

Título:**CARACTERIZACION QUÍMICA Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LOS ACEITES DE TRES MORFOTIPOS DE *Mauritia flexuosa* L.f., DE LA AMAZONÍA PERUANA.****Autores:****Pedro G. Vásquez-Ocmín^{a*}; Luis Freitas Alvarado^a; Victor E. Sotero Solís^a; Rosángela Paván Torres^b; Jorge Mancini-Filho^b.****Resumen:**

Se estudiaron tres morfotipos de aguaje *Mauritia flexuosa* L. f., clasificados por el color del mesocarpio: “color”, “shambo” y “amarillo”, colectados de localidades cercanas a la ciudad de Iquitos- Perú. Del mismo modo a partir del mesocarpio se realizaron los análisis fisicoquímicos, la caracterización de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa, la determinación de β -caroteno y α – tocoferol por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) fase reversa y normal y la determinación del tiempo de inducción a la oxidación en el equipo de Rancimat. A partir de la semilla se realizaron los análisis centesimales, de minerales y ácidos grasos. Los mesocarpios de aguaje son ricos en ácido oleico (amarillo: 75.63% \pm 0.31), β - caroteno (amarillo: 342.42ug/g \pm 0.71) y α - tocoferol (color: 685.81mg/L \pm 1.04), y además el morfotipo “color” tiene un tiempo de inducción superior a los otros morfotipos con 6.91 \pm 0.01, asimismo en la semilla de aguaje se encuentran cantidades considerables de $\omega 6$ (ácido linoleico) en “shambo” con 36.04 \pm 0.09%. Los Resultados obtenidos nos indican que estos aceites independientemente de la clasificación que se le asigne contienen importantes compuestos químicos que le brindan un alto valor nutricional.

Palabras claves: ácidos grasos, aguaje, estabilidad oxidativa, *Mauritia flexuosa* L.f., morfotipos.

^a Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas; Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú. vasco2224@gmail.com*

^b Laboratorio de Lípidos, Departamento de Alimentos y Nutrición Experimental, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Universidad de São Paulo, São Paulo – Brasil.

CHEMICAL CHARACTERIZATION AND OXIDATIVE STABILITY OF THE OILS FROM THREE MORPHOTYPES OF *Mauritia flexuosa* L.f, IN THE PERUVIAN AMAZON.

Abstract:

Three morphotypes of aguaje *Mauritia flexuosa* were tested, classified by the color of their mesocarpium: “color”, “shambo” and “amarillo”, collected from localities near the city of Iquitos-Peru. Also, physical-chemical analyses of the mesocarpium were done, the characterization of fatty acids by gas chromatography, determination of β - carotene y α – tocopherol by high efficiency liquid chromatography system in normal and reverse phase and the determination of oxidation induction time in the Rancimat equipment. Centesimal, mineral and fatty acid analyses were done on the seed. The aguaje mesocarpium is rich in oleic oil (“amarillo”: 75.63% \pm 0.31), β - carotene (“amarillo”: 342.42ug/g \pm 0.71) and α - tocopherol (“color”: 685.81mg/L \pm 1.04), plus the morphotype “color” has a superior oxidation induction time than the other morphotypes with 6.91 \pm 0.01, also the aguaje seed contains significant amounts of ω 6 (linoleic oil) in “shambo” with 36.04 \pm 0.09%. The results indicate us that these oils, regardless the clasification given to them, contain important chemical compounds that give them a special nutritive value.

Key words: fatty acids, aguaje, oxidative stability, *Mauritia flexuosa* L.f., morphotypes.

I. INTRODUCCIÓN.

Mauritia flexuosa L.f. (aguaje), es una palmera que pertenece a la División Magnoliophyta, la Clase Liliopsida, Sub-clase Arecidae, al Orden Arecales, de la Familia Arecaceae (Cronquist, A.; 1978). Crece en suelos mal drenados, lo que sugiere que tiene una resistencia grande al estrés causado por inundación, lo que explica su desarrollo y crecimiento principalmente en estos suelos. (Ribeiro C.M.E., *et al.*, 1998)

La distribución del aguaje es restringida principalmente para América del sur, incluyendo las zonas este de los andes de Colombia, Venezuela, Trinidad, Las Guyanas, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. (Henderson, A., 1995). En el territorio peruano existen aproximadamente seis millones de hectáreas de aguajales (Del Castillo, D., *et al.*, 2006), que están distribuidas en los departamentos de San Martín, Huánuco, Madre de Dios, Cuzco, Loreto, Ucayali, Pasco (Kahn, F. & Moussa, F., 1994), y Amazonas. (Delgado, C., *et al.*, 2007)

