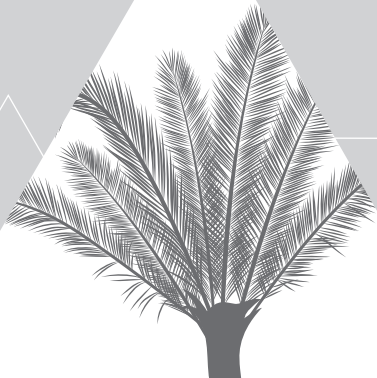
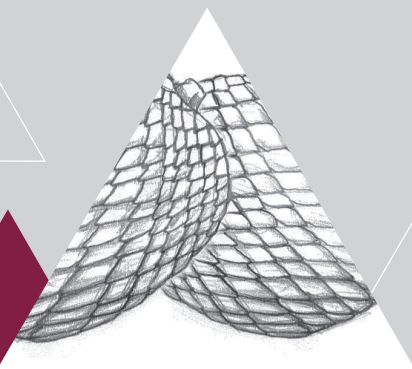


# SEJE, MORICHE Y ASAÍ

Palmas amazónicas con potencial



Instituto  
amazónico de  
investigaciones científicas  
**SINCHI**



Hernández Gómez, María Soledad; Castro Rodríguez, Sandra Yaneth; Giraldo Benavides, Bernardo; Barrera García, Jaime (Comp.)

Seje, moriche, asaí: Palmas amazónicas con potencial/ María Soledad Hernández Gómez, Sandra Yaneth Castro Rodríguez; Bernardo Giraldo Benavides y Jaime Alberto Barrera García. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2018

1. PALMAS AMAZÓNICAS 2. ECONOMÍA AMBIENTAL 3. PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES 4. AMAZONIA COLOMBIANA

ISBN : 978-958-5427-06-8

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Primera edición: junio de 2018

**Revisión técnica:**

Rafael Gutiérrez

Laura Victoria Pérez

María Helena Solarte

**Coordinación de la producción editorial:**

Diana Patricia Mora Rodríguez

**Diseño, diagramación e impresión:**

Adriana Lucía Cuéllar González

Equilátero Diseño Impreso

**Reservados todos los Derechos**

Disponible en:

Instituto SINCHI,

Calle 20 No. 5-44 Tel.: 4442084 [www.sinchi.org.co](http://www.sinchi.org.co)

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

## **INSTITUTO SINCHI**

### **LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS**

Directora General

### **CARLOS ALBERTO MENDOZA VÉLEZ**

Subdirector Administrativo y Financiero

### **MARCO EHRLICH**

Subdirector Científico y Tecnológico

### **EQUIPO TÉCNICO**

María Soledad Hernández Gómez

Marcela Piedad Carrillo Bautista

Jaime Alberto Barrera García

Mauricio Zubieta Vega

Bernardo Giraldo Benavides

Sandra Yaneth Castro Rodríguez

Luisa Fernanda Peña Rojas

Carolina Codina

Armando Antonio Lucena Mancera

Javier Arturo García Jiménez

Fidel Mina

Karen Gallego

Leidy Yulieth Poveda

Astrid Lorena Bernal

Víctor Mario Sánchez Díaz

Raquel Oriana Díaz Salcedo

Juliana Erika Cristina Cardona

Nubia Marcela Orjuela

## **GOBERNACIÓN DEL GUAVIARE**

### **NEBIO DE JESÚS ECHEVERRY CADAVID**

Gobernador Departamento del Guaviare 2016-2019.

### **XISMENA MARTÍNEZ**

Directora Departamento Administrativo

de Planeación Departamental

### **JOSÉ OCTAVIANO RIVERA MONCADA**

Gobernador Departamento del Guaviare 2012-2015

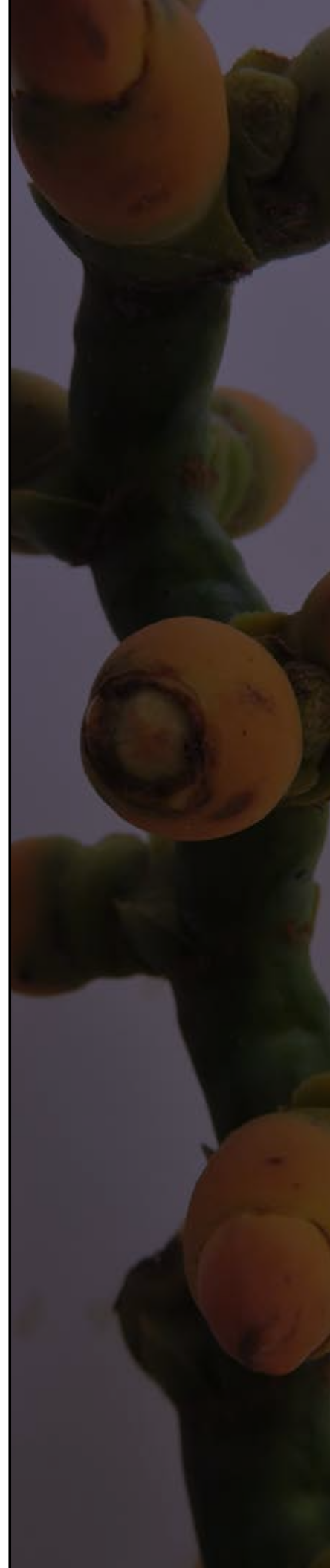
### **FLAVIANO MAHECHA AVILA**

Representante Legal

Asoprocegua

# Contenido

Introducción .....	6
Cambios morfológicos durante el desarrollo reproductivo de asaí en el Guaviare .....	9
Desarrollo reproductivo de asaí ( <i>Euterpe precatoria</i> ) en el Guaviare. Cambios químicos durante la maduración .....	15
Desarrollo reproductivo de asaí ( <i>Euterpe precatoria</i> ) en el Guaviare. Cambios químicos durante la maduración .....	19
Crecimiento y desarrollo del fruto de moriche ( <i>Mauritia flexuosa</i> ) en el Guaviare .....	27
Desarrollo reproductivo de seje ( <i>Oenocarpus bataua</i> ) en el Guaviare .....	39
Comportamiento de frutos de Moriche ( <i>Mauritia flexuosa</i> ) de la Amazonia norte durante la poscosecha, refrigerado y en condiciones ambiente .....	51
Evaluación del tiempo en poscosecha de frutos de asaí <i>Euterpe precatoria</i> en dos estados de madurez en el departamento de Guaviare, región amazónica –Colombia .....	59
Protocolo de índices de recolección de palmas asaí ( <i>Euterpe precatoria</i> ), seje ( <i>Oenocarpus bataua</i> ) y moriche ( <i>Mauritia flexuosa</i> ) para el departamento del Guaviare.....	69
Análisis de competencia para los productos de asaí ( <i>Euterpe precatoria</i> ), seje ( <i>Oenocarpus bataua</i> ), moriche ( <i>Mauritia flexuosa</i> ) las especies identificadas de palmas en el departamento del Guaviare.....	83
Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sostenible de frutos de las palmas asaí ( <i>Euterpe precatoria</i> ), seje ( <i>Oenocarpus bataua</i> ), moriche ( <i>Mauritia flexuosa</i> ).....	95





# INTRODUCCIÓN

Las palmas neotropicales son una familia de plantas de abundancia natural en el bosque amazónico, productoras de frutos con alto valor nutricional y contenido de compuestos bioactivos, lo que representa un potencial para su uso en sistemas de producción sostenible con manejo y enriquecimiento del bosques, pudiendo brindar alternativas productivas para frenar la deforestación en la Amazonia colombiana, contribuyen al crecimiento verde de la región y estabilizan las fronteras de la deforestación.

A partir de investigaciones realizadas en el departamento del Guaviare (Colombia) desde el año 2004 por el Instituto SINCHI, en 4000 ha de coberturas boscosas de fincas de productores de las Asociaciones de productores Asoprocegua y Asoprocaucho, se identificaron especies promisorias para aprovechamiento sostenible que pueden articularse en cadenas de valor para la obtención de ingredientes naturales y productos de alto valor agregado. Se destacaron las especies de Asái (*Euterpe precatoria*), Seje o mil pesos (*Oenocarpus bataua*) y Moriche (*Mauritia flexuosa*).

En ese sentido, el proyecto: **“Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sostenible de productos no maderables del bosque (palmas de asaí, seje, moriche) en las unidades productivas de productores agroambientales del Guaviare municipios de San José del Guaviare y El Retorno”** ejecutado por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, con financiación del Fondo Nacional de Regalías, permitió obtener información básica sobre la fenología y composición de los frutos, definir la plataforma tecnológica de aprovechamiento, definir la demanda y oferta y capacitar a los productores y su empresa asociativa en los procesos innovadores. Todo esto permite obtener beneficios económicos del uso sostenible de la biodiversidad, **avanzando en el conocimiento para el uso y aprovechamiento sostenible de las palmas asaí, seje y moriche y su articulación a cadenas de valor.** El presente libro contiene los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades del proyecto.

En primer lugar, se evaluaron los cambios morfológicos y químicos durante el desarrollo reproductivo de asaí, seje y moriche. La caracterización del desarrollo de frutos de palmas es un reto para las tecnologías clásicas de poscosecha ya que presentan particularidades al compararlos con frutos carnosos. Este conocimiento es vital para la recolección del fruto en el momento oportuno. Por esto, en un mismo ciclo productivo se recolectaron todos los estados de desarrollo y maduración de los frutos y a través de modelos predictivos de primer y segundo orden se estableció el máximo crecimiento de los frutos, las variaciones en su composición, su patrón respiratorio y los indicadores de madurez más confiables de las especies.

Seguidamente, se establecieron bases para el manejo de los procesos de poscosecha con el fin de contar con información para garantizar la máxima calidad de los productos derivados. Se estimó el tiempo de vida útil de los frutos después de ser cosechados ligado a la determinación de las mejores condiciones para su almacenamiento que permitan disminuir las pérdidas en su aprovechamiento.

Asaí, seje y moriche son frutos que, por su aptitud tecnológica no se consumen como frutos de mesa o bocado, sino que requieren de un procesamiento para su consumo en pulpa u otros derivados, por lo que se establecieron los protocolos para su transformación en pulpa como producto de primer nivel, y elaborados, deshidratados y microencapsulados como productos e ingredientes con mayor valor agregado, determinando las mejores condiciones de proceso, el valor nutricional de las diferentes calidades de pulpa que se pueden obtener y las propiedades de los ingredientes naturales y productos obtenidos.

Acompaña a esta obra, un manual sobre buenas prácticas de recolección de frutos de palmas amazónicas, permiten disminuir el impacto negativo del aprovechamiento que pueda afectar la productividad de las palmas y su permanencia en el bosque; también, estas buenas prácticas buscan garantizar la calidad de los frutos cosechados para su transformación y elaboración de productos con valor agregado, por tanto se desarrolló la tecnología para el aprovechamiento de las palmas de seje, asaí y moriche, la cual fue transferida en un proceso de cinco fases : socialización e identificación de fincas, conocimiento de la oferta natural, transferencia en fincas, presentación y reconocimiento de equipos y materiales y empleo de métodos para la evaluación, clasificación y selección de las palmas.



# CAMBIOS MORFOLÓGICOS DURANTE EL DESARROLLO REPRODUCTIVO DE ASAÍ EN EL GUAVIARE

Jaime Barrera, Luisa Peña, Nubia Orjuela, Lorena García, Sandra Castro, Orlando Martínez, Bernardo Giraldo y María S. Hernández

## Resumen

La caracterización del desarrollo en frutos de palmas de asai es un reto para las tecnologías clásicas de poscosecha e índices de recolección de otros frutos, como los carnosos. Se trata de frutos que se comportan de manera diferente al compararlo con frutos carnosos, por sus patrones de crecimiento y por formar un conjunto adherido a un racimo. Sin embargo, el encadenamiento del asái a procesos de carácter productivo exige la generación de nuevo conocimiento, para identificar el momento óptimo de recolección del fruto, en este caso los racimos a ser recolectados. Los frutos de asái, por su aptitud tecnológica no se consumen como frutos de mesa o bocado, sino que requieren de un procesamiento para su consumo en pulpa u otros derivados de la misma. La obtención de pulpas y derivados requiere de un fruto sano y maduro para su transformación, por lo que en el presente estudio se identificaron los cambios morfológicos del fruto durante su desarrollo para lo cual se recolectaron para un mismo ciclo productivo, todos los estados de desarrollo en dos ambientes diferentes, tierra firme y várzea de río, durante su maduración. Se presentan diferencias en el tamaño y el peso de los frutos, si son recolectados en tierra firme, al compararlo con el tamaño mayor de frutos de zonas inundables. Se establecieron cinco estados de maduración de los frutos de asái que se alcanza en la base del racimo antes que en el ápice, por lo que el patrón de maduración es de tipo acropétalo. Los frutos de asái alcanzan su máximo tamaño en todos los raquis del racimo, sin embargo, la maduración se da desde la base del racimo hacia el ápice, lo que lo hace acropétalo.

## Introducción

La familia Arecaceae, cuyas plantas se conocen comúnmente como palmas, comprende cerca de 2450 especies de distribución tropical, con alta riqueza en el Neotrópico y Malasia (Barford *et al.* 2011), siendo un componente importante de los bosques de lluvia tropicales con dominancia en la Amazonía Occidental (Steege *et al.* 2000). La mayor riqueza de especies de palmas se encuentra en la línea ecuatorial, declinando con la latitud hacia los 10°N y 10°S, en donde las regiones de mayor riqueza son el Chocó Biogeográfico, los Andes y la Amazonia (Bjorholm *et al.* 2005). Entre las palmas neotropicales más abundantes por área en los bosques de Amazonia colombiana se encuentra el asái (*Euterpe precatoria*), cuyos frutos son ampliamente aprovechados por las comunidades locales.

El asái se ha reportado en bosques de tierra firme y en bosques inundables en la Amazonia, en donde la producción de frutos por individuo no varía significativamente entre estos tipos de bosque en la Amazonia brasilera (como referente) aunque la densidad de individuos es superior en los últimos (Rocha 2004). Sin embargo, en amazonia colombiana estos



reportes aún no se han dado, por lo que se hace indispensable llegar a conocer la correlación existente entre la calidad de los frutos y los ecosistemas en los que crece de manera silvestre.

La producción de frutos a nivel de población de asaí se ha estudiado en dos ambientes: várzea y tierra firme de la Amazonia boliviana (Velarde & Moraes 2008), encontrando que la mayor densidad de individuos, y mayor producción de racimos por individuo y por unidad de área se dio en el bosque de várzea, a pesar de que la producción de frutos por racimo fue mayor en el bosque de tierra firme. Esto puede asociarse con la mayor disponibilidad de agua y de nutrientes debido a inundaciones de la várzea.

También se observaron mayores alturas y menor diámetro a la altura de pecho (DAP) en tierra firme, junto con menores tamaños, peso seco y fresco del fruto, y peso seco de la semilla y de la pulpa, sugiriendo que aspectos como el tamaño, peso y contenido de humedad del fruto en várzea pueden ser influenciados por la mayor disponibilidad hídrica del suelo y luminosidad en este ambiente (Velarde & Moraes 2008). Aunque no se ha definido una tendencia clara sobre la producción total.

Con relación a la producción a nivel de individuo, Rocha & Viana (2004) han observado que la variación del peso de los frutos

dentro de un individuo es muy grande, recomendando que la evaluación de la producción de frutos se realice a lo largo de varios años para generar un histórico de producción.

Con relación a la biología floral del asaí, se ha indicado que la inflorescencia tiene 70-170 raquillas, con 52000 flores, con relación de flores estaminadas por pistiladas de 2:1, produce aroma fuerte y produce polen y néctar como recompensa para la atracción de polinizadores como escarabajos y abejas (Kuchmeister *et al.* 1997). La floración es protándrica (Los estambres y estigmas de una misma flor no alcanzan al mismo tiempo la madurez para la polinización. Si los estambres maduran antes, las flores son protándricas, la flor funciona primero como flor masculina y luego como flor femenina), con duración de 26 días, en los que la fase estaminada dura 17 días, seguida de siete días de fase estéril y tres días de fase pistilada, siendo la duración de la anthesis de la fase estaminada menor a un día y de la pistilada de dos días (Kuchmeister *et al.* 1997).

El presente estudio busca identificar a través de un estudio exploratorio para el asaí en el Guaviare, diferencias en las etapas fenológicas del desarrollo de fruto de asaí cosechado en tierra firme y en varzea de río, al igual que determinar si existen diferencias morfológicas entre frutos de asaí producidos en esos mismos dos ambientes.

# Materiales y métodos

## Área de estudio

El estudio se realizó en la zona noroccidental de la Amazonia colombiana, en el municipio de San José del Guaviare (departamento de Guaviare).

