojas (extremadamente alta: 7 ppm), los higos (alta: 220 ppm), o los dátiles (moderada: 1230 ppm), encontramos que el aguaje tiene una capacidad antioxidante apreciable a tener en cuenta.

Tabla 3. Actividad captadora de radicales (ACR) y concentración inhibitoria máxima media (IC_{50}) del extracto de la pulpa de aguaje (*Mauritia flexuosa*) y los controles.

Concentración (ppm)	ACR (%) Ácido Ascórbico	ACR (%) Quercetina	ACR (%) Extracto <i>Mauritia flexuosa</i>
0.5	41.57	44.94	0.00
1	24.53	29.48	0.29 ± 0.1
2	39.11	45.13	1.14 ± 0.4
4	51.42	64.69	4.61 ± 0.5
8	89.11	91.03	10.51 ± 0.8
16	93.09	91.98	36.16 ± 2.2
32	93.75	92.18	50.20 ± 1.1
64	93.66	92.27	65.53 ± 3.4
128	93.47	92.94	74.38 ± 3.3
256	93.47	92.94	80.46 ± 3.1
512	93.66	92.94	81.09 ± 2.6
IC_{50} (ppm)	2.78	2.06	31.77

Teniendo en cuenta que la función de los antioxidantes es eliminar los radicales, reduciéndolos a especies no reactivas [21], es de destacar que en el presente trabajo se logró detectar la reducción de los radicales DPPH, por parte de componentes presentes en los extractos de la pulpa de aguaje, indicando la presencia de captadores de radicales y una alta capacidad antioxidante.

4 Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que la pulpa de aguaje presenta un valioso contenido de grasas, proteínas y cenizas y una riqueza de aceites saludables. Por otro lado, su actividad antioxidante considerablemente alta revela la propiedad de *Mauritia flexuosa* de contribuir en la captación de radicales perjudiciales para la salud, lo que demuestra el valor nutricional del fruto como alimento funcional con capacidad antioxidante.

Agradecimientos

Al Departamento de Química y a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle, por el apoyo logístico y económico para la ejecución del proyecto.

Referencias bibliográficas

- [1] Montufar, R. & Pintaud, J. C. (2006). Variation in species composition, abundance and microhabitat preferences among Western Amazonian *Terra firme* palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151 (1): 127-140.
- [2] Escriche, I., Restrepo, J., Serra, J. A. & Herrera, L. F. (1999). Composition and nutritive value of Amazonian palm fruits. *Food and Nutrition Bulletin* 20 (3): 361-365.
- [3] Storti, E. (1993). Biología floral de *Mauritia flexuosa* L. f. na regio de Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazónica* 23 (4): 371-381.
- [4] Restrepo, J. & Durán, E. (1988). Evaluación físico-química y nutricional de las diferentes especies de palmas amazónicas en la región de Araracuara. Proyecto de investigación. Universidad del Valle – Colombia.
- [5] Trujillo-González, J. M., Torres, M. A., Santana-Castañeda, E. (2011). La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* L.f) un ecosistema estratégico. *Orinoquia* 15 (1): 62-70.
- [6] Vásquez, J., Delgado, C., Couturier, G., Mejia, K., Freitas, L. & Del Castillo D. (2008). Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. *Fruits* 63 (4): 227-238.
- [7] Koolen H., Da Silva, F., Gozzo, F., De Souza, A. Q. L. & De Souza, A. D. L. (2013). Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC–ESI-MS/MS. *Food Research International* 51 (2): 467-473.
- [8] Bataglion, G., da Silva, F., Santos, J., Barcia, M., Godoy, H., Eberlin, M. & Koolen, H. (2015). Integrative approach using GC-MS and easy ambient aonic-spray ionization mass spectrometry (EASI-MS) for comprehensive lipid characterization of buriti (*Mauritia flexuosa*) oil. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 26 (1): 171-177.
- [9] AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). (1997). *Official Methods of Analysis*. 16th edition. Washington.
- [10] Hanson, S. W. F. & Olley, J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenate. *Biochemistry Journal* 89: 101-102.
- [11] Thompson, A. (1980). Comparison of different methods for preparation of fatty acid methyl esters from fish lipids. Torry document 1457. Aberdeen, Scotland: Torry Research Station.

- [12] Restrepo, J., Vinasco, L. E. & Estupiñán, J. A. (2012). Estudio comparativo del contenido de ácidos grasos en 4 variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la región del Pacífico colombiano. *Revista de Ciencias* (16): 123-129.
- [13] Ogungbenle, H. N. (2011). Chemical and Fatty Acid Compositions of Date Palm Fruit (*Phoenix dactylifera* L) Flour. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 46 (2): 255-258.
- [14] Primo, E. (1987). Oleaginosas. In: Química Agrícola III. *Alimentos*. Madrid: Editorial Alhambra. 160-239.
- [15] London, D. & Beezhold, B. (2015). A phytochemical-rich diet may explain the absence of age-related decline in visual acuity of Amazonian hunter-gatherers in Ecuador. *Nutrition Research* 35 (2): 107-117.
- [16] Quesada, C. A., Phillips, O. L., Schwarz, M., Czimeczik, C. I., Baker, T. R., Patiño, S., ... & Lloyd, J. (2012). Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. *Biogeosciences* (9): 2203–2246.
- [17] Vásquez-Ocmín, P., Freitas, L., Sotero, V., Paván, R. & Mancini-Filho, J. (2010). Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L.f, from the Peruvian Amazon. *Grasas y aceites* 61 (4): 390-397.
- [18] Ackman, R. G. (1987). WCOT (Capillary) gas liquid chromatography. In: Hamilton RJ, Rossell JB, eds. *Analysis of oils and fats*. London: *Elsevier Applied Science Publishers*. 137-206.
- [19] Nguemeni, C., Goux, E., Bourourou, M., Heurteaux, C. & Blondeau, N. (2013). Alpha-linolenic acid: A promising nutraceutical for the prevention of stroke. *PharmaNutrition* (1): 1–8.
- [20] Qusti, S. Y., Abo-khatwa, A. N. & Bin, M. A. (2010). Screening of antioxidant activity and phenolic content of selected food items cited in the holly Quran. *European Journal of Biological Sciences* 2 (1): 40-51.
- [21] Faten, M. A. (2009). Antioxidant and anticancer activities of doum fruit extract (*Hyphaene thebaica*). *African Journal of Pure and Applied Chemistry* 3 (10): 197-201.

Dirección de los autores

Jaime Restrepo

Departamento de Química, Universidad del Valle, Cali - Colombia

jaime.restrepo@correounivalle.edu.co

Natalia Arias

Departamento de Química, Universidad del Valle, Cali - Colombia

natalia.arias@correounivalle.edu.co

Cecilia Madriñán

Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali - Colombia

cecilia.madrinan@correounivalle.edu.co