El aguaje presenta una gran variabilidad dentro de su especie, anteriormente se consideraba que existía dos especies del género *Mauritia* (*M. Flexuosa* y *M. Vinifera Mart*), la primera que predominaba en los suelos inundados de las áreas bajas, mientras que, la segunda, se encontraba a lo largo de la ribera de los ríos y en las partes altas mal drenadas, actualmente, se considera que ambas son ecotipos de la misma especie (Villachica, H. 1996). No obstante la variabilidad persistente, está expresada principalmente desde el punto de vista morfológico, un ejemplo de esto es que desde hace años ya se venía clasificando al aguaje en algunas tribus como los Uitotos en Colombia, donde se diferenciaban 21 “tipos” (Urrego, L.E., 1987). Existen otros reportes basadas principalmente en la variabilidad expresada por la coloración del mesocarpio de los frutos, según Villachica, H. (1996), existen tres “ecotipos” de aguaje: los de mesocarpio rojizo denominados “shambo”, los que tienen el mesocarpio totalmente amarillo denominado “ponguete” y otro denominado “carnoso”. Por su parte Rojas, R. (2000), añade que en el Departamento de Loreto-Perú, se observa árboles fenotípicamente diferentes, tanto a nivel de frutos como de planta, reconociéndose tres “tipos” de aguaje por el color de los mesocarpios:

“amarillo” cuando todo el mesocarpio es de color amarillo, “color” cuando la parte externa es de color rojo y la parte interna de color amarillo y “shambo” cuando todo es de color rojo.

El aguaje independientemente de la variabilidad morfológica que presenta en sus frutos, se constituye en una fuente importante de compuestos químicos, como micro y macro nutrientes (Sodio, Potasio, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Cobre y Zinc) e importantes compuestos fenólicos (Vásquez-Ocmín *et al.*, 2009), además en sus aceites se encontrarían sus principales virtudes, debido a sus elevados índices de β - caroteno y presencia de ácidos grasos importantes (Alburqueque, M.L.S. *et al.*, 2003; Alburqueque, M.L.S. *et al.*, 2005; Dias Ribeiro, B., 2008; Rodríguez-Amaya, D.B.; 2001).

En tal sentido el presente trabajo pretende analizar químicamente los aceites de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f. de la Amazonía Peruana.

II. PARTE EXPERIMENTAL

II.1. Material vegetal.

Se trabajaron con tres morfotipos clasificados por la coloración del mesocarpio: “amarillo” que presenta el mesocarpio de color amarillo, “shambo” que presenta el mesocarpio de color rojizo y “color” que presenta el mesocarpio por fuera de color rojizo y por dentro de color amarillo, estos frutos fueron colectados al azar en Aucayo (Coord. W: 0705593 y Coord. S: 09573034), Libertad (Coord. W: 0705846 y Coord. S: 09573256) y Centro Unión (Coord. W: 0708456 y Coord. S: 09575376), caseríos ubicados en el Distrito de Fernando Lórez, provincia de Maynas, en el Departamento de Loreto – Perú. Los frutos colectados se colocaron en recipientes de plástico por separado y fueron lavados y desinfectados con chorro continuo de agua, luego se agregó a cada recipiente agua a 60°C por 1 hora, con la finalidad de forzar la maduración de los frutos, posteriormente se separó con las manos el exocarpio (la cáscara), del mesocarpio (pulpa) y semilla, los mesocarpios y las semillas obtenidos fueron codificados. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

II.2. Determinaciones analíticas.

De las semillas obtenidas se realizaron los análisis centesimales según metodología planteada por el Instituto Adolfo Lutz (1985) y utilizando un aparato de soxhlet se extrajeron los aceites de los mesocarpios y semillas. A partir de las cenizas obtenidas de las semillas, se realizaron digestiones sucesivas con ácido clorhídrico 0.3N para la determinación de minerales utilizando el equipo de espectrofotometría de absorción atómica, con un sistema de aire: acetileno (Osborne & Voogt, 1978; AOAC, 2005).

Para los aceites extraídos del mesocarpio se realizaron los análisis fisicoquímicos según metodología de AOAC, 2005. Para la caracterización de los ácidos grasos de los aceites de los mesocarpios y semillas, fueron derivatizados y esterificados según metodología de Hartman y Lago (1973), la identificación por cromatografía gaseosa se realizó utilizando un equipo VARIAN 450-GC, columna de sílica fundida supelcowax de 60 m y 0.25 mm. de d.i. conteniendo 0.25 μm de polietilenglicol, detector de ionización de llama (FID), helio como gas de arrastre a un flujo de 1.5 ml/min, programación de temperatura de la columna con calentamiento a 1°C/min. de 170°C hasta 225°C, temperatura del detector de 260°C, razón de división split de la muestra en el inyector de 1/20. (AOAC, 2005)