## Especies de estudio

Se estudió la especie asaí de la especie precatória. Se estudiaron palmas en dos ambientes descritos en la tabla 1.

**Tabla 1.** Hábitat en el cual se evaluará cada una de las especies de palmas.

Especie	Ambiente	Descripción del ambiente o hábitat
Euterpe precatória	Bosque de zona inundable	Bosques ubicados en cercanía a un curso de agua, y sufre inundación periódica, por los pulsos de inundación debidos a los cambios de caudal de estos cursos de agua. Si la inundación es por aguas negras o blancas se denomina igapó o várzea, respectivamente. Se ubica en planicies y valles aluviales de los ríos de origen andino o amazónico, también se ubican en áreas encharcadas de geofomas cóncavas.
	Bosque de zona inundable	Bosques ubicados en zonas de lomeríos o llanuras aluviales que no sufren procesos de inundación periódicos.

Fuente: Elaboración propia.

## Metodología

Se propuso la aplicación de una metodología enfocada en la caracterización de la fase de maduración y los cambios de composición química ocurridos durante esta etapa, para fijar los índices de recolección para los diferentes usos de la pulpa de asaí (Orjuela & Barrera, 2014). Este procedimiento evaluó características fisiológicas y de composición química de los racimos en diferentes estados de madurez, durante un solo período de maduración, que puedan encontrarse en un mismo momento en campo. Se tomaron datos de 16 racimos por estado en el campo para construir los modelos de crecimiento que se presentan a continuación:

Se hizo la evaluación del incremento de masa y tamaño (diámetros longitudinal y ecuatorial) según la descripción de estado de madurez en la escala del racimo propuesta (por desarrollo de color y tamaños) (Figura 1). Las convenciones empleadas se presentan a continuación:

**Ambiente:** Se refiere al ambiente en donde estaba creciendo el individuo colectado. Bosque de Tierra firme (F), bosque de zona inundable (I) (Tabla 1).

**Estamadur:** Se refiere al estado de madurez del racimo (I, II, III, IV, V) (Figura 2).

**Zona:** Se refiere a la zona o tercio del racimo de donde se tomó la muestra. Puede ser base, medio o ápice.

**Pesofre:** Es el peso fresco del fruto medido en gramos (g).

**DL:** Corresponde al diámetro longitudinal de los frutos medido en milímetros (mm).

**DE:** Corresponde al diámetro ecuatorial de los frutos medido en milímetros (mm).

Igualmente se evaluaron algunas características de las palmas de las dos zonas de estudio en un total de 24 individuos en cada fisiografía

## Análisis de datos

Los análisis de varianza se realizaron mediante el modelo general lineal ( $P < 0.05$ , para identificar las medias que difirieron significativamente ( $p < 0.05$ ). Se realizaron únicamente para las variables longitud de raquis, peso total del racimo, peso fresco y diámetros de los frutos. Los análisis estadísticos y la prueba de comparación de medias múltiple de Tuckey, se realizó en InfoStat V 2016.

## Resultados y discusión

La inflorescencia de la especie precatoria es péndula, infrafoliar, se encuentran entre 2-6 por individuo en diferente estado de desarrollo (Figura 1). El raquis tiene una longitud de  $43,5 \pm 1,6$  (19-58) cm a lo largo del cual se insertan helicoidalmente  $81 \pm 3$  (44-107) raquilas; es comprimido dorsiventralmente, con diámetros de  $32,8 \pm 0,9$  (19,1-43,5) mm por  $20,8 \pm 0,7$  (10,0-27,5) mm en su base. Las flores femeninas se ubican helicoidalmente sentadas sobre las raquilas.

Las infrutescencias se observan en distinto estado de desarrollo, de manera que se identifican bien los 5 estados según su apariencia: verde, en el que predominan los frutos verdes en el racimo, pero según su apariencia de color verde oscuro o verde limón se subdividen en dos clases, verde 1 y 2 respectivamente; pintón, en el que los frutos predominantes tienen superficie verde y púrpura simultáneamente, y la minoría de los frutos son completamente verdes o púrpuras, por tanto se subdivide en dos clases según el predominio de color verde o púrpura respectivamente (Figura 1). El racimo pesa en promedio  $1,9 \pm 0,2$  kg (0,5-6,3 kg) de los cuales  $1,0 \pm 0,2$  kg (0,1-4,7 kg) corresponde a masa de los frutos.

El número de frutos por racimo disminuyó en promedio a medida que el racimo pasa de verde a pintón y maduro, con  $1405 \pm 203$  ( $218-4160$ ),  $1422 \pm 136$  ( $1280-1558$ ) y  $985 \pm 541$  ( $110-2456$ ) frutos, respectivamente, siendo significativamente menor el número de frutos en los racimos maduros respecto a los verdes ( $F=7,66$ ;  $p<0,05$ ), lo que sugiere que en los racimos maduros existe una menor cantidad de frutos y evidencia el efecto del estado de madurez sobre la cantidad de frutos en el racimo por la acción de la variación de proporciones de las hormonas que conllevan la mayor abscisión de frutos que se desgranran para buscar el balance entre la fuente (nutrientes y savia ) y vertedero (racimos viables)

El número de frutos en los racimos de asaí de la especie precatoria, fue afectado por la interacción entre el estado de madurez del racimo y el tercio en el que se ubica dentro del mismo (apical, medio y basal) ( $F=16,85$ ;  $p<0,05$ ), de manera que únicamente en los racimos maduros, siendo significativamente menor el número de frutos en la base que en el ápice con promedio de  $37 \pm 1$  y  $45 \pm 4$  frutos, respectivamente ( $T=5,82$ ;  $p<0,05$ ). Estos resultados muestran entonces una heterogeneidad de frutos en el racimo y permite indicar que el desarrollo de los frutos se da en sentido acropétalo, en donde el desarrollo floral se da de la base hacia el ápice, ocasionando que los frutos del ápice se desarrollen posteriormente y que la abscisión de los frutos basales preceda a la de los apicales, es decir el menor número de frutos observados en la base se debe a que los frutos han madurado y caído previamente.

Los frutos son redondos de  $11,63 \pm 0,06$  mm ( $7,90-14,46$  mm) de diámetro ecuatorial; de tipo drupáceo; con estigma lateral remanente; exocarpo lustroso; mesocarpo fibroso; endocarpo leñoso. Semilla con endosperma blanco y homogéneo (Figura 3).

A nivel del fruto individual, pueden observarse cambios en la apariencia durante la maduración, asociados fundamentalmente al color, de manera que los frutos pasan de color verde oscuro que cambia a verde limón, desarrollándose manchas púrpuras en su superficie, hasta lograr la totalidad de color púrpura oscuro con el transcurso de la maduración.

El peso promedio de los frutos de asaí por racimo fue mayor en el ambiente de várzea en los cinco estados de maduración identificados (Figura 4), lo que coincide con los resultados observados tanto en Brasil, como en Bolivia, en donde la producción de frutos a nivel de población de asaí especie precatoria se ha estudiado en dos ambientes: várzea y tierra firme de la Amazonia boliviana (Velarde & Moraes 2008), encontrando que la mayor densidad de individuos, y mayor producción de racimos por individuo y por unidad de área se dio en el bosque de várzea, a pesar de que la mayor producción de frutos por racimo fue mayor en tierra firme.

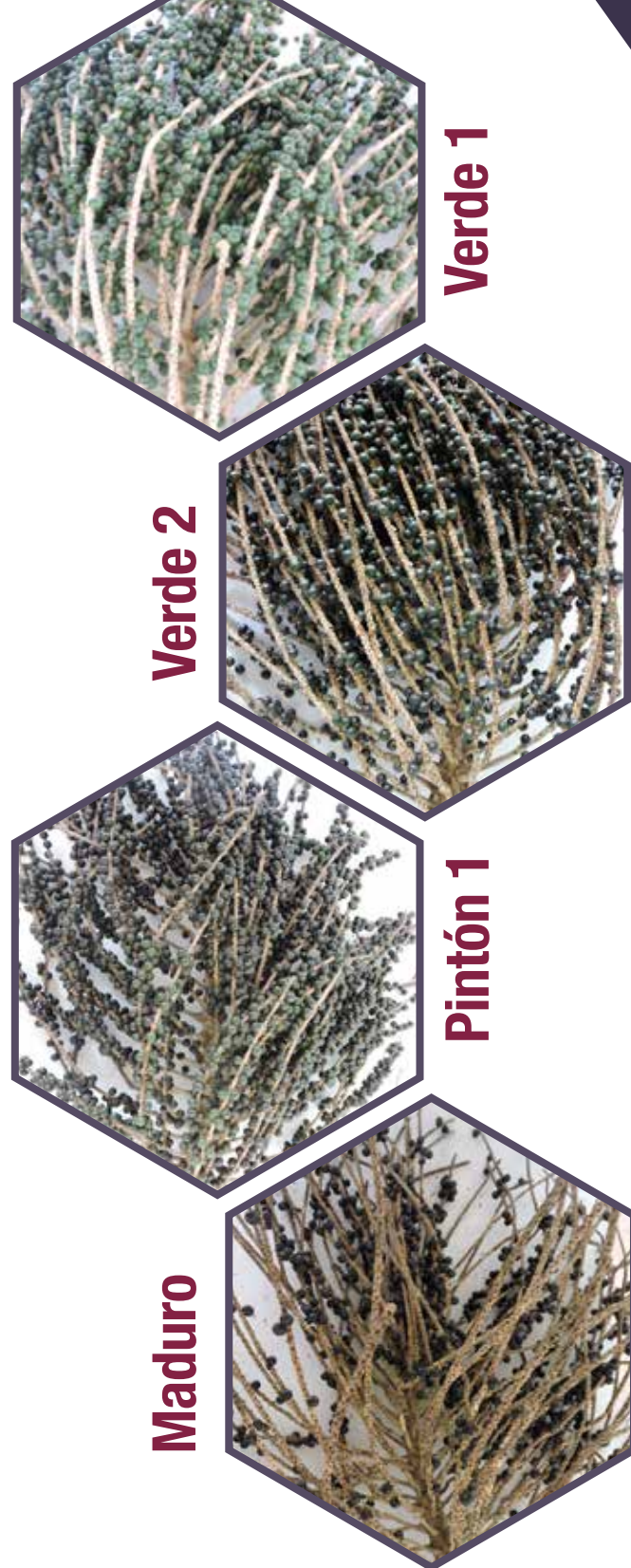


Figura 1. Apariencia de los racimos en diferente estado de madurez en *Euterpe precatoria*. Se observa cómo a medida que el racimo está en un estado de madurez avanzado predomina la proporción de frutos púrpura. Se identificaron dos tipos de racimos verdes: verde 1 caracterizado por frutos de tono verde oscuro, y verde 2 con frutos verde claro o verde limón.

## Estado de madurez del fruto

## Definición

## Apariencia en color



Con exocarpo completamente verde.

100% Verde.



Con exocarpo predominantemente verde.

Púrpura en  $\frac{1}{4}$  de la superficie y verde en  $\frac{3}{4}$ .



Con exocarpo en donde ningún color predomina notoriamente.

Púrpura en  $\frac{2}{4}$  de la superficie y verde en  $\frac{2}{4}$ .



Con exocarpo predominantemente púrpura.

Púrpura en  $\frac{3}{4}$  de la superficie y verde en  $\frac{1}{4}$ .



Con exocarpo completamente púrpura oscuro, de pcasi negra.

100% púrpura.

Figura 2. Estados de madurez del fruto dentro de cada racimo de *E. precatória*. Cada grado de madurez descrito se indica en la figura y está indicada en color gris



Figura 3. Frutos de *Euterpe precatoria*. Se observa basalmente remanente del perianto aparentemente trímero (izquierda), lateralmente remanente del estigma (centro) y un corte longitudinal del fruto uniseminado, observando pericarpo delgado y la semilla que ocupa gran porcentaje del volumen del fruto, con endospermo blanco y embrión rosado por tinción con trifenil tetrazolium al 1% por 3 horas (derecha).

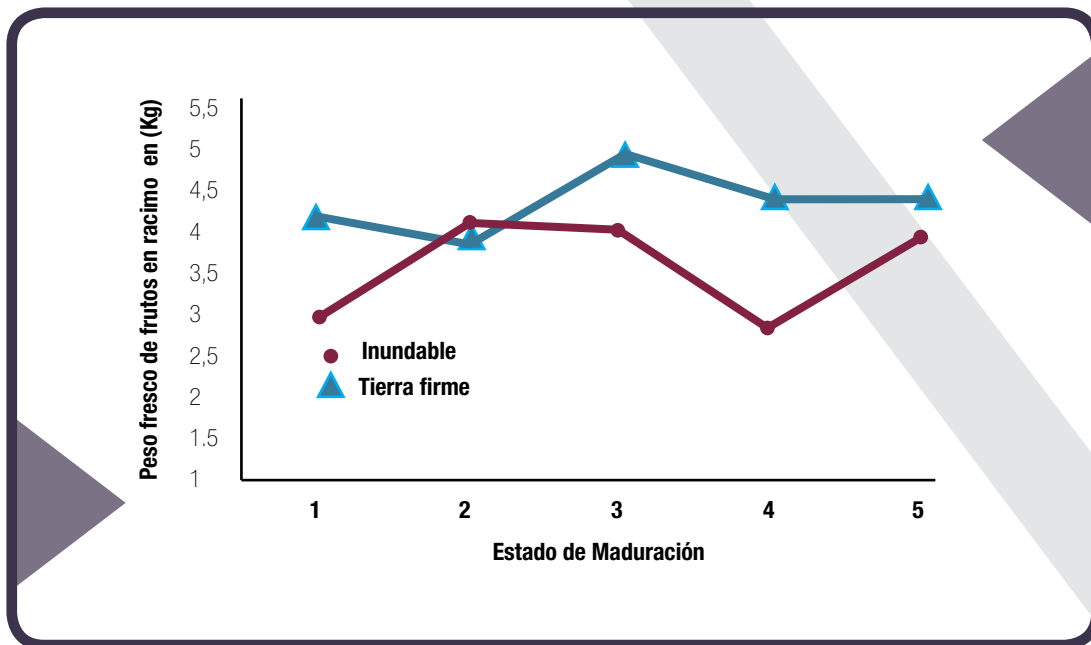


Figura 4. Peso promedio de frutos por racimo medidos en kilogramos (kg) en los 5 estados de madurez del racimo en 2 ambientes del departamento del Guaviare. (1) Inundable diamante rojo, (2) tierra firme círculo azul.

De manera semejante, el peso de frutos individuales fue mayor en ambiente de inundación, lo que guarda correspondencia con la variable de peso promedio de frutos por racimo.

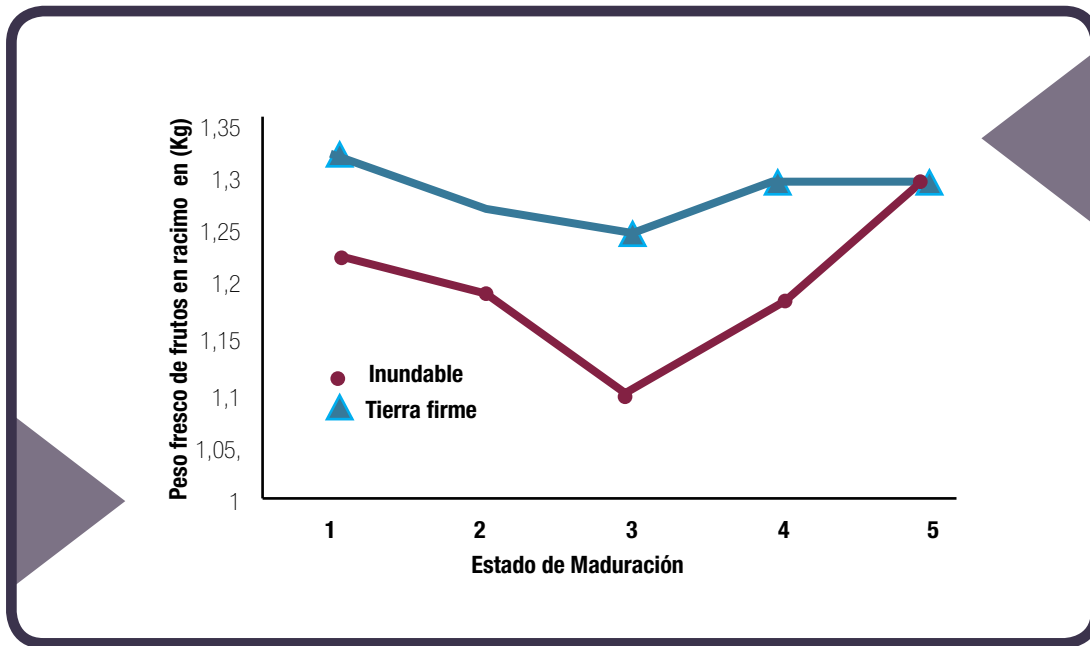


Figura 5. Peso Fresco de los frutos individuales medido en gramos (g) en los 5 estados de madurez del racimo en 2 ambientes del departamento del Guaviare. (1) Inundable diamante rojo, (2) tierra firme circulo azul.