La determinación de β - caroteno fue realizada disolviendo 1g de aceite en 10 ml de n-butanol para la saponificación de la muestra bajo corriente de nitrógeno en baño de agua caliente a 80°C y con agitación constante, posteriormente se agregó Agua y Hexano en proporción (2:4), agitándose la muestra en vórtex, al finalizar el proceso se formaron tres fases notorias, aislándose la fase superior de las otras colocándolas en tubos eppendorf para secarlos con corriente de nitrógeno, posteriormente se resuspendió la muestra con 1ml de metanol HPLC (Katsanidis & Addis,1999). La muestra fue filtrada en filtros Puradisc 0.4 μm y se realizó la identificación por HPLC fase reversa (Doughty *et al.*, 1996), utilizando una columna LiChroCART® 250-4 LiChrospher® RP-18, como fase móvil metanol grado HPLC al 100%,

con flujo de 2.0 ml/min, detector de arreglo de diodos (DAD) a una longitud de onda de 250 nm, con un volumen de inyección de 20 µl.

Para la identificación de α - tocoferol se utilizó la fase intermedia formada en el párrafo anterior, y se identificó por HPLC fase normal (Doughty *et al*, 1996), utilizándose para esto una columna LiChroCART® 250-4 LiChrospher® NH₂, como fase móvil Hexano/Acetato de Etilo (70:30), con un flujo de 1.0 ml/min, detector de arreglo de diodos (DAD) a una longitud de onda de 290 nm, con un volumen de inyección de 20 µl.

La identificación de los dos compuestos fue realizada por comparación de los tiempos de retención con relación a los estándares de alta pureza y la cuantificación por normalización de área, obteniéndose cromatogramas representativos para cada análisis.

La determinación de los tiempos de inducción a oxidación forzada, se realizó siguiendo la metodología del manual Metrohm (Rancimat 743), adaptado por el Laboratorio de Lípidos de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de São Paulo, para lo cual se formaron dos grupos de análisis, para el primer grupo sin antioxidante se agregaron a los tubos de reacción por separado 3g de aceite por morfotipo y 3g de aceite de soja (control), para el segundo grupo con antioxidante (Terhidroxibutilquinona – TBHQ, 2mg/ml), se agregaron en tubos de reacción 3g de aceite por morfotipo, y 3g de aceite de soja, más el antioxidante. El equipo fue parado cuando se observaron que las curvas representativas del equipo eran constantes y la coloración normal de los aceites cambiaba. A partir de los tiempos obtenidos en el equipo se realiza la determinación de la actividad antioxidante mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad Antioxidante} = A / B$$

Donde:

A = Tiempo de inducción de los aceites en estudio.

B = Tiempo de inducción del aceite de soja.

A partir de la determinación de la actividad antioxidante se realiza la determinación del porcentaje de inhibición a la oxidación forzada mediante la siguiente fórmula:

% Inhibición a la oxidación = (Act. Antiox. x 100) - 100

II.3. Análisis de datos.

Se realizaron los análisis por triplicado para todas las muestras y ensayos. Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza simple (ANOVA), utilizándose el programa estadístico JMP IN versión, 4.0.4 (Sall, J. *et al*, 2001). Cuando se observó significancia en esta prueba, se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey, además las letras mostradas en las tablas difieren si existen diferencias significativas $p > 0.05$.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los bajos contenidos de aceites presentes en las semillas de los morfotipos ($9.20 \pm 0.43\%$ en el morfotipo “shambo”), cuando son comparados con los mesocarpios de los mismos, reportados por Vásquez-Ocmín, P.G. *et. al.* (2009) y que son de $25,20 \pm 0,10 \%$ (morfotipo “shambo”). Estos valores son inferiores a lo reportado para sachá inchi *Plukenetia volubilis* por Bondoli, P. & Della, B.L. en el 2006 con 34.42%. Los promedios de aceites encontrados, son normales en cualquier semilla, debido a que la mayoría (en especial las de pequeño tamaño) los utilizan como materia de reserva principal, en el proceso de respiración celular, con el objetivo de liberar energía suficiente para hacer posible que la plántula se establezca y se fije al suelo. (Salisbury, F.B. and Ross, C.W., 1992). Otros valores importantes encontrados, son las proteínas totales, destacándose los contenidos del morfotipo “amarillo” con $12.37 \pm 0.01\%$, dos veces superior a lo reportado para mesocarpio del morfotipo “shambo” con $6,10 \pm 0,10\%$ (Vásquez-Ocmín, P.G. *et. al.*, 2009), e inferior a lo reportado para sachá inchi con $34,21 \pm 0,25\%$ (Bondoli, P. and Della, B.L.; 2006).

Como se muestra en la Tabla 2, las semillas de aguaje contienen importantes elementos minerales, destacándose los altos contenidos de Potasio ($1042.92 \pm 33.60\text{mg}/100\text{g}$) en el morfotipo “shambo” casi dos veces superior a los reportado para mesocarpio del morfotipo “shambo” con $660.81 \pm 3.45\text{mg}/100\text{g}$ (Vásquez-Ocmín, P.G.; 2009) y superior al grano de maíz *Zea mays* ($170.11\text{mg}/100\text{g}$), al fruto de la nuez *Juglans regia* L. ($337.92\text{mg}/100\text{g}$) y la semilla

del maní *Arachis hypogaea* L. (603.59mg/100g), reportado por Musa, O.M. en el 2006. Otro elemento importante dentro de la estructura mineral de las semillas, es el Sodio, presente en mayor concentración en el morfotipo “amarillo” con 231.48 ± 39.14 mg/100g, diez veces superior a lo reportado para mesocarpio del morfotipo “shambo” con 20.76 ± 0.19 mg/100g (Vásquez-Ocmín, P.G. *et al*; 2009) y superior a lo reportado para maíz (53.58mg/100g), nuez (65.04mg/100g) y maní (78.74mg/100g) por Musa, O.M. en el 2006. Además según lo reportado por Vásquez-Ocmín, P.G. *et al*; 2009, se observan contenidos superiores para los análisis de Calcio y Magnesio en mesocarpio de aguaje (132.49 ± 1.31 mg/100g y 98.61 ± 0.06 mg/100g para “shambo”) en comparación con los obtenidos en las semillas (44.30 ± 0.58 mg/100g de Calcio-“amarillo” y 67.65 ± 5.99 mg/100g de Magnesio para “shambo”).

Según lo que se muestra en la Tabla 3, los aceites extraídos del mesocarpio muestran tener una calidad óptima para el consumo según lo que se muestra en los análisis fisicoquímicos, resaltando los contenidos del índice de peróxido y punto de fusión para los tres morfotipos sin mostrar diferencias significativas, concordando con los resultados obtenidos por Trevejo, E., 2003, otro parámetro importante es el índice de acidez donde el morfotipo “shambo” muestra ser el diferente entre los tres.

Observando la Tabla 2, donde se puede observar que en los aceites de los mesocarpios, la composición de ácidos grasos no varía, sin embargo si existen diferencias en la concentración individual de ellos, destacándose principalmente las altas concentraciones de ácido oleico, siendo el que mostró mayores diferencias el morfotipo “amarillo” con $75,63 \pm 0,31\%$, manifestando semejanza con lo reportado por Trevejo, E., 2003 (76,5%); Alburquerque, M.L.S., 2003 (73,3–78,73%); Ferreira, DF.L., 1999 (78,73%); Manhães, L.R.T., 2007 ($73,32 \pm 0,10\%$) y Ucciani, E., 1995 (70,7-76,5%), y superando lo reportado para otras especies como ungrahui *Oenocarpus bataua* (Momtúfar, R., 2009) con $72,69 \pm 5,39\%$ y el aceite de oliva *Olea europaea* (Ucciani, E., 1995) con 63,3%.

Además la composición de ácidos grasos de la semilla es diferente al de los mesocarpios, destacándose en semilla los altos contenidos de $\omega 6$ (ácido linoleico) ácido graso importante como nutriente funcional que junto a otros compuestos antioxidantes son capaces de disminuir los disturbios ocasionados por el estrés oxidativo (Calder, P.C.; 2003) y que se encuentra principalmente en el morfotipo “shambo” con $36.04 \pm 0.09\%$, superando en concentración al *Plukenetia volúbilis* sacha inchi con 33.67% (Bondoli, P. & Della, B.L.; 2006), a la palma aceitera *Elaeis guineensis* con $10.60 \pm 0.46\%$ (García, D.S.D., *et al.*, 2008) y al aceite de oliva *Olea europaea* con $7-9.8\%$ (Gunstone, F.D. and Padley, F.B.; 1997), pero inferior a lo reportado por Trevejo, E. en el 2003 para la semilla del aguaje “shambo” con 44.00% . El morfotipo “color” presenta bajos contenidos de $\omega 6$ en comparación con los otros dos morfotipos, sin embargo éste es el que presenta mayores concentraciones de ácido oleico con $52.96 \pm 0.26\%$, superando a lo reportado por Trevejo, E. (2003) para aguaje “shambo” con $22,2\%$.