El diámetro ecuatorial (DE) de los frutos no presentó diferencias significativas ( $F=1,03$ ;  $p<0.05$ ), entre las zonas del racimo, pero sí presentó diferencias entre estados de madurez ( $F=64,29$ ;  $p>0.05$ ) y entre ambiente ( $F=607,35$ ;  $p>0.05$ ) (Figura 5). Dicho comportamiento guarda correlación con el peso promedio de frutos por racimo; es decir frutos de ambiente inundación presentan mayores diámetros al igual que pesos promedio de frutos por racimo e individuales.

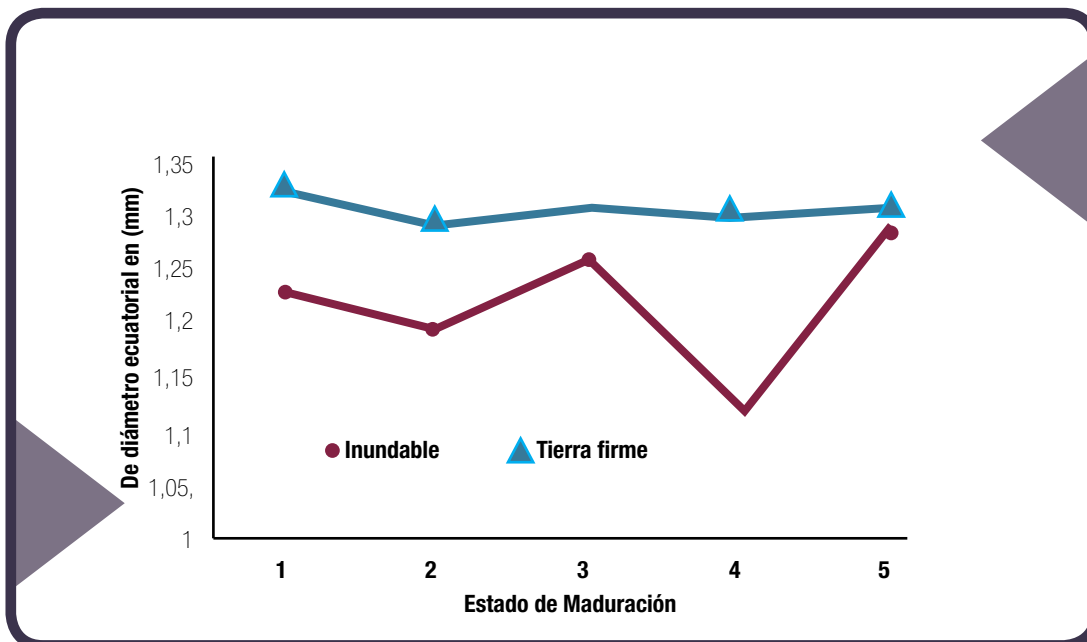


Figura 6. Evolución del DE diámetro ecuatorial de los frutos medido en milímetros (mm) en los 5 estados de madurez del racimo en 2 ambientes del departamento del Guaviare. (1) Inundable diamante rojo, (2) tierra firme circulo azul.

Comportamiento semejante se encontró en el comportamiento del diámetro longitudinal, el cual fue mayor en frutos cosechados en várzea. El diámetro longitudinal (DL) de los frutos no presentó diferencias significativas ( $F=0,26$ ;  $p<0.05$ ), entre las zonas del racimo, pero sí presentó diferencias entre estados de madurez ( $F=58,66$ ;  $p>0.05$ ) y entre los ambientes ( $F=710,23$ ;  $p>0.05$ ).

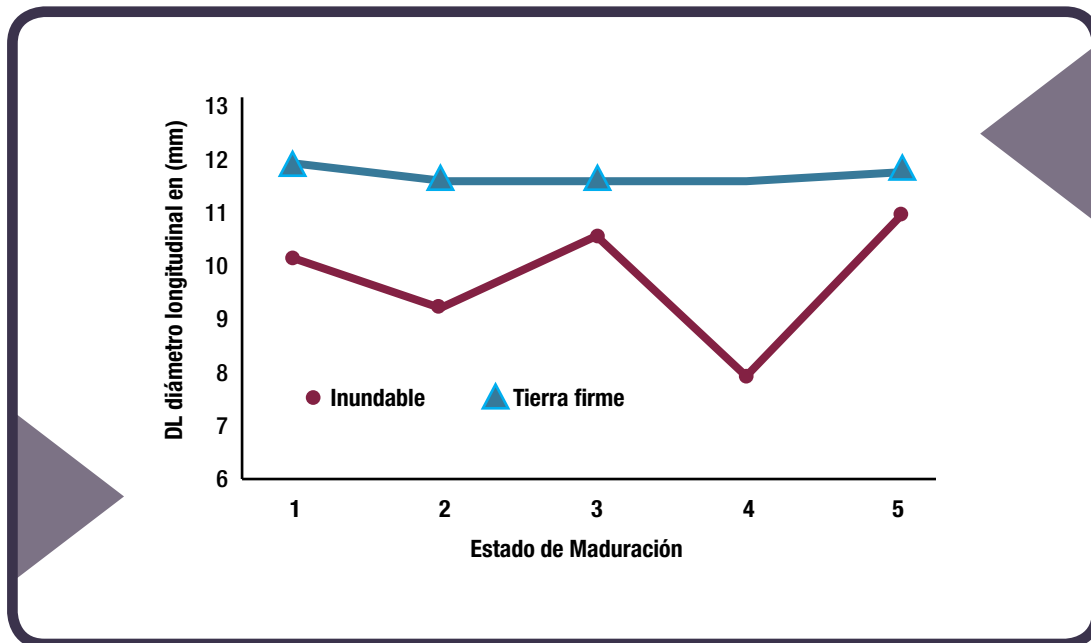


Figura 7. Evolución del diámetro longitudinal DL de los frutos medido en milímetros (mm) en los 5 estados de madurez del racimo en 2 ambientes del departamento del Guaviare. (1) Inundable diamante rojo, (2) tierra firme círculo azul.

En general, las variables morfométricas del fruto asaí muestran valores significativamente mayores para las palmas localizadas en várzea en los 5 estados de madurez maduración, lo cual puede asociarse a una mayor disponibilidad de nutrientes y agua en este ambiente.

También se observaron mayores alturas de la palmas y menor diámetro a la altura de pecho DAP en tierra firme, junto con menores tamaños, peso seco y fresco del fruto, y peso seco de la semilla y de la pulpa, sugiriendo que las diferencias de tamaño y peso del fruto pueden estar asociadas a factores genéticos y ambientales, de manera que el mayor tamaño, peso y contenido de humedad del fruto en várzea pueden ser afectados por la disponibilidad hídrica del suelo y luminosidad, que son superiores en este ambiente (Velarde & Moraes 2008).

Mientras que en relación la producción a nivel de individuo, Rocha & Viana (2004) han observado en esta especie que la variación del peso de los frutos dentro de un individuo es muy grande, recomendando que la evaluación de la producción de frutos se realice a lo largo de varios años. La madurez de los racimos de asaí se asocian al cambio de color del verde al púrpura y la abscisión natural de frutos de la base de los racimos.

## Conclusiones

El asaí de la especie precatoria madura en cinco estados que se diferencian por la variación de color del fruto, entre el verde y púrpura. Los estudios realizados en el departamento de Guaviare permitieron distinguir variaciones estadísticamente significativas, para un solo ciclo de producción, entre el número y calidad de frutos según sean cosechados en várzea o en bosques de tierra firme.

Los racimos maduros, en los cuales más de un 50% de los frutos tienen tonalidad púrpura, tienen un menor número de frutos, por el desgrane que se ocasiona por la relación fuente-vertedero.

# BIBLIOGRAFÍA



Barfod, A.S., M. Hagen & F. Borchsenius. 2011. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). *Annals of Botany*, 108:1503–1516.

Bjorholm, S., J.C. Svenning, F. Skov & H. Balslev. 2005. Environmental and spatial controls of palm (Arecaceae) species richness across the Americas. *Global Ecology and Biogeography*, 14:423-429.

Küchmeister, H., A.C. Webber, I. Silberbauer-Gottsberger & G. Gottsberger. 1998. Apolinização e sua relação com a termogênese em espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 28(3):217-245.

Orjuela N.M, Barrera J.A. 2014. Metodología para caracterizar los procesos de maduración de frutos de palmas neotropicales. (Documento de trabajo Inédito). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Rocha, E. & V.M. Viana. 2004. Manejo de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) no Seringal Caquetá, Acre, Brasil. *Scientia forestalis*, 65:59-69.

Steege, H., D. Sabatier, H. Castellanos, T. Van-Andel, J. Duivenvoorden, A.A. de Oliveira, R. Ek, R. Lilwah, P. Maas & S. Mori. 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology*, 16:801–828.

Velarde, M.J. & M. Moraes. 2008. Densidad de individuos adultos y producción de frutos del asaí (*Euterpe precatoria*, Arecaceae) en Riberalta, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 43(2):99-110.





# DESARROLLO REPRODUCTIVO DE ASAÍ (*Euterpe precatoria*) EN EL GUAVIARE. CAMBIOS QUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN

Marcela Carrillo, Jaime Barrera, Juliana Cardona, Luisa Peña, Nubia Orjuela, Lorena García, Sandra Castro, Orlando Martínez, Bernardo Giraldo y María Soledad Hernández

## Resumen

El asaí es una palma de natural abundancia en los bosques de la Amazonia colombiana. Su valor funcional es un enorme potencial para establecer procesos productivos encadenados que favorezcan a las comunidades locales. El presente estudio determinó cambios químicos durante la maduración del fruto a fin de promover su uso en el departamento de Guaviare. Frutos de asaí de estados sucesivos de maduración y de dos ambientes ecológicos contrastantes, zona inundable y tierra firme, se analizaron para determinar su comportamiento fisiológico y la evolución de compuestos fisiológicamente activos, con potencial de impacto funcional, antocianos y polifenoles totales. Se distinguen cinco (5) estados sucesivos de maduración en el asaí, durante los cuales se encontró que el comportamiento respiratorio del fruto es de carácter climatérico, con intensidad respiratoria mayor en frutas de zonas inundables y contenidos de antocianos y polifenoles totales, mucho menores. Se propone como hipótesis que frutos cosechados en zonas inundables son más perecederos, por su alta actividad respiratoria y de menor contenido de compuestos fitoterapéuticos de interés por el estrés al que se ven sometidas las plantas, en las condiciones de inundación.

## Introducción

La palma de asaí (*Euterpe precatoria*) se ha reportado en bosques de tierra firme y en bosques inundables o várzeas en la Amazonia, en donde la producción de frutos por individuo no varía significativamente entre estos tipos de bosque de la Amazonia brasilera, aunque la densidad de individuos si es superior en los últimos (Rocha 2004), en lo que coinciden Velarde & Moraes (2008) en el caso de la Amazonia boliviana.

Respecto a la producción a nivel de individuo, Rocha & Viana (2004), han observado que la variación del peso de los frutos dentro de un individuo es muy grande, recomendando que la evaluación de la producción de frutos se realice a lo largo de varios años, lo que haría un histórico de la variación de las características registradas.

Referente a la composición de los frutos de asaí, se ha reportado un alto contenido de compuestos polifenólicos y alta actividad antioxidante y antiinflamatoria de la pulpa del fruto (Kang *et al.* 2012). Un estudio que da cuenta de los cambios en composición relacionados con el estado de madurez del fruto, se ha realizado para una especie perteneciente al mismo género, *E. oleracea* (Gordon *et al.* 2012), en el que se demostró que en el transcurso de la maduración el contenido de nutrientes como proteínas,

carbohidratos y minerales disminuye, en tanto que aumenta el contenido de lípidos. También cambia la composición fenólica, durante la maduración, el contenido de antocianinas aumenta, en tanto que disminuye el contenido de ácidos hidroxicinámicos y otros flavonoides, al igual que la capacidad antioxidante. Frutos inmaduros exhiben muy alto fenólico predominan las flavonas, orientina y homoorientina. Por tanto, se concluye que el procesamiento de frutos de asaí tiene utilidad como un producto promotor de la salud en estados previos a la maduración y no exclusivamente en la condición de frutos maduros, sugiriendo

que los extractos de frutos inmaduros pueden ser de interés para la industria de alimentos como aditivos, suplementos dietarios (nutracéutica), o ingredientes para cosmética debido a su alto contenido de compuestos bioactivos (Gordon *et al.* 2012). Sin embargo, Peña *et al.* (2012) indicaron que, para la obtención de productos como pulpas y otros derivados agroalimentarios, los frutos deben estar en coloración morada intensa y empezar el desgrane de los racimos, es decir maduros. El estudio busca determinar los principales cambios químicos en cinco estados sucesivos de maduración de frutos de asaí.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en la zona noroccidental de la Amazonia colombiana, en el municipio de San José del Guaviare (departamento de Guaviare), temperatura 27°C y H.R 85%. La recolección de muestras correspondió al mismo criterio observado para el estudio de cambios morfológicos del fruto propuestas por Orjuela y Barrera (2014), es decir todos los estados sucesivos de maduración en el mismo ciclo de cosecha.

Se hizo la evaluación de cambios en parámetros bioquímicos y respiración de los frutos siguiendo el esquema de muestreo que se describe a continuación:

- Bioquímicos: Antocianinas totales (mg\*100g-1 B.H), Flavonoides totales (mg de quercetina\*100g-1 B.H) y polifenoles totales (mg ácido gálico\*100g-1gm B.H)
- Respiración: tasa de producción de CO<sub>2</sub> del fruto en mlCO<sub>2</sub>.kg-1.h-1. La intensidad respiratoria y la emisión de etileno de los frutos fue medida mediante una modificación del método de atmósfera confinada propuesto por Hernández *et al.* (2007), la cual consiste en la introducción de cada uno de los frutos previamente pesados en cámaras herméticas inmediatamente después de ser desprendidos de la planta (ubicada en cada sitio del municipio de San José del Guaviare), durante un periodo de una hora, después del cual se procedió a tomar una muestra de 10mL de gases e inyectarla en un vial al que previamente se le hizo vacío. Cabe destacar que la intensidad respiratoria de los frutos se reporta como dióxido de carbono producido por unidad de volumen y tiempo del sistema internacional (mL CO<sub>2</sub>.kg-1h-1).
- A partir de los gases almacenados en los viales se evaluó la emisión de dióxido de carbono y de etileno de los frutos por medio de cromatografía de gases, en un cromatógrafo marca Agilent 4890 acoplado con un software de adquisición de datos Clarity Lite (ubicado en el Laboratorio de Poscosecha del Instituto SINCHI, sede Bogotá). Los métodos utilizados para la detección de dióxido de carbono y de etileno se muestran en la tabla 1. El equipo de cromatografía gaseosa estaba provisto de un detector de conductividad térmica TCD que se mantuvo a 250 oC Las condiciones de corrida fueron en el caso del CO<sub>2</sub> T del inyector 100oC, T horno 30oC con una rampa programada de aumento de 30 oC.min-1 hasta una temperatura final de 50 oC. Para la medición de etileno el gas de arrastre fue Helio con un flujo de 12.5 mL.min-1 y el detector FID.

### Análisis estadístico de datos

Los análisis de varianza se realizaron Antocianinas totales (mg\*100g-1B.H), Flavonoides totales (mg de quercetina\*100g-1 B.H) y polifenoles totales (mg ácido gálico\*100g-1gm B.H) mediante el modelo general lineal, con un nivel de significancia del 5%, empleando el programa estadístico InfoStat V 2016. La prueba de comparación de medias múltiple de Tuckey se realizó en InfoStat V 2016 para identificar las medias que difirieron significativamente ( $\alpha=0.05$ ). Se analizaron modelos de regresión para las variables bioquímicas usando InfoStat V 2016 seleccionando el mejor modelo por el R<sup>2</sup> y la significancia en los términos del modelo.