De acuerdo a la Tabla 5, se observa la alta concentración de β - caroteno en el morfotipo “amarillo” con $324,42\mu\text{g/g}$, similar a lo mencionado por De Rosso, V.V. & Mercante, A.Z. (2007), con $514\mu\text{g/g}$ de carotenos totales, de los cuales se identificó que $372.32 \mu\text{g/g}$ correspondían a β - caroteno; así mismo Rodríguez-Amaya, D.B. (2001) reporta $360\mu\text{g/g}$, contenido similar a lo reportado para aceite de palma roja o palma aceitera *Elaeis guineensis* con $363 \mu\text{g/g}$ (Trujillo-Quijano, J. A., *et al.*, 1990). De la misma manera se puede observar alta concentración de α - tocoferol en el morfotipo “color” quien contiene mayores concentraciones con 683.35mg/L , siendo estas concentraciones superiores a la del aceite de maíz *Zea mays* (600mg/L) y el aceite de oliva *Olea europaea* (354mg/L), reportadas por Sayazo, A. *et al.* (2007).

En la Tabla 6 se observa los tiempos de inducción de los aceites de aguaje, donde el morfotipo “color” resalta con 6.91 horas, siendo este tiempo inclusive superior a los obtenidos para los aceites de colza *Brassica napus* y aceite de oliva *Olea europea*, reportados en el Boletín de aplicación Methrom (2008). Además en la Tabla 7, se muestra el porcentaje de inhibición a la oxidación forzada, donde el morfotipo “color” cuenta con mayor porcentaje con 87.96% , lo

que podría deberse a las cantidades altas de α - tocoferol presentes en el aceite, además se observa que los aceites de los morfotipos con la mezcla de un antioxidante adecuado, aumentan tres veces el tiempo de inducción (Figura 1).

IV. CONCLUSIÓN

Las principal virtud del mesocarpio de aguaje *Mauritia flexuosa* L.f. independientemente del morfotipo, se encuentra expresada en sus contenidos de β - caroteno, α - tocoferol, ácido oleico y su resistencia a la oxidación, que lo confirman como un aceite de calidad superior al aceite de oliva *Olea europaea* y de palma aceitera *Elaeis guineensis*, que fácilmente puede ser aprovechado por los empresarios de productos nutracéuticos.

Además una alternativa importante para el aprovechamiento de las toneladas de semilla de aguaje que se arrojan en las calles de la ciudad de Iquitos y otras donde se consumen, es la extracción y utilización de sus aceites que contiene una importante concentración de $\omega 6$ (ácido linoleico), primordial para disminuir los disturbios ocasionados por el estrés oxidativo.

V. AGRADECIMIENTOS

Al Sub Proyecto: Mejoramiento genético, caracterización molecular, y tecnologías de alto valor agregado del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en la Amazonía peruana”, financiado por Innovación y Competitividad para el Agro Peruano (INCAGRO) y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), por intermedio del convenio IIAP – INCAGRO. A los miembros del Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas – IIAP, por el apoyo brindado en los análisis.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Adolfo Lutz. (1985). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para analise de alimentos. 2 ed. São Paulo. Vol. 1. 583 p.
2. Albuquerque, M.L.S.; Guedes, I.; Alcantara, Jr.; Moreira, S.G.C. (2003). Infrared absorption spectra of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Vibrational Spectroscopy*, 33: pp. 127–131.

3. Albuquerque, M.L.S.; Guedes, I.; Alcantara, Jr.; Moreira, S.G.C.; Barbosa Neto, N.M.; Correa, D.S. and Zilio, C. (2005). Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16 (6): pp. 1113-1117.
4. Application Bulletin. (2008). Analysis of edible oils and fats. Methrom. No. 141/3 e.
5. Bondioli, P.; Della B. L. (2006). Alpha linolenic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (Sacha Inchi) oil from Peru. *La Rivista Italiana delle sostanze grasse*. 78, pag. 120-123.
6. Calder, P.C. (2003). Long-chain n-3 fatty acids and inflammation: potential application in surgical and trauma patients. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 36 (4): pp. 433-446.
7. Cronquist, A. (1978). The evolution and classification of flowering plants. The New York Botanical Garden, 2da Edic. New York, USA.
8. Del Castillo, D.; Otárola, E.; Freitas, L. (2006). Aguaje, la maravillosa palmera de la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Ediciones Wust. 51 p.
9. Delgado, C.; Couturier, G.; Mejía, K. (2007). *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. *Fruits*. 62, pp: 157-159.
10. De Rosso, V.V. and Mercadante, A.Z. (2007). Identification and Quantification of Carotenoids, By HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*., 55 (13): pp. 5062 -5072.
11. Dias Ribeiro, B. (2008). Aplicação de Tecnologia Enzimática na Obtenção de β -Caroteno a partir de Óleo de Buriti (*Mauritia vinifera*). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
12. Doughty, E.; Herwehe, K. and Yearick, V. (1996). Soluble Vitamin Analyses by HPLC. *The Supelco Reporter*, 15 (5): pp. 4-5. USA.

13. Ferreira, D.F.L.; Reber, G.; Meireles, A.M.A.; Machado, N.T.; Brunner, G. (1999). Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. *Journal of Supercritical Fluids*. 14: pp. 247–256.
14. García, D.S.D.; Sandoval D.Á.J.; Saldaña, R.R.; Cárdenas, D.R.G.; Soplín, R.J.A.; Sotero, S.V.; Pavan, T.R.; Mancini, F.J. (2008). Fraccionamiento e interesterificación del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) cultivado en la amazonia peruana. *Grasas y Aceites*, 59(2): pp. 104-109.
15. Gunstone, F.D.; Padley, F.B. (1997). *Lipid Technologies and Applications*, Marcel Dekker, Inc., Nova York.
16. Hartman, L. & Lago, R.C.A. (1973). Rapid Preparation Of Fatty Acid Methyl Esters From Lipids. *Lab. Pract.* 22. 475-477.
17. Henderson, A. (1995). *The Palmae of the Amazon*. Oxford University Press, New York. 326p.
18. Kahn, F.; Moussa, F. (1994). *Las palmeras del Perú*. Inst. Fr. Estad. Andin. IFEA. Lima, Perú.
19. Katsanidis, E. and Addis, P. (1999). Novel HPLC analysis of tocopherols, tocotrienols, and cholesterol in tissue. *Free Radical Biology & Medicine*; 27: pp.1137–1140.
20. Manhães, L.R.T. (2007). Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.): um potente alimento funcional. Seropédica: UFRRJ, 2007. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
21. Manual Metrohm del aparato de Rancimat 743, adaptado el Laboratorio de lípidos del Departamento de Alimentos y Nutrición experimental de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de São Paulo.

22. Montúfar, R.; Laffargue, A.; Pintaud, J-C.; Hamon, S.; Avallone, S. ; Dussert, S. (2009). *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a Source of High Oleic Vegetable Oil from Amazonia. *Journal American Oil Chemistry Society*.
23. Musa Özcan, M. (2006). Determination of the mineral compositions of some selected oil-bearing seeds and kernels using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). *Grasas y Aceites*, 57 (2): pp. 211-218.
24. Official Methods of Analysis of AOAC international. (2005). 18 Edition. USA.
25. Osborne, D.R.; Voogt, P. (1978). *Análisis de los nutrientes de los alimentos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).
26. Ribeiro C.M.E.; de Moraes, J.A.P.V.; Gimenez C.A. (1998). Crescimento, condutância estomática, Fotossíntese e Porosidade do buriti sob inundação. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10(1): pp. 51-58.
27. Rodríguez-Amaya, D.B. (2001). *A guide to Carotenoid Analysis in Foods*. ILSI Press, Washinton, 2001. pp. 11-13.
28. Rojas, R. (2000). *En: Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza – ProNaturaleza*. (2006). Estudio de las cadenas productivas de aguaje y tagua, Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú.
29. Sall, J.; Lehman, A.; Creighton, L. (2001). *JMP Start Statistics – A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP in software*. 2nd ed. USA. Pp. 491.
30. Salisbury, F.B.; Ross, C.W. (1992). *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 339-345. USA
31. Sayago, A.; Marín, M.I.; Aparicio, R.; Morales, M.T. (2007). Vitamina E y aceites vegetales. *Grasas y aceites*, 58 (1): pp. 74-86.
32. Trevejo, E. (2003). *Avances de la investigación en frutos oleaginosos de la Amazonia Peruana*. CONCYTEC-UNAP, pp. 59-83.

33. Trujillo-Quijano, J. A.; Rodríguez-Amaya, D.B.; Esteves, W.; Plonis, G.F. (1990). Carotenoid composition and vitamin A values of oils from four Brazilian palm fruits. *Fat Sci. Technol.* 92: pp. 222-226.
34. Ucciani, E. (1995). Nouveau Dictionnaire des huiles végétales. Composition en acides gras, Lavoisier.
35. Urrego, L.E. (1987). Estudio preliminar de la canangucha (*Mauritia flexuosa*). *Colombia Amazónica*, 2 (2).
36. Vásquez-Ocmín, P.G.; Sotero S.V.E.; Del Castillo, T.D.; Freitas, A.L.; Maco, L.M.M. (2008). Diferenciación química de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f. de la Amazonía Peruana. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75 (3): pp. 320 – 328.
37. Villachica, H. (1996). Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía. Secretaría Pro-Tempore, Tratado de Cooperación Amazónica, pp.367.