# Resultados y discusión

## Actividad respiratoria de frutos de asaí

Según se observa en la figura 1 los frutos de asaí exhiben un comportamiento climatérico durante su etapa de maduración con descenso de la tasa de respiración del fruto entre el estado 2 (Pinto 1) hasta el estado 4 (Pintón 3) (Figura 1). El pico de respiración se da en el estado 5 (maduro), sin embargo, el etileno no fue perceptible por el método utilizado para el ensayo. No se encontraron diferencias significativas en la respiración de los frutos de asaí entre los dos ambientes estudiados ni entre estados de maduración ( $p < 0.05$ ), sin embargo, el ablandamiento del fruto y el cambio de color que acompañan la maduración hace especular sobre un posible climatérico.

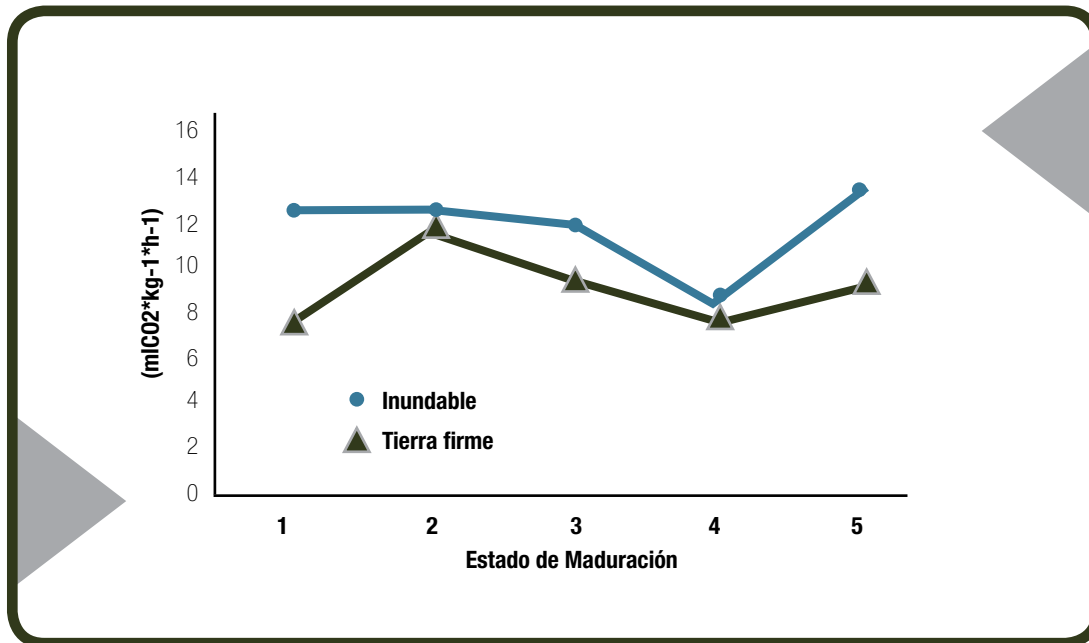


Figura 1. Evolución de la respiración de los frutos medidos  $\text{mlCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  en los 5 estados de madurez del racimo en 2 ambientes del departamento del Guaviare. (1) Inundable, (2) Tierra firme.

## Compuestos fenólicos

Los ingredientes funcionales son un grupo diverso de compuestos que logran producir un efecto positivo en la salud del consumidor (Gallori *et al*, 2004). En las palmas especialmente las de asaí, se destacan los metabolitos secundarios denominados compuestos fenólicos (Pozo-Insfran, Brenes y Talcott, 2004). La base de esta diversa familia de moléculas es la estructura fenólica, de la cual se derivan las antocianinas, cumarinas, fenilpropamidas, flavonas, flavononas, flavonoides, taninos y la lignina. Estos compuestos cumplen en las plantas una variedad de funciones

que va desde la defensa contra herbívoros y patógenos, hasta la absorción de luz, la atracción de polinizadores, la reducción del crecimiento de plantas competidoras, y la relación simbiótica de fijación de nitrógeno de las bacterias. En la figura 2 se observa el comportamiento del modelo de regresión para las antocianinas durante los cinco estados de maduración del fruto. la concentración de antocianos en el fruto en este modelo es función de los días después de cuajamiento (Figura 2) tuvo un ajuste de  $r^2=43.6\%$  y fue:

$$\text{Antocianinas totales (mg/100gB.H.)} = \frac{134.7}{1 + e^{9.82 - 3.60(\text{Estado de maduración})}}$$

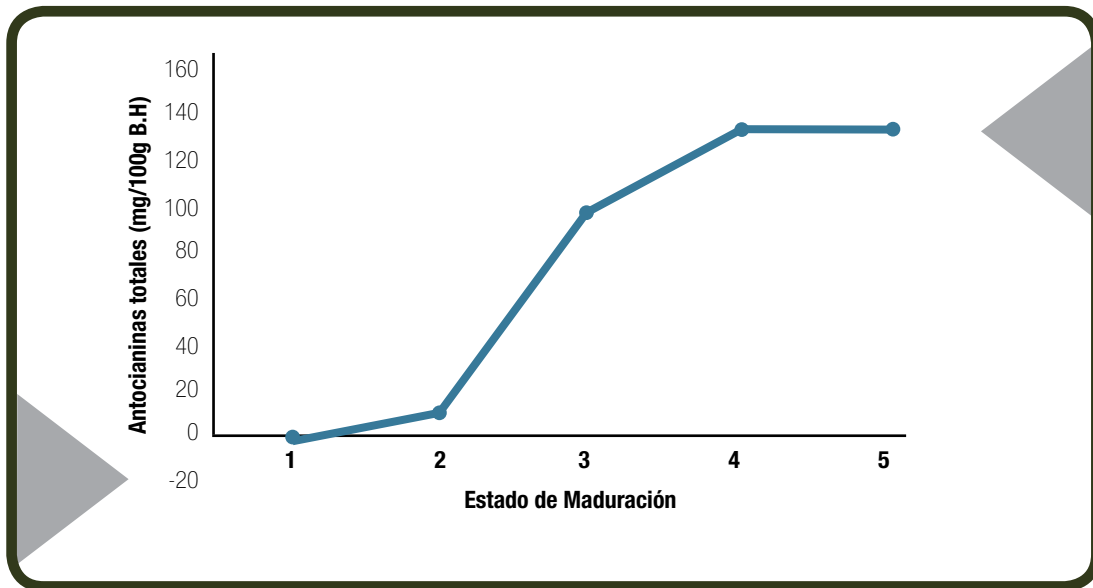


Figura 2. Evolución de las antocianinas totales en el f ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{B.H}$ ), durante los cinco estados de madurez del racimo.

Los antocianos aumentaron entre los estados 2 (Pintón 1), y 4 (pintón 3), de maduración, estado en el que estos se maximizan. Los antocianos varían de manera significativa entre estados de maduración ( $F: 312,5, P < 0.05$ ) y entre ambientes de evaluación ( $F: 564,8, P < 0,05$ ). Los valores se incrementan durante la maduración en casi un 33%,  $4.75 \pm 2.87 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$  valor inicial y  $142.84 \pm 3.12 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$  valores finales. En el ambiente de zona inundable el valor promedio durante la maduración fue de  $20.03 \pm 3.33 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$  mientras que en tierra firme fue de  $108.95 \pm 2.1951 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$ ., que corresponde al estado 5, que es donde el fruto está en su óptimo estado de consumo. Este comportamiento, se debe probablemente a que el metabolismo de la planta está directamente influenciado

por factores ambientales como la intensidad lumínica, la cantidad de agua disponible, la temperatura, la riqueza de los nutrientes en el suelo, la concentración de pigmentos necesarios en la fotosíntesis, entre otros.

Los flavonoides aumentaron de manera significativa durante la maduración. ( $P < 0.05$ ) y fueron diferentes entre ambientes ( $P < 0,05$ ). La quercetina  $\cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$  aumentó casi 20 veces entre el estado 1 y el estado 5 de madurez. En el ambiente de zona Inundable el valor promedio durante la maduración fue  $64.91 \pm 3.5 \text{ mg}$  de quercetina  $\cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$  mientras que en tierra firme fue de  $205.68 \pm 2.3 \text{ mg}$  de quercetina  $\cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$ ., que correspondió al estado 5 de maduración.

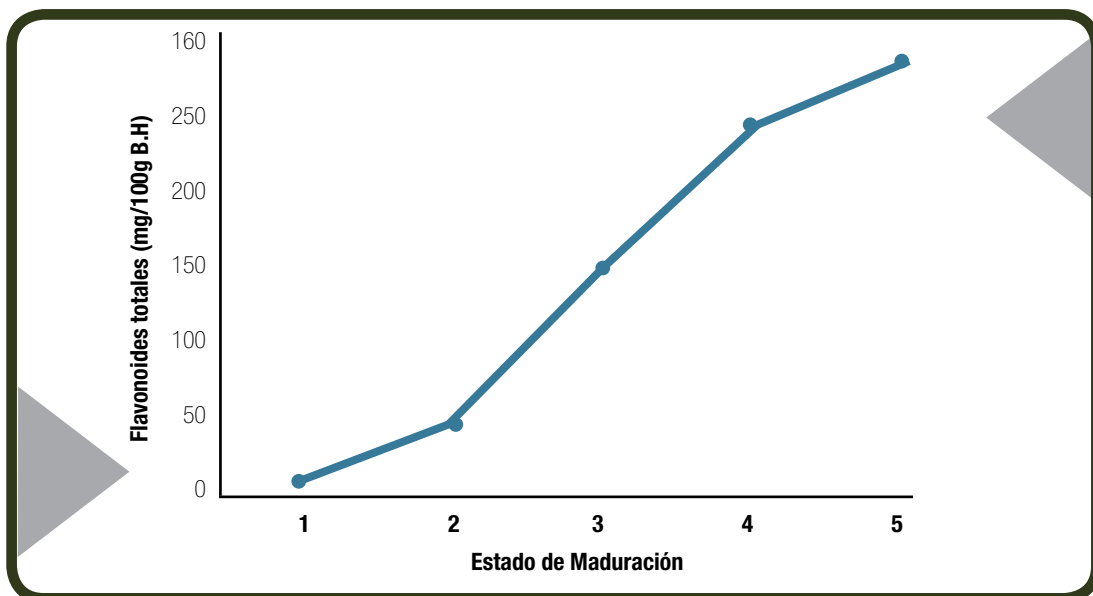


Figura 3. Evolución de los flavonoides totales ( $\text{mg}$  de quercetina  $\cdot 100\text{g}^{-1} \text{ B.H}$ ), durante los cinco estados de madurez del racimo.

Las diferencias entre ambientes pueden estar relacionadas con el hecho que los flavonoides, son compuestos que están involucrados en la fotosensibilización, transferencia de energía, crecimiento, control de la respiración, fotosíntesis, morfogénesis y defensa de las plantas contra patógenos invasores incluyendo insectos, bacterias, hongos y virus. Similitudes se encuentran con frutos de aguaje o canangucha. Todos estos procesos están muy afectados por las condiciones ambientales en especial déficit hídrico y de nutrientes, (Velarde y Moraes, 2008)

El amplio rango de actividad biológica atribuida a los flavonoides es atribuida a su capacidad de manifestar efectos antioxidantes, capturar radicales libres y formar quelatos con cationes divalentes. Además, se ha demostrado que tienen la capacidad de inhibir enzimas como hidrolasas, hialuronidasas, fosfatasa alcalina, arilsulfatas, lipasas, glucosidasas y kinasas entre otras (Gallori *et al.* 2004).

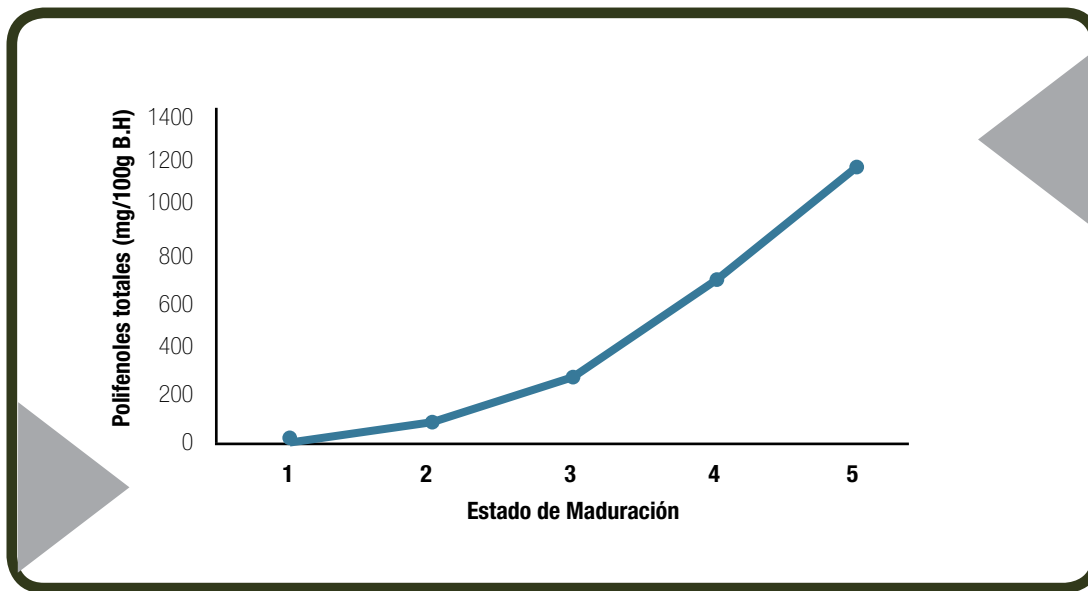


Figura 4. Evolución de polifenoles totales (mg ácido gálico\*100g<sup>-1</sup> B.H), en los 5 estados de madurez del racimo

De la misma manera que la quercitina, los polifenoles totales aumentaron hasta el estado 5 de maduración y sus valores fueron cuatro veces más al comparar las zonas de tierra firme, con las zonas inundables, donde los contenidos fueron de  $20.03 \pm 3.00$  mg ácido gálico\*100g<sup>-1</sup> B.H mientras que en tierra firme fue de  $108.95 \pm 2.19$  mg ácido gálico\*100g<sup>-1</sup> B.H.

En cuanto al efecto de la localidad es claro que el desarrollo de los frutos se da en todos los casos durante la época seca y la maduración al comienzo de la temporada de lluvias. De acuerdo a la localidad el estrés por déficit hídrico puede ser más o menos severo y ello de manera análoga afectará la calidad final del fruto pues tiene un impacto sobre su calidad organoléptica (Velarde y Moraes, 2008).

## Conclusiones

Los cambios de compuestos antioxidantes, antocianos y polifenoles totales registraron un aumento durante la maduración del asaí, lo que indica que, para el aprovechamiento de estos compuestos funcionales, deberá hacerse la transformación de los frutos en estados 4 o 5 de maduración. Los contenidos de estos compuestos fitoterapéuticos fueron mayores en frutos cosechados en tierra firme que en zonas inundables. Esto implica que, en el proceso en la planta de transformación, el alto contenido de antocianos de frutos de zonas de tierra firme podrá verse reducidos, de existir mezclas con frutos de las zonas de zonas inundables. Las proporciones significativamente menores en frutos de zonas inundables pueden estar asociado con condiciones extremas que desplazan el desempeño de las plantas hacia una zona de adaptación y resistencia al estrés fisiológico, que sacrifica niveles de metabolitos secundarios



# BIBLIOGRAFÍA

Gallori, S.; Bilia, A.; Bergonzi, M.; Barbosa, L. y Vincieri, F. 2004. Poly phenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe E. oleracea* Martius (Asaí palm). *Chromatographia*. 59 (11/12): 739-743.

Gordon, A., A.P. Gil-Cruz, L.M. Corrêa-Cabral, S. Cordeiro de Freitas, C.M. Araujo, D.I.B. Taxi, C.M. Donangelo, R.A. Mattietto, M. Friedrich, V. Martins da Matta & F. Marx. 2012. Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açaí fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. *Food Chemistry*, 133(2):256-263.

Hernández, M.S, Martínez O., Fernández-Trujillo JP. 2007. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae* 111(3) p Pozo-Insfran, D.; Brenes, C. y Talcott, S. 2004. Phytochemical composition and pigment stability of Asaí (*Euterpe E. oleracea* Martius). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 1539-1545. 220-227

Kang, J., K.M. Thakali, C. Xie, M. Kondo, Y. Tong, B. Ou, G. Jensen, M.B. Medina, A. G. Schauss & X. Wu. 2012. Bioactivities of açai (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. *Food Chemistry*, 133(3):671-677.