Tabla 1. Análisis centesimales de las semillas de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f..

Análisis (%)	Amarillo	Color	Shambo
	Promedio ± DS	Promedio ± DS	Promedio ± DS
Humedad	50.55 ^a ± 2.08	48.07 ^a ± 0.94	55.39 ^b ± 1.35
Cenizas	1.20 ^a ± 0.06	1.31 ^b ± 0.05	1.32 ^b ± 0.01
Aceites	7.37 ^a ± 1.03	7.01 ^a ± 1.45	9.20 ^a ± 0.43
Proteínas	12.37 ^a ± 0.01	8.56 ^b ± 0.26	9.90 ^b ± 0.51
Carbohidratos	30.15 ^a ± 2.53	35.03 ^a ± 1.96	24.44 ^c ± 1.68

- Los datos en la tabla representan el promedio ± Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes p<0,05.
- Se realizó el análisis por triplicado de todas las muestras y en todos los análisis.

Tabla 2. Concentraciones de minerales en las semillas de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f..

Minerales Mg/100g	Amarillo	Color	Shambo
	Promedio ± DS	Promedio ± DS	Promedio ± DS
Zinc	1.28 ^a ± 0.07	0.73 ^b ± 0.03	1.25 ^a ± 0.01
Calcio	44.30 ^a ± 0.58	27.19 ^b ± 0.84	34.81 ^b ± 5.45
Cobre	0.58 ^a ± 0.04	0.37 ^b ± 0.02	0.87 ^c ± 0.04
Sodio	231.48 ^a ± 39.14	80.25 ^b ± 2.08	91.57 ^b ± 5.66
Magnesio	60.53 ^{ac} ± 4.80	52.37 ^{bc} ± 5.46	67.65 ^a ± 5.99
Manganeso	7.32 ^a ± 0.09	5.82 ^b ± 0.02	13.04 ^c ± 0.60
Potasio	910.95 ^a ± 30.24	809.88 ^b ± 22.87	1042.92 ^c ± 33.60
Fierro	4.16 ^a ± 0.40	1.51 ^b ± 0.22	6.32 ^c ± 0.60

- Los datos en la tabla representan el promedio ± Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes p<0,05.
- Se realizó el análisis por triplicado de todas las muestras y en todos los análisis.

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos de los aceites extraídos de los mesocarpios de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f...

Análisis	Amarillo	Color	Shambo
	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS
Índice de Yodo	70.99 ^a \pm 0.28	70.38 ^a \pm 0.11	70.17 ^b \pm 0.31
Índice de Saponificación	191.34 ^a \pm 0.28	186.25 ^b \pm 0.22	194.89 ^c \pm 0.41
Punto de fusión (°C)	11.0 ^a \pm 1.0	12.0 ^a \pm 1.0	10.3 ^a \pm 0.57
Índice de Peróxido (meq.de ox./Kg)	11.12 ^a \pm 5.36	10.0 ^a \pm 1.0	12.46 ^a \pm 0.49
Índice de Acidez	2.69 ^a \pm 0.19	2.13 ^a \pm 0.40	3.54 ^b \pm 0.32

- Los datos en la tabla representan el promedio \pm Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes $p < 0,05$.
- Se realizó el análisis por triplicado de todas las muestras y en todos los análisis.

Tabla 4. Caracterización de ácidos grasos de los aceites extraídos de los mesocarpios y semillas de tres morfotipos de aguaje y comparación con otras especies oleaginosas.

Ácidos grasos %	<i>M. flexuosa</i> * “amarillo”	<i>M. flexuosa</i> * “color”	<i>M. flexuosa</i> * “shambo”	<i>M. flexuosa</i> ** “amarillo”	<i>M. flexuosa</i> ** “color”	<i>M. flexuosa</i> ** “shambo”	<i>M. flexuosa</i> * “shambo” Trevejos, 2003	<i>M. flexuosa</i> ** “shambo” T revejos, 2003**	<i>M. flexuosa</i> * Albuquerque, 2003	<i>M. flexuosa</i> * França, 1999	<i>M. flexuosa</i> * Manhães, 2007	<i>M. flexuosa</i> * Ucciani, 1995	<i>O. bataua</i> * Momtúfar, 2009	<i>O. europaea</i> * Ucciani, 1995
8:0 (Caprílico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59 ± 0,13	-	-	
12:0 (Láurico)	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	0,01 ± 0,01	-
13:0 (Tridecanoico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10 ± 0,06	-
14:0 (Mirístico)	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,1	-	-	-	0,09 ± 0,05	-
15:0 (Pentadecanoico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27 ± 0,08	-
16:0 (Palmítico)	19,61 ^a ± 0,41	20,26 ^a ± 0,11	21,68 ^b ± 0,18	18,07 ^a ± 0,12	24,22 ^b ± 0,19	24,28 ^b ± 0,09	17,3	18,7	17,34–19,2	17,34	19,31 ± 0,13	17,3-23,7	18,12 ± 5,58	7,4-14,3
16:1 ω7 (Palmitoléico)	0,15 ^a ± 0,01	0,28 ^b ± 0,00	0,27 ^b ± 0,00	-	-	-	0,3	1,6	-	-	-	0,3-0,7	0,89 ± 0,37	0,9-3,0
17:0 (Margárico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 ± 0,01	-
17:1 (Heptadecenoico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07 ± 0,01	-
18:0 (Estearíco)	1,57 ^a ± 0,02	1,40 ^b ± 0,01	1,86 ^c ± 0,00	5,50 ^a ± 0,02	3,83 ^b ± 0,07	5,41 ^a ± 0,16	2,0	5,8	2,0	-	1,86 ± 0,03	1,4-2,0	1,74 ± 0,79	3,5-4,8
18:1 ω9 (Oléico)	75,63 ^a ± 0,31	75,02 ^b ± 0,10	71,67 ^c ± 0,10	27,59 ^a ± 1,76	52,96 ^b ± 0,26	31,52 ^c ± 0,16	76,5	22,2	73,3–78,73	78,73	73,32 ± 0,10	70,7-76,5	72,69 ± 5,39	63,3
18:1 ω7 (<i>cis</i> - Vaccenico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,8 ± 0,66	-
18:2 ω6 (Linoleico)	2,19 ^a ± 0,25	2,29 ^a ± 0,01	3,70 ^a ± 0,01	34,58 ^a ± 0,06	16,24 ^b ± 0,14	36,04 ^c ± 0,09	2,1	44,0	2,4–3,93	3,93	2,69 ± 0,12	1,9-2,1	1,93 ± 0,43	5,1-15,5
18:3 ω3 (α- Linolénico)	0,82 ^a ± 0,06	0,72 ^a ± 0,02	0,80 ^a ± 0,08	13,33 ^a ± 0,13	1,74 ^b ± 1,50	2,58 ^b ± 0,31	1,0	2,0	2,2	-	2,17 ± 0,03	1	0,79 ± 0,19	-
20:0 (Araquídico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07 ± 0,02	1,2-2,6
20:1 (Eicosenoico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11 ± 0,01	-

Los resultados en la tabla para el mesocarpio se representan en promedio ± Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes $p < 0,05$; del mismo modo para los análisis en semillas.

*= mesocarpio; **= semilla.

Tabla 5. Determinación de β - caroteno, α - tocoferol por HPLC en aceites extraídos del mesocarpio de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f..

Vitaminas	Amarillo	Color	Shambo
	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS
β - caroteno ($\mu\text{g/g}$)	324,42 ^a \pm 0,71	264,60 ^b \pm 0,44	283,57 ^c \pm 0,48
α - tocoferol (mg/L)	683,35 ^a \pm 0,46	685,8 ^b \pm 1,04	677,58 ^c \pm 0,63

- Los datos en las tablas representan el promedio \pm Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes $p < 0,05$.
- Se realizó el análisis por triplicado de todas las muestras y en todos los análisis.

Tabla 6. Tiempo de inducción de los aceites de *Mauritia flexuosa* L.f.. y aceite de *Glycine max* soja (control positivo).

Tiempo de Inducción (horas)	Amarillo	Color	Shambo	Soja
	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS
Sin Antioxidante	3.55 ^a \pm 0.01	6.91 ^b \pm 0.01	4.74 ^c \pm 0.03	3.68 ^d \pm 0.03
Con Antioxidante	10.85 ^a \pm 0.02	17.96 ^b \pm 0.01	7.61 ^c \pm 0.03	6.68 ^d \pm 0.03

- Los datos en las tablas representan el promedio \pm Desviación estándar (DS) y las letras difieren entre si, si estadísticamente son diferentes $p < 0,05$.
- Se realizó el análisis por triplicado de todas las muestras y en todos los análisis.

Tabla 7. Porcentaje de inhibición a la oxidación forzada de los aceites de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f..

% de inhibición a la oxidación forzada	Amarillo	Color	Shambo
	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS	Promedio \pm DS
Sin Antioxidante	-3.44 ^a \pm 0.38	87.96 ^b \pm 1.45	28.80 ^c \pm 0.23
Con Antioxidante	62.47 ^a \pm 0.59	168.86 ^b \pm 1.05	14.02 ^c \pm 0.78

Figura 1. Curvas de los aceites de aguaje expresados en tiempo de inducción.