Orjuela N.M, Barrera J.A.2014. Metodología para caracterizar los procesos de maduración de frutos de palmas neotropicales. (Documento de trabajo Inédito). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Peña, L.F.B. Giraldo, J. Barrera y M.S. Hernández. 2012. Obtención de pulpa de asaí (*Euterpe precatoria* Mart) en la Amazonia norte colombiana. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín Colombia Volumen 19 Suplemento 1 pp147-150*

Pozo-Insfran, D.; Brenes, C. y Talcott, S. 2004. Phytochemical composition and pigment stability of Asaí (*Euterpe E. oleracea* Martius). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 1539-1545

Rocha, E. & V.M. Viana. 2004. Manejo de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) no Seringal Caquetá, Acre, Brasil. *Scientia forestalis*, 65:59-69.

Velarde, M.J. & M. Moraes. 2008. Densidad de individuos adultos y producción de frutos del asaí (*Euterpe precatoria*, *Arecaceae*) en Riberalta, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 43(2):99-110







# CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO DE MORICHE (*Mauritia flexuosa*) EN EL GUAVIARE

Jaime Barrera, Marcela Carrillo, Luisa Peña, Juliana Cardona, Nubia Orjuela, Lorena García, Sandra Castro., Orlando Martínez, Bernardo Giraldo y María Soledad Hernández

## Resumen

El moriche o aguaje *Mauritia flexuosa* es una palmera dioica que alcanza los 40 m de altura, la fruta es globosa, 4-6 cm por 3-5 cm, y generalmente tiene una sola semilla; el crecimiento y desarrollo de la fruta de la configuración de la fruta es de 250 días y las mayores tasas de cambio asociadas con el crecimiento en tamaño ocurren durante los primeros 50 a 100 días. Los frutos exhiben un comportamiento climatérico típico durante su etapa de desarrollo inicial que disminuye durante los primeros 100 días después de la antesis, después de lo cual aumenta ligeramente la tasa de respiración día 180 al día 320 y finalmente un período de estabilidad hasta la madurez. ausencia de niveles detectables de etileno durante los períodos de muestreo. Después de la antesis, la fertilización del óvulo se evidencia por el engrosamiento del ovario de la flor, que está cubierto por intensas escamas verdes que comienzan a emerger por encima del perianto, este proceso ocurre durante los primeros 92 días de desarrollo. Más tarde continúa aumentando el tamaño del ovario, constituyéndose en la etapa de desarrollo de la fruta, en la que aumenta de tamaño, observando el color verde oliva el crecimiento, la multiplicación y la fase de expansión celular ocurre durante el período comprendido entre el muestreo 5 y el 11 (días 36 a 71 después de la apertura floral) Los carotenoides registran un comportamiento ascendente durante el desarrollo y la maduración de la fruta con diferencias significativas entre los muestreos Estos valores permiten considerar la fruta como una buena fuente de provitamina A, ya que el consumo mínimo diario recomendado de vitamina A en términos de  $\beta$  caroteno Los ácidos grasos registran un comportamiento ascendente durante el desarrollo y la maduración de la fruta con diferencias significativas entre el muestreo de 3 mg / día para adultos y niños mayores de 5 años según la resolución 288 de 2008 del Ministerio de Protección Social.

## Introducción

La familia Araceae es muy prolífica, todas las palmas del neotrópico hacen parte de ella. El Moriche, aguaje o moriche (*Mauritia flexuosa*) es una palma de dicha familia, de biología dioica que alcanza 40 m de altura, en la que los individuos machos y hembras florecen sincrónicamente, siendo menor de una semana la duración de la inflorescencia mientras que las flores individuales duran un máximo de 5 días. El fruto es globoso, de 4-6 cm por 3-5 cm, y usualmente tiene una única semilla (Khorsand-Rosa & Koptur 2013, Khorsand-Rosa 2013).

Respecto al fruto de *M. flexuosa*, se ha reportado que es rico en ácido oleico y tocoferoles, predominantemente  $\beta$ + $\gamma$ -tocoferoles, siendo una buena fuente de ácidos insaturados y muy rica en Vitamina E, con un rico contenido de aceites poliinsaturados que contribuyen a su actividad antioxidante (Rodrigues *et al.* 2010, Darnet *et al.* 2011, Santos *et al.* 2013).

Poco o ningún estudio se encuentra sobre su crecimiento reproductivo, por lo que el presente estudio abordó la caracterización de su desarrollo reproductivo, para la generación de nuevo conocimiento sobre cambios morfoquímicos durante su crecimiento y desarrollo. De este conocimiento se desprende el aplicar índices de recolección apropiados para mayor eficiencia en la cosecha y reducción de pérdidas en poscosecha

Aspectos previos de la etapa reproductiva han sido reportados por autores como Ponce-Calderón (2002), quien realizó el seguimiento de la fenofase reproductiva de moriche durante dos años en tres comunidades: morichal abierto, morichal cerrado y bosque siempreverde, en 20 individuos femeninos.

El mismo autor indica que la fructificación en la población es sincrónica, pero que a nivel de individuo hay asincronía de un año a otro, de manera que una palma puede manifestar fenofase de fructificación el primer año y no producir floración ni infrutescencias en el siguiente período. Condición particular que hace difícil su inclusión en procesos productivos, y solo porque su población natural es tan abundante en los bosques de Amazonia, se hace posible su aprovechamiento.

Los patrones de maduración y caída de frutos incrementaron con las lluvias encontrándose que más del 70% de los frutos maduran y caen entre junio-agosto, meses de mayor precipitación. Ponce-Calderon (2002), sugiere que la diferencia entre producción de frutos entre las tres comunidades puede deberse a la disponibilidad del recurso luz, presentándose la mayor producción en el morichal abierto, aún a pesar de que presentó la menor densidad de individuos.

Khorsand-Rosa (2013), al estudiar poblaciones de tipos de hábitats: bosque, ecotono entre el bosque y la sabana, y sabana con disturbios, en la Amazonia brasilera, encontró que la fenología de floración y fructificación no varió significativamente con el hábitat, siendo semejante en hábitat de ecotono y bosques, y entre hábitat con y sin disturbios, lo cual discrepa de lo encontrado por Ponce-Calderón (2002), La floración ocurrió durante la interfase húmeda-seca (agosto-noviembre), y la mayor disponibilidad de frutos maduros ocurrió durante la temporada húmeda. Adicionalmente, se encontró que la relación de sexos está desviada hacia las hembras, y no hay claridad sobre la polinización de la especie, en ninguno de los ambientes estudiados (Khorsand-Rosa 2013).

Respecto a la relación de las condiciones climáticas con la biología reproductiva de moriche, se encontró en la Amazonia brasilera que la precipitación se asoció negativamente con la floración y positivamente con el fructificación, y que la humedad del suelo y la inundación durante la estación húmeda fueron los mejores predictores de la producción de frutos y semillas (Khorsand-Rosa 2013). En tanto que en la Amazonia venezolana, Ponce-Calderón (2002) reportó para esta misma especie que la maduración y caída de los frutos ocurrió en la estación húmeda, coincidiendo con los máximos de precipitación. Khorsand-Rosa (2013), sugiere el estudio futuro de patrones fenológicos en distintas regiones de la Amazonia, para diferenciar el efecto de las variaciones climáticas regionales de las tendencias del cambio climático.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la zona noroccidental de la Amazonia colombiana, en el municipio de San José del Guaviare (departamento de Guaviare). La moriche se estudió en el ambiente descrito en la tabla 1.

**Tabla 1.** Hábitat en el cual se evaluará cada una de las especies de palmas.

Especie	Ambiente	Descripción del ambiente o hábitat
<i>Mauritia flexuosa</i>	Morichal	Bosque dominado por la especie <i>M. flexuosa</i> , ubicada en zonas inundables. En zonas del paisaje como planos de inundación y terrazas bajas.

Fuente: Elaboración propia.

Se propuso la aplicación de una metodología enfocada en la caracterización de la fase de maduración y los cambios de composición química ocurridos durante esta etapa, para fijar los índices de recolección para los diferentes usos de la pulpa de asaí (Orjuela & Barrera, 2014). Este procedimiento evaluó características fisiológicas y de composición química de los racimos en diferentes estados de madurez, durante un solo período de maduración, que pueden encontrarse en un mismo momento en campo.

Se tomaron datos de 16 racimos por estado en el campo para construir los modelos de crecimiento que se presentan a continuación:

Se hizo la evaluación del incremento de masa y tamaño (diámetros longitudinal y ecuatorial) según la descripción de estado de madurez en la escala del racimo propuesta (por desarrollo de color y tamaños) (Figura 1). Los factores incluidos en el análisis fueron:

- **Ambiente:** Se refiere al ambiente en donde estaba creciendo el individuo del que se colectó la muestra. Bosque de Tierra firme (F), bosque de zona inundable (I) (Tabla 1).
- **EstamaduR:** Se refiere al estado de madurez del racimo (I, II, III, IV, V) (Figura 1).
- **Zona:** Se refiere a la zona o tercio del racimo de donde se tomó la muestra. Puede ser base, medio o ápice.
- **Peso\_tot\_raci:** Peso total del racimo medido en kilogramos (kg).
- **long\_rq:** Longitud del raquis en centímetros (cm).
- **Pesofre:** Es el peso fresco del fruto medido en gramos (g).
- **DL:** Corresponde al diámetro longitudinal de los frutos medido en milímetros (mm).
- **DE:** Corresponde al diámetro ecuatorial de los frutos medido en milímetros (mm).

**Bioquímicos** Se refiere a Carotenoides totales ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \cdot \text{B.H}$ ) y extracto etéreo medido en porcentaje (%).

**Respiración:** Se refiere a la tasa de producción de  $\text{CO}_2$  del fruto en  $\text{mlCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{b}^{-1}$ . La intensidad respiratoria y la emisión de etileno de los frutos fue medida mediante una modificación del método de atmósfera confinada propuesto por Hernández *et al.* (2007), la cual consiste en la introducción de cada uno de los frutos previamente pesados en cámaras herméticas inmediatamente después de ser desprendidos de la planta (ubicada en cada sitio del municipio de San José del Guaviare), durante un periodo de una hora, después del cual se procedió a tomar una muestra de 10mL de gases e inyectarla en un vial previamente dispuesto al vacío. Cabe destacar que la intensidad respiratoria de los frutos se reporta como dióxido de carbono producido por unidad de volumen y tiempo del sistema internacional ( $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )

A partir de los gases almacenados en los viales se evaluó la emisión de dióxido de carbono y de etileno de los frutos por medio de cromatografía de gases, en un cromatógrafo marca Agilent 4890 acoplado con un software de adquisición de datos Clarity Lite (ubicado en el laboratorio de Poscosecha del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, sede Bogotá). Los métodos utilizados para la detección de dióxido de carbono y de etileno se presentan en la tabla 1.

## Análisis de datos

Los análisis de varianza para variables morfoquímicas durante el desarrollo del fruto se realizaron mediante el modelo general lineal ( $P < 0.05$ , para identificar las medias que difirieron significativamente ( $p < 0.05$ ). Se realizaron únicamente para las variables longitud de raquis, peso total del racimo, peso fresco y diámetros de los frutos. Los análisis estadísticos y la prueba de comparación de medias múltiple de Tuckey se realizó en InfoStat V 2016

**Tabla 1.** Métodos utilizados para la detección de CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

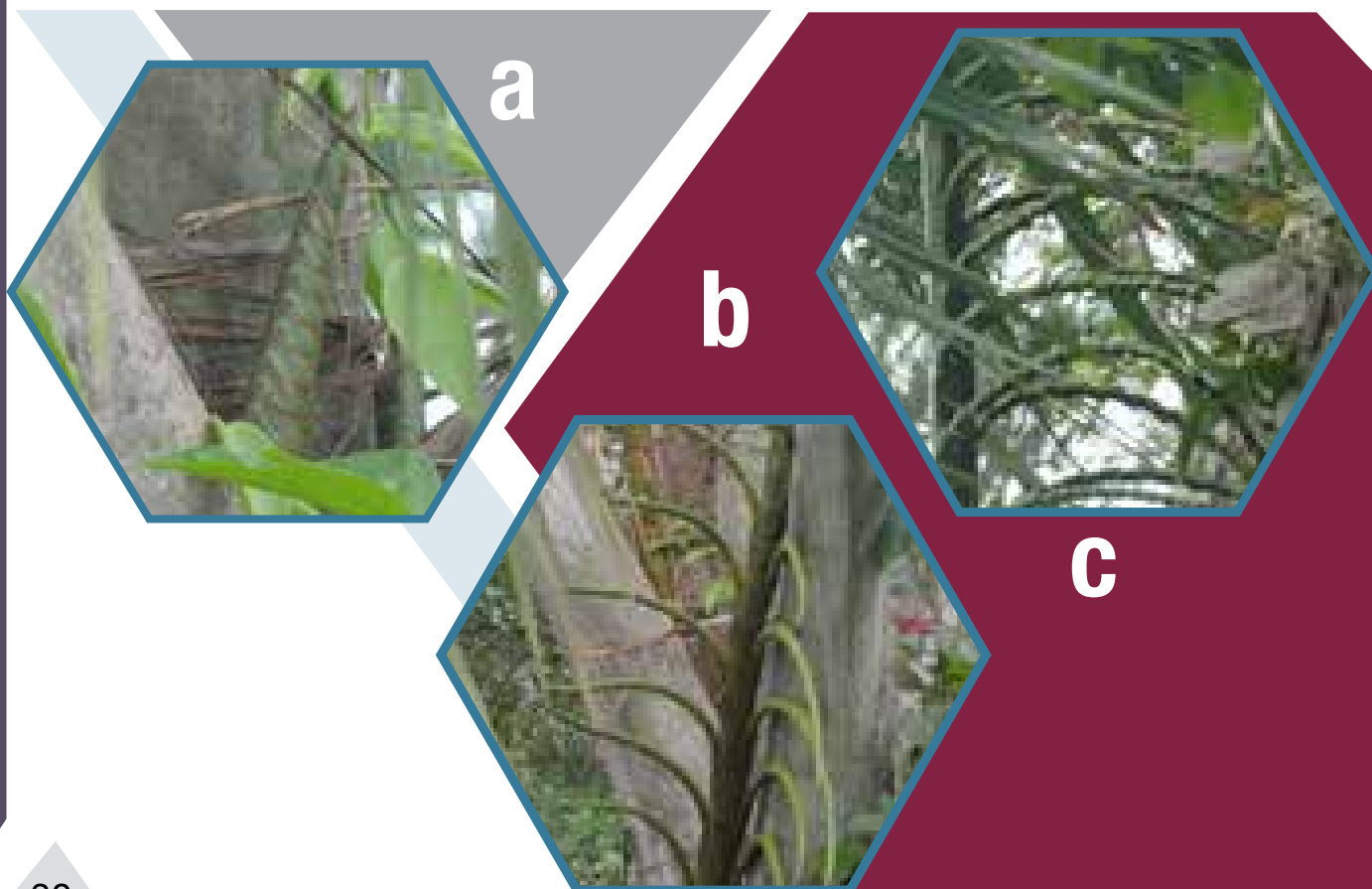
	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
T inyector (°C)	100	100
T horno (°C)	30	50
Rampa	30°C(1min)	
	30°C/min	
	50°C	
T final (°C)	50	
t corrida (min)	2,5	3,5
Detector	TCD	FID
T detector	250	250
Gas de arrastre	Helio	Helio
Flujo (mL/min)	8,9	12,5

El peso de los frutos, medido con y sin perianto se ajustó a un modelo exponencial no lineal con 30 muestreos realizados durante los 320 días del desarrollo. Los análisis de varianza se realizaron mediante el modelo general lineal, con un nivel de significancia del 5%, empleando el programa estadístico InfoStat V 2016. La prueba de comparación de medias múltiple de Tukey se realizó en InfoStat V 2016 para identificar las medias que difirieron significativamente ( $\alpha=0.05$ ). Se analizaron modelos de regresión para las variables bioquímicas usando InfoStat V 2016 seleccionando el mejor modelo por el R<sup>2</sup> y la significancia en los términos del modelo.

*Fuente: Elaboración propia.*

## Resultados y discusión

Los individuos hembra de moriche, presentan inflorescencias que se van desarrollando interfoliarmente, libres de espata a diferencia de las otras especies de estudio. De manera que es más fácil observar diferentes estados fenológicos de la inflorescencia.



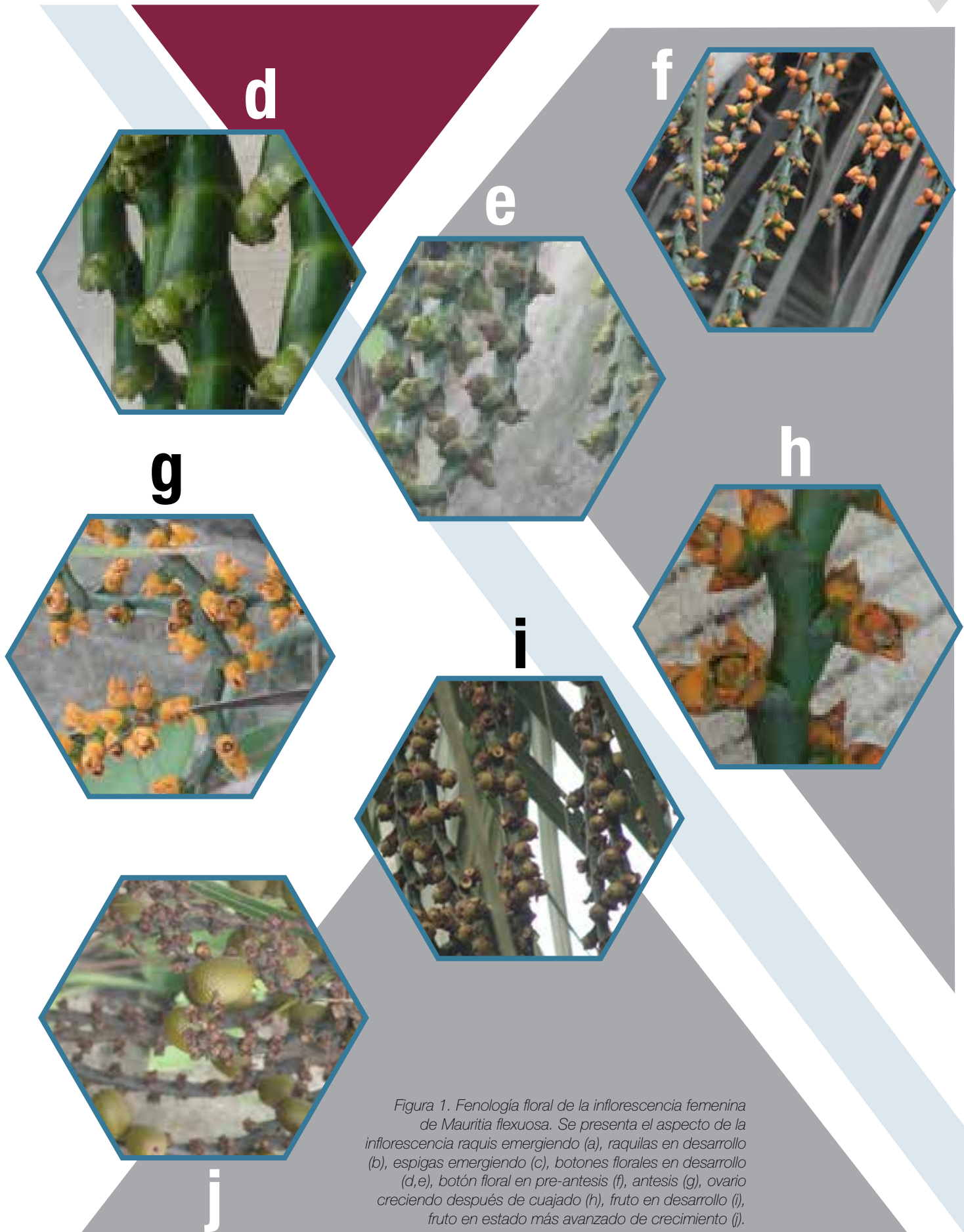


Figura 1. Fenología floral de la inflorescencia femenina de *Mauritia flexuosa*. Se presenta el aspecto de la inflorescencia raquis emergiendo (a), raquis en desarrollo (b), espigas emergiendo (c), botones florales en desarrollo (d,e), botón floral en pre-antesis (f), antesis (g), ovario creciendo después de cuajado (h), fruto en desarrollo (i), fruto en estado más avanzado de crecimiento (j).

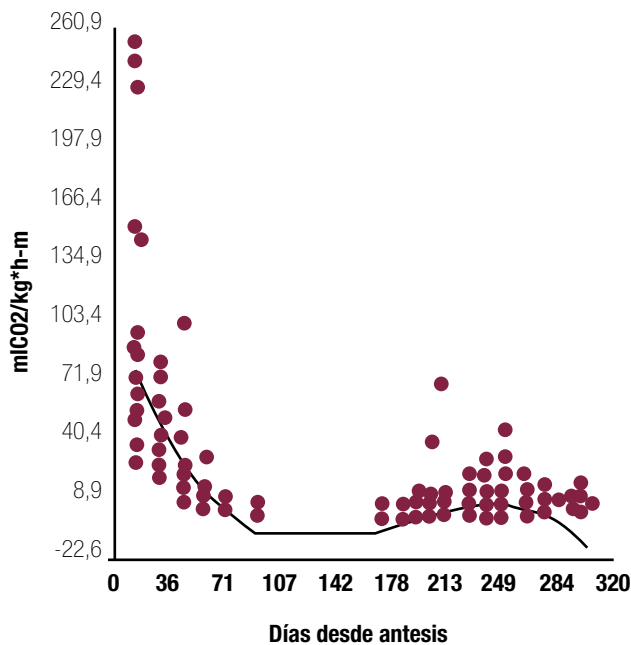
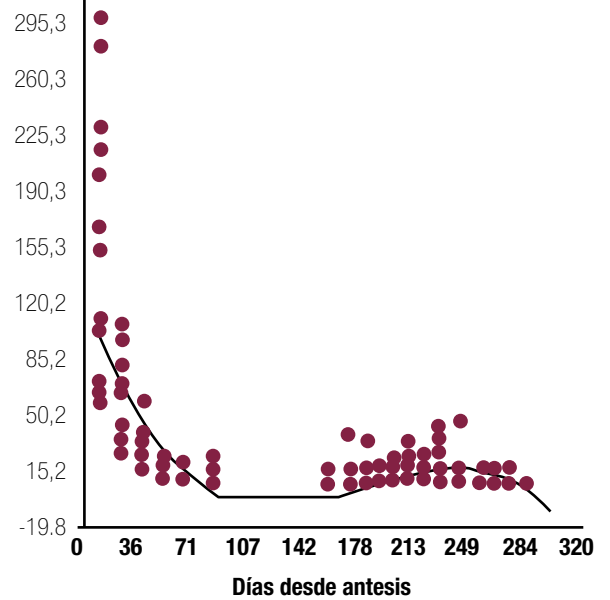
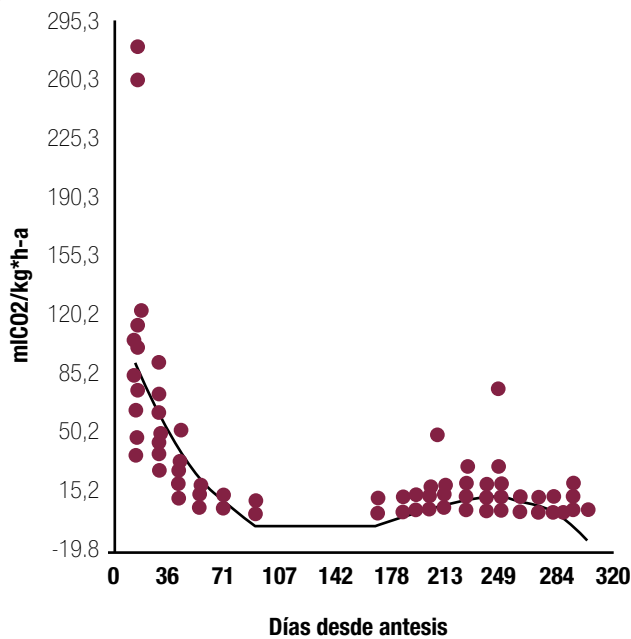


Figura 2. Evolución de la respiración de los frutos medidos  $mIC_{02} \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$  durante la I fase de muestreo (Semanal) en el departamento del Guaviare. Frutos sector apical del racimo (a) ( $R^2: 0.58$ ;  $F: 138,17$   $p$ -valor  $< 0,0001$ ). Frutos sector medio del racimo (m) ( $R^2: 0.58$ ;  $F: 138,97$   $p$ -valor  $< 0,0001$ ). Frutos sector basal del racimo (b) ( $R^2: 0.59$ ;  $F: 139,82$   $p$ -valor  $< 0,0001$ ).

El proceso de fructificación inicia con la emergencia del raquis cubierto por brácteas que protegen la yema de donde más adelante se desarrollarán las ramas o raquillas (Figura 1,b). Estas raquillas a su vez tienen brácteas que protegen las yemas en donde se desarrollarán las espigas que contienen de 2 a 6 botones florales femeninos cada una. Una vez emerge la espiga inicia el desarrollo de los botones florales, hasta la antesis, indicada por la apertura del perianto y exposición del estigma (Figura 1 c-g).

La fecundación del óvulo se evidencia por el engrosamiento del ovario de la flor, que está cubierto por escamas de color verde limón, y empieza a emerger por encima del perianto (Figura 1h). Finalmente sigue incrementando el tamaño del ovario, constituyéndose en la etapa de desarrollo del fruto, en la que va aumentando de tamaño, de color verde oliva característico (Figura 1i,j).

Los frutos de moriche exhiben un comportamiento típico climatérico durante su etapa de desarrollo comprendida por un descenso considerable de la tasa de respiración del fruto, que se ve disminuido de manera estadísticamente significativa durante los primeros 100 días después de antesis, luego del cual se observa un leve aumento en la tasa de respiración desde el día 180 hasta el día 320 y finalmente un periodo de estabilidad hasta la madurez. El carácter climatérico del fruto de moriche, por el patrón de emisión de  $CO_2$  no se ve confirmado por emisión perceptible de etileno. Este análisis permite establecer protocolos para el aprovechamiento sostenible de los frutos de la especie, ya que podemos establecer estados de madurez cercanos al estado madurez final para el aprovechamiento, sin que se afecte la calidad de los productos. De igual manera, con el conocimiento del ciclo reproductivo es posible establecer las épocas apropiadas para las cosechas de los frutos en los estados de madurez adecuados.

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre zonas del racimo, pero sí entre días de muestreo ( $F: 0.29$   $P > 0.05$ ;  $F: 14.51$   $P < 0.01$ ). Después de la antesis, la fecundación del óvulo se evidencia por el engrosamiento de estructuras accesorias del ovario, que está cubierto por escamas de color verde limón, y empieza a emerger por encima del perianto, este proceso ocurre durante los primeros 92 días de desarrollo. Posteriormente continúa incrementando el tamaño del fruto, de color verde oliva (figura 1j)

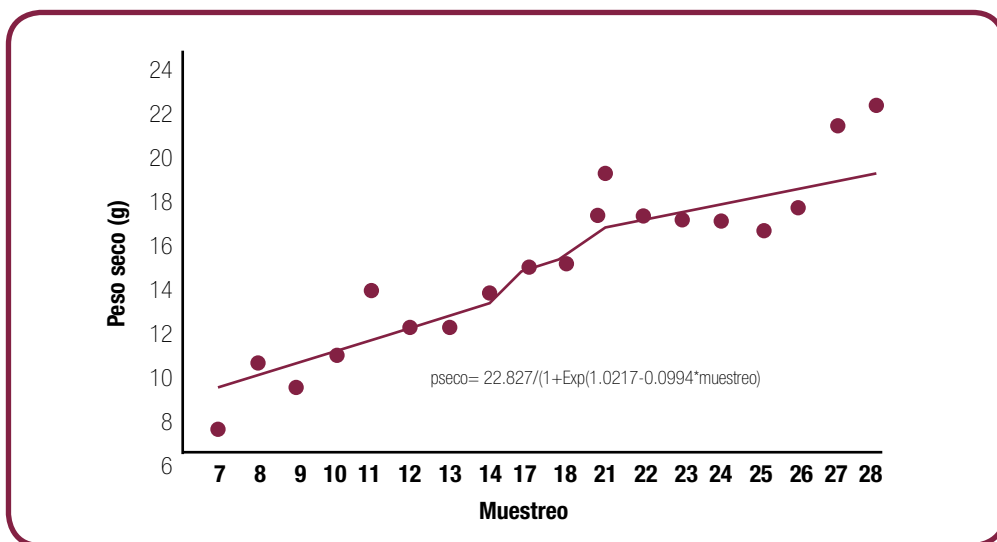
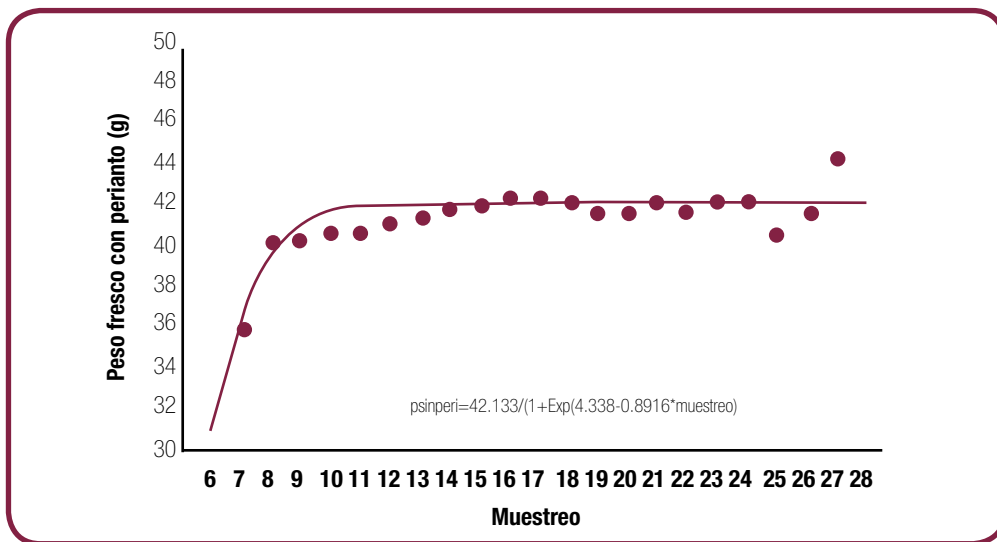
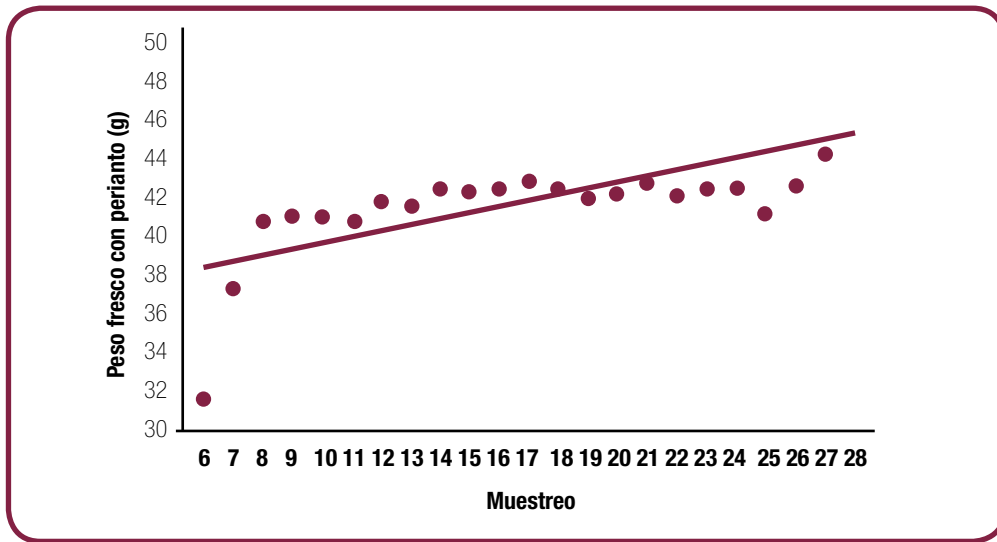


Figura 3. Evolución del peso fresco con y sin perianto y el peso seco de los frutos medidos en gramos (g) durante el crecimiento y maduración de los frutos de moriche en el departamento del Guaviare. (Peso seco R<sup>2</sup>: 0.85; Peso fresco con perianto R<sup>2</sup>: 0.33; Peso fresco sin perianto R<sup>2</sup>: 0.43; F: 55,22; P: 0,0001).



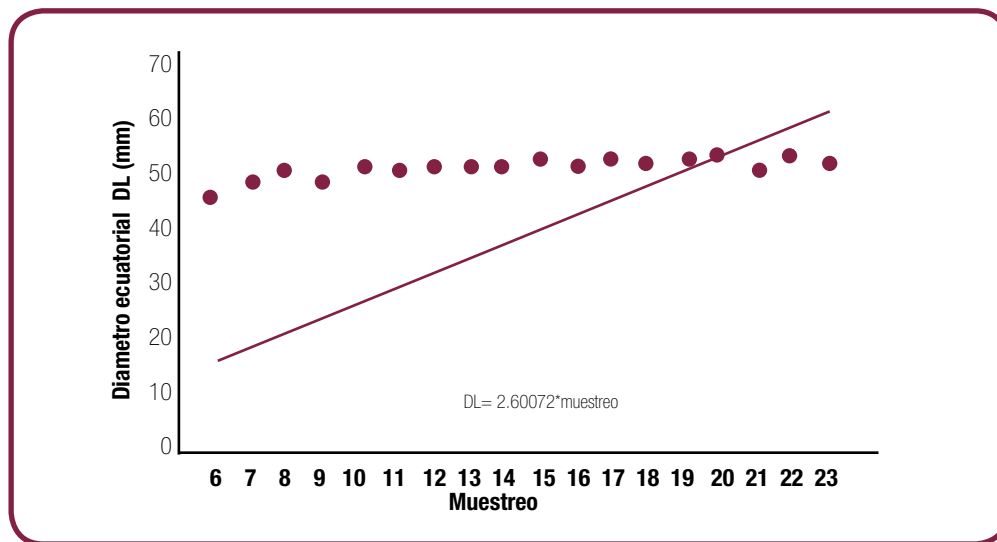
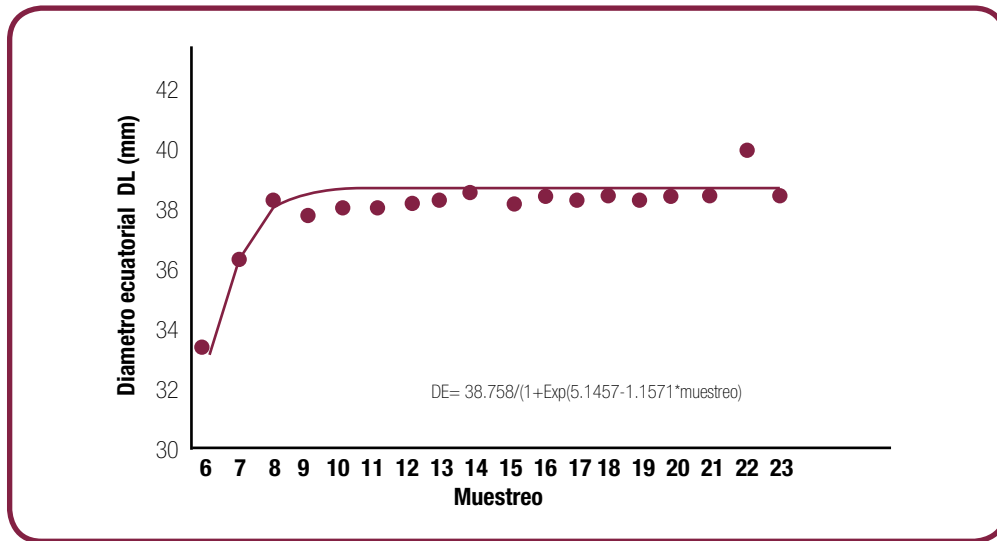


Figura 4. Evolución del diámetro ecuatorial y trasversal de los frutos medidos en mm durante el crecimiento y maduración de los frutos de Moriche en el departamento del Guaviare.

Se encontró un ajuste satisfactorio de la variable, diámetro transversal a un modelo exponencial el cual exhibió un R2 mayor a 0,43. La figura 4 permite observar que la fase de crecimiento, multiplicación y expansión celular se da durante el periodo comprendido entre el muestreo 5 y el 11 (días 36 a 71 después de la apertura floral). Para todos los casos se observa una estabilización posterior del tamaño, durante la cual, diversos autores reportan se dan los cambios metabólicos de la maduración (Hernández y Barrera, 2004).

## Carotenoides

En la figura 5 se observa el comportamiento del modelo de regresión para los carotenoides totales durante en el tiempo. El modelo para los Carotenoides en el fruto en función del muestreo (Figura 3) tuvo un ajuste de  $r^2=0.58$  y fue:

$$\text{Carotenoides totales } \frac{\text{mg}}{100\text{g}} \text{ (B.H),} = 92,32 - 9,7 * \text{muestreo} + \text{muestreo}^2$$

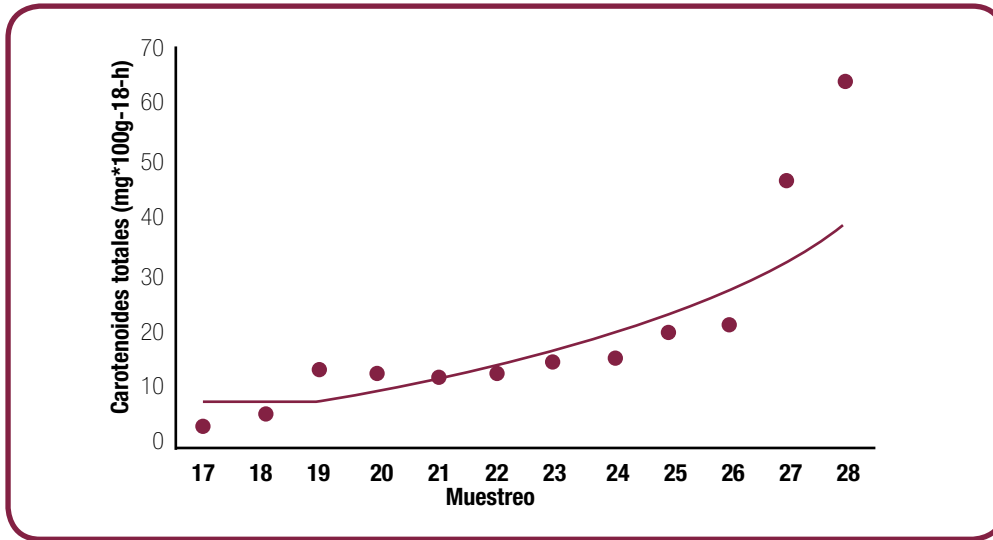


Figura 5. Evolución de las Carotenoides totales (mg\*100g-1B.H), durante el crecimiento y maduración de los frutos de Moriche en el departamento del Guaviare

Los carotenoides aumentan durante el desarrollo y maduración del fruto con diferencias significativas entre muestreos ( $P:0.0000$ ). Los carotenoides se incrementan durante el desarrollo del fruto, en la tonalidad verde oliva de un valor de  $4.22 \pm 0.62$  mg\*100g-1 B.H a un valor de  $64.25 \pm 2.48$  mg\*100g-1 B.H. Entre los carotenoides se encuentran el licopeno,  $\alpha$ caroteno,  $\beta$ caroteno y caroteno, todos con alguna actividad como precursores de la vitamina A. Entre las xantofilas la luteína, capsantina, criptoxantina y astaxantina.

Estos valores permiten considerar la fruta como una buena fuente de provitamina A, ya que el consumo mínimo diario recomendado de vitamina A en términos de  $\beta$  caroteno es de 3mg/día para adultos y niños mayores de cinco años según la resolución 288 de 2008 del ministerio de Protección Social.

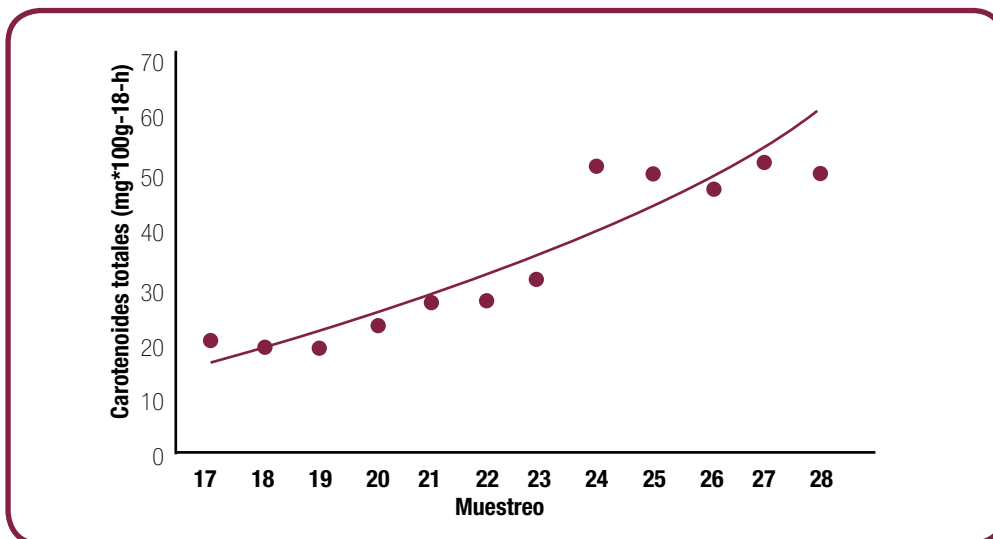


Figura 6. Evolución del extracto etéreo (%), durante el crecimiento y maduración de los frutos de Moriche en el departamento del Guaviare.

En la figura 6 se observa el comportamiento del modelo de regresión para los carotenoides totales durante los muestreos. El modelo para el extracto etéreo en el fruto en función del muestreo (Figura 4) tuvo un ajuste de  $r^2=0.78$  y fue:

$$\text{Extracto etereo (\%)} = \frac{125,2}{1 + \exp(4,85 - 0,17 * \text{muestreo})}$$

Los ácidos grasos registran un comportamiento ascendente durante el desarrollo y maduración del fruto con diferencias significativas entre muestreos ( $P:0.0000$ ). Los ácidos grasos se incrementan durante el desarrollo del fruto de un valor de  $20.18 \pm 0.66\%$  a un valor de  $51.86 \pm 2.64\%$ . Los ácidos grasos se encuentran como componentes de los lípidos, específicamente en los fosfolípidos y glicolípidos de las membranas y los triacilglicerolos de las semillas, el aceite de pescado y las membranas adiposas de los animales.

Existe un amplio rango de ácidos grasos, los cuales varían en la longitud de la cadena, el número de enlaces dobles (insaturaciones), y su proporción dependiendo de la fuente de donde provengan. Estos pueden ser de cadena corta (C4 – C10), mediana (C12 – C14), larga (C16 – C22) o muy larga ( $>C22$ ). Entre los más comunes de los saturados se encuentran el ácido

palmítico y el esteárico, mientras que entre los insaturados están el oléico, el linoléico, el linolénico, comúnmente conocidos como  $\omega 9$ ,  $\omega 6$  y  $\omega 3$ , respectivamente, cuyos valores son altos si se les compara con los contenidos de especies de amazonia, tal como sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

Estos últimos se caracterizan por que el cuerpo humano no los puede sintetizar, y son necesarios para el correcto funcionamiento del metabolismo; por lo tanto, se dice que son compuestos esenciales. Adicionalmente, se ha encontrado que el consumo de ácidos grasos insaturados disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular, baja la presión sanguínea, disminuye la agregación de plaquetas, tiene efectos antiinflamatorios involucrados con enfermedades como la artritis y restringen el crecimiento tumoral, entre otros efectos.

## Conclusiones

El fruto de moriche exhibe un crecimiento de tipo sigmoideal simple, con un ajuste de  $R^2=0.53$ , en el que el aumento en peso seco, es la variable que mejor explica el aumento de tamaño del fruto. Los carotenoides aumentan en un solo ciclo de evaluación, en condiciones de San José del Guaviare, con valores que son significativamente altos. sin embargo, los contenidos pueden satisfacer plenamente los requerimientos de ingesta de provitamina A, de una dieta básica de 2000 kcal. A futuro, la disponibilidad de esta vitamina liposoluble en el tracto digestivo de consumidores, será un objeto de estudio, para identificar la biodisponibilidad. Los modelos encontrados en este estudio disminuyen los costos de futuros estudios de investigación sobre esta especie ya que los muestreos destructivos disminuyen de manera drástica.

# BIBLIOGRAFÍA

Orjuela N.M, Barrera J.A.2014. Metodología para caracterizar los procesos de maduración de frutos de palmas neotropicales. (Documento de trabajo Inédito). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Darnet, S. H., Meller da Silva L.H., Rodrigues A.M.C. & Lins R.T. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(2):488-491.

Hernández, M.S, Barrera J.A. 2004 Aspectos biológicos y conservación de frutas promisorias de la Amazonía Colombiana. Capítulo 5, canangucha (*Mauritia Flexuosa*). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Hernández , M.S, Martínez O., Fernández-Trujillo JP. 2007. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae* 111(3) p. 220-227

Khorsand-Rosa, R.S. & S. Koptur. 2013. New findings on the pollination biology of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in Roraima, Brazil: linking dioecy, wind, and habitat. *American Journal of Botany*, 100(3):613-621.

Khorsand-Rosa, R.S. 2013 "Influence of Habitat on the Reproductive Ecology of the Amazonian Palm, *Mauritia flexuosa*, in Roraima, Brazil". FIU Electronic Theses and Dissertations. Paper 842. Consultada en línea el 1 Marzo de 2014. Disponible en: <http://digitalcommons.fiu.edu/etd/842>.

Ponce-Calderon, M.E. 2002. Patrones de caída de frutos en *Mauritia flexuosa* L.f. y fauna involucrada en los procesos de remoción de semillas. *Acta Botánica Venezuelica*, 25(2):119-142.

Rodrigues, A.M.C., S. Darnet & L.H.M. Silva. 2010. Fatty acid profiles and tocopherol contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucuma (*Astrocaryum vulgare*), Mari (Poraqueiba paraensis) and Inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(10):2000-2004.

Santos, M. F. G., S .Marmesat, E. S. Brit, R.E. Alves & M.C. Dobarganes. 2013. Major components in oils obtained from Amazonian palm fruits. *Grasas y aceites*.





# DESARROLLO REPRODUCTIVO DE SEJE (*Oenocarpus bataua*) EN EL GUAVIARE

Jaime Barrera, Nubia Orjuela, Luisa Peña<sup>1</sup>, Marcela Carrillo, Juliana Cardona, Lorena García, Sandra Castro, María Soledad Hernández, Orlando Martínez y Bernardo Giraldo

## Resumen

La palma de seje, es entre las palmas netropicales una de las de mayor prospección por la calidad del aceite que se extrae de sus frutos. Su fenología es un poco compleja, con un largo período de desarrollo, con alta variabilidad y su producción se encuentra asociada a varios factores ambientales que no permiten generalizar su comportamiento en los diferentes hábitats. Este estudio es uno de los primeros en acercarse a algunos aspectos fisiológicos de la fase de maduración de sus frutos. Se pudieron establecer cinco etapas durante su maduración y en la etapa III en la que se alcanza el máximo peso total de frutos. El patrón respiratorio es no climatérico y los contenidos de polifenoles, flavonoides y antocianos, puede ser como lo indican otros estudios, mayores que las de otras palmas como el asaí.

## Introducción

La palma de seje *Oenocarpus bataua* tiene alturas entre 4-26 m, es monoica con inflorescencias bisexuales de 2 m de longitud, en cuyas raquillas en promedio pueden haber 327 y 60 flores masculinas y femeninas respectivamente, distribuidas en triadas hacia la base y diadas hacia el ápice de la raquia, de manera que el número total de flores en la inflorescencia es alrededor de cien mil (Núñez-Avellaneda & Rojas-Robles 2008). Para esta especie se ha reportado que la baja eficiencia reproductiva puede ser causada por plagas de insectos que ovipositan ocasionando la destrucción de los óvulos, y de factores ambientales como deficiencias nutricionales en los suelos que ocasionan abortos (Ruiz & Alencar 2004). Esta condición hace muy difícil el aprovechamiento de manera regular de la especie, ya que hay incertidumbre de la periodicidad de su producción, ya que su etapa reproductiva se puede prolongar al menos dos años.

En relación a la fenología de seje, se ha reportado que las fenofases reproductivas se presentan durante todo el año (Cifuentes *et al.* 2010, Ruiz & Alencar 2004), y la producción de frutos maduros tiene su máximo al final de la estación lluviosa, (Ruiz & Alencar 2004). En poblaciones de los Andes colombianos, se encontró de manera similar que la floración ocurrió en el periodo con menor precipitación, y fue asincrónica en la población (Núñez-Avellaneda & Rojas-Robles 2008).

En Colombia, para el Chocó biogeográfico se ha establecido que el ciclo fenológico de esta especie a nivel de población, desde la aparición de yemas hasta la caída de los frutos, tiene una duración de 4 años, es cíclico y de baja sincronía; sin embargo, existe un traslape de ciclos, de manera que un nuevo

ciclo reproductivo inicia a los 34 meses de haber comenzado el ciclo anterior, y durante el ciclo la producción de frutos maduros no es continua, presentándose por 22 meses alternados por 12 meses sin producción (Cifuentes *et al.* 2010).

No todos los botones florales se convirtieron en frutos maduros, el 74% de éstos se convirtió en frutos verdes y sólo 24% llegó al estado de fruto maduro. En relación al efecto de la inundación sobre la productividad de seje, se encontró que la producción de frutos maduros ocurrió en la misma época entre ecosistemas con inundaciones periódicas y ocasionales, pero la productividad individual fue distinta, pudiendo obedecer a factores como disminución en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida por las copas debido a la competencia por luz, la cual está asociada a competencia por nutrientes en el suelo, o a inundaciones que limitan la disponibilidad de oxígeno para las raíces, afectando las tasas de productividad y fotosíntesis, e inhibiendo la síntesis de etileno, indispensable para la maduración de los frutos (Cifuentes *et al.* 2010), Resulta incierto si la precipitación, la insolación y la temperatura guardan relación con la fenología, ya que hay resultados contrastantes, como los encontrados por Ruiz & Alencar (2004), estudiando el seje en la Amazonia brasilera.

Los frutos de seje son ovoides de 2.5-3.5 cm de largo por 2.0-2.5 cm de diámetro, y de color púrpura oscuro, y su maduración

dura entre 8-12 meses (Núñez-Avellaneda & Rojas-Robles 2008); y la composición bromatológica en el fruto varía con la época de cosecha (Souza *et al.* 2012).

Rezaire *et al.* (2014) estudiaron frutos maduros de seje, encontrando alta actividad antioxidante de la pulpa pudiendo estar relacionada con la alta concentración de taninos condensados, y otros polifenoles, de manera que los autores proponen a este fruto como un recurso con potencial para ser valorado en los campos de la nutrición, farmacéutica y cosmética, sin embargo, se requieren más estudios de actividad biológica. Adicionalmente, en los frutos de esta misma especie se ha reportado la presencia de tocoferoles, predominantemente de  $\alpha$ -tocoferol y que la composición de ácidos grasos es semejante a la del aceite de oliva, con alto contenido de ácido oleico, siendo buena fuente de ácidos grasos insaturados (Darnet *et al.* 2011). Además, dado el porcentaje de grasa promedio del fruto es de 60%, se considera un fruto oleaginoso en el que los lípidos contribuyen al 80% de las calorías.

El presente estudio estableció los cambios morfoquímicos del seje durante su crecimiento y desarrollo. Las variables de respuesta fueron respiración, número y peso de frutos por racimo, peso de los racimos, diámetros longitudinal, ecuatorial, humedad del fruto y polifenoles totales, con el fin de determinar su variación, durante el desarrollo reproductivo de la especie

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en la zona noroccidental de la Amazonia colombiana, en el municipio de San José del Guaviare (departamento de Guaviare), temperatura promedio de 27°C y 85% H.R. Se estudiaron palmas, seleccionadas al azar en dos ambientes descritos en la tabla 1 en un total de 25 palmas con 2 o tres racimos por individuo, en los dos ambientes propuestos

Se estudió la especie seje. Se estudiaron palmas en el ambiente descrito en la tabla 1.

**Tabla 1.** Detalle del ambiente o hábitat en el cual se evaluará cada una de las especies de palmas.

Especie	Ambiente	Descripción del ambiente o hábitat
Seje <i>Oenocarpus bataua</i>	Bosque de tierra firme	Bosques ubicados en zonas de lomeríos o llanuras aluviales que no sufren procesos de inundación periódicos.

Fuente: Elaboración propia.

Se propuso la aplicación de una metodología enfocada en la caracterización de la fase de maduración, que se inicia con una caracterización de las inflorescencias encontradas en el campo y los cambios morfológicos ocurridos en ésta, que permitiera sugerir momentos de recolección del racimo adecuados para el aprovechamiento de los frutos de estas especies (Orjuela-Baquero y Barrera, 2014). Este procedimiento no contempla un seguimiento de estados sucesivos de crecimiento y desarrollo de los frutos de la especie de interés en el tiempo, sino, que recolecta los diferentes estados de madurez de racimos, durante la fase de maduración, que dan cuenta de los principales cambios fisiológicos, químicos y morfológicos de los frutos. ¿De esta manera se dispuso de un mapa de los estados sucesivos de maduración del seje? y se hizo una descripción de estado de madurez de frutos asociado al color y tamaño de acuerdo con las tablas de índices de recolección desarrolladas para frutos de asaí, seje y moriche. Los cambios químicos y morfológicos fueron evaluados en los tercios medio, apical y basal del racimo, solo en frutos en estado maduro en un solo ambiente ecológico de tierra firme.

- **Estamadur:** Se refiere al estado de madurez del racimo (I, II, III, IV, V).
- **Zona:** Se refiere a la zona o tercio del racimo de donde se tomó la muestra. Puede ser base, medio o ápice.
- **peso\_tot\_fruk:** Peso total de los frutos de las tres zonas más los frutos caídos, medido en kilogramos (kg).
- **peso\_tot\_raci:** Peso total del racimo medido en kilogramos (kg).
- **Pesofre:** Es el peso fresco del fruto medido en gramos (g) para frutos en el raquis y frutos caídos
- **DL:** Corresponde al diámetro longitudinal de los frutos medido en milímetros (mm).

- **DE:** Corresponde al diámetro ecuatorial de los frutos medido en milímetros (mm).
- **Bioquímicos:** Flavonoides y polifenoles totales (mg ácido gálico\*100g-1gm B.H)
- **Respiración:** tasa de producción de CO<sub>2</sub> del fruto en  $\mu\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . La intensidad respiratoria y la emisión de etileno de los frutos fue medida mediante una modificación del método de atmósfera confinada propuesto por Hernández *et al.* (2007), la cual consiste en la introducción de cada uno de los frutos previamente pesados en cámaras herméticas inmediatamente después de ser desprendidos de la planta (ubicada en cada sitio del municipio de San José del Guaviare), durante un periodo de una hora, después del cual se procedió a tomar una muestra de 10mL de gases e inyectarla en un vial previamente dispuesto al vacío. Cabe destacar que la intensidad respiratoria de las frutas se reporta como dióxido de carbono producido por unidad de volumen y tiempo del sistema internacional ( $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ).
- A partir de los gases almacenados en los viales previamente preparados y en los que se inyectaron los gases de la respiración se evaluó la emisión de dióxido de carbono y de etileno de los frutos por medio de cromatografía de gases, en un cromatógrafo marca Agilent 4890 acoplado con un software de adquisición de datos Clarity Lite (ubicado en el laboratorio de Poscosecha del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, sede Bogotá). Los métodos utilizados para la detección de dióxido de carbono y de etileno se muestran en la tabla 1. El equipo de cromatografía gaseosa estaba provisto de un detector de conductividad térmica TCD que se mantuvo a 250oC Las condiciones de corrida fueron en el caso del CO<sub>2</sub> T del inyector 100oC, T horno 30oC con una rampa programada de aumento de 30oC.min<sup>-1</sup> hasta una temperatura final de 50oC. Para etileno el gas de arrastre fue Helio con un flujo de 12.5 mL.min<sup>-1</sup> y el detector FID.



Los análisis de varianza se realizaron mediante el modelo general lineal, con un nivel de significancia del 5%, empleando el programa estadístico InfoStat V 2016. La prueba de comparación de medias múltiple de Tukey se realizó en InfoStat V 2016 para identificar las medias que difirieron significativamente ( $\alpha=0.05$ ). Se realizaron únicamente para las variables peso total del racimo, peso fresco y diámetros longitudinal y ecuatorial de los frutos, Se realizaron correlaciones entre las variables del fruto contenido de humedad, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial y peso fresco.

## Resultados y discusión

En condiciones del Guaviare la palma de seje es una palma de estipe solitario, liso y conspicuamente anillado, con alturas de 5 a 18,45 metros ( $n = 39$ ), diámetros de  $20,9 \pm 2,5$  cm DAP. Es monoica, con inflorescencias infrafoliares que se exponen a  $10,5 \pm 4$  metros del piso. Cada inflorescencia puede tener hasta dos metros de largo, incluyendo pedúnculos florales de hasta  $36 \pm 8$  cm. La distribución de flores en las raquillas es en tríadas en la parte basal y en díadas hacia la parte apical.

### Número y peso de frutos de seje

No se presentaron diferencias significativas en el peso total de los frutos por racimo entre los diferentes estados de madurez ( $P < 0.05$ ) sin embargo en la figura 1 se observa que el mayor peso total de frutos en el racimo se alcanza en el estado III de maduración, coincidiendo en lo observado en frutos de asaí, durante su maduración. Los frutos de estas dos palmas maximizan su tamaño entre los estados III y IV de maduración, y muestran una transición entre el máximo tamaño y la maduración.

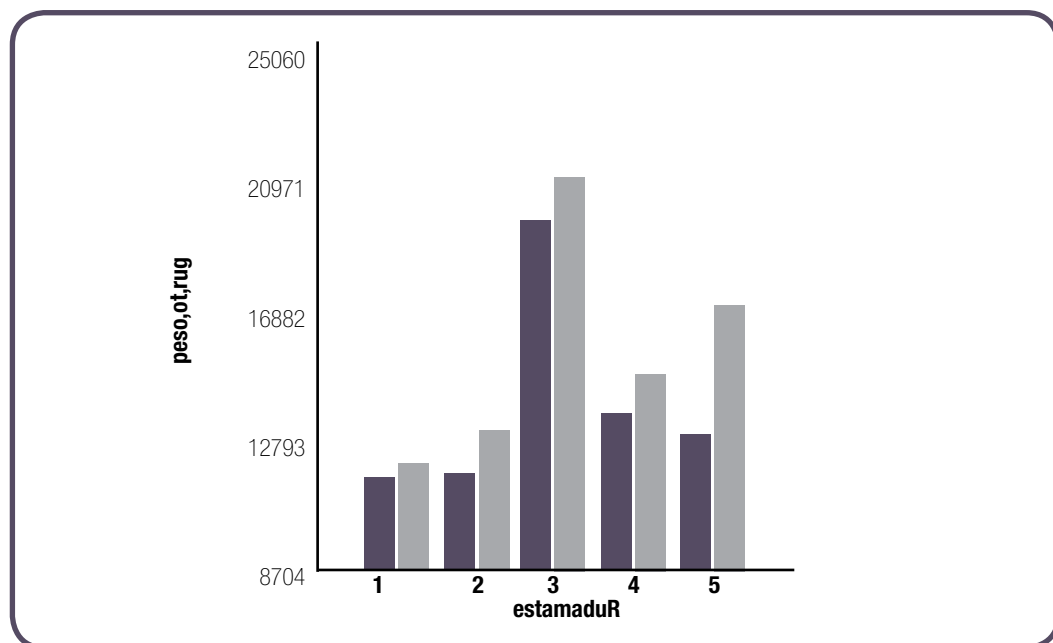


Figura 1. Peso total de los frutos de seje (Kg), por racimo en cinco estados de maduración en condiciones de la Amazonia colombiana, Guaviare. En azul, peso total más los frutos caídos y en rojo peso de frutos en el racimo

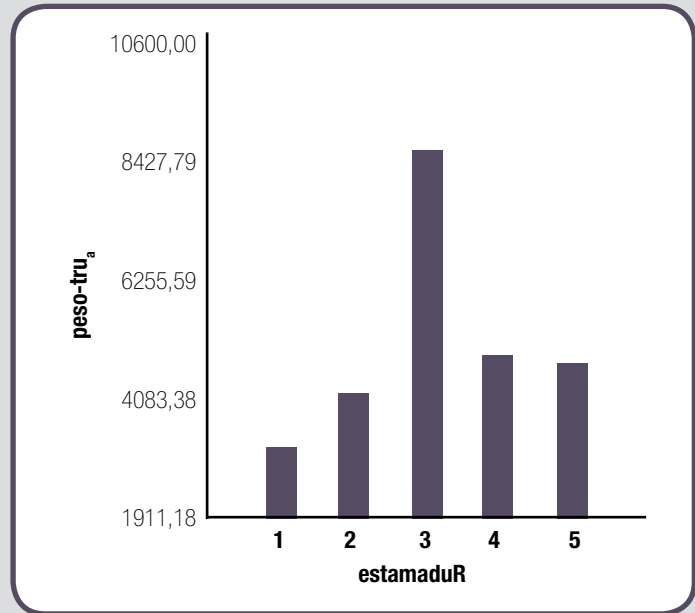
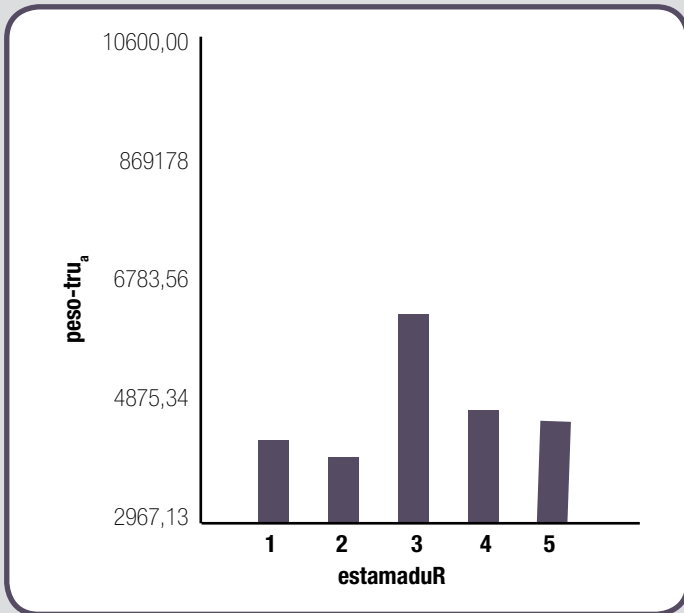
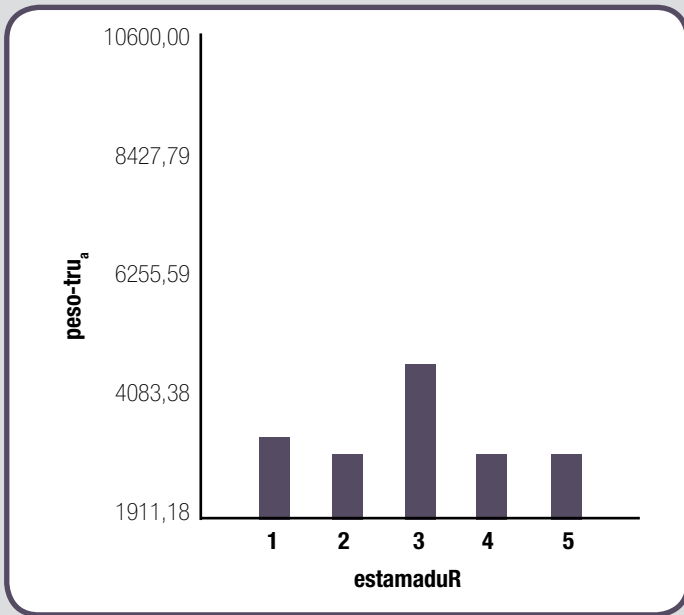


Figura 2. Peso de frutos en la zona ápice del racimo (A), Peso de frutos en la zona base del racimo (B) y Peso de frutos en la zona media del racimo (C) de seje de la Amazonia colombiana, Guaviare en los 5 estados de madurez del racimo.

La producción de frutos por racimo es variable en seje, la mayor cantidad de frutos se observa en el estado III de maduración del racimo y en consecuencia se registra el mayor peso de racimos en este estado. El número total de frutos por raquila fue significativamente diferente entre estados de maduración, ya que entre más avanza la maduración, el desgrane de los frutos del racimo es mayor ( $P < 0,0001$ ), sin importar el tercio del racimo ( $P = 0,2999$ ).

### Diámetros longitudinal, ecuatorial y humedad del fruto de seje

Se encontró que existe correlación positiva y significativa ( $p < 0.001$ ) entre los diámetros longitudinal y ecuatorial ( $r = 0.976$ ), y entre estos y el peso fresco ( $r > 0.93$ ). De manera que la relación existente entre las tres variables mencionadas

es lineal de primer orden entre los diámetros ecuatorial y longitudinal, y es mejor el ajuste de regresión lineal de tercer orden entre los dos diámetros y el peso. El tamaño de los frutos se da en las dos dimensiones y al tener una semilla central hay una etapa de ralentización del crecimiento del fruto en peso y tamaño para dar paso al crecimiento del hueso central. Es claro que el crecimiento de los frutos de seje, se da de manera sincrónica en los dos ejes, tanto transversal, como longitudinal.

Durante los 462 días (Cifuentes *et al.* 2010) que transcurren de la antesis a la maduración las variables como peso fresco, humedad y diámetros son de tendencia creciente sigmoideal simple (Figura 4). Sin embargo, la asincronía de la maduración de los frutos hace difícil encontrar racimos que tengan la misma duración, a pesar que la época de marcación haya sido la misma.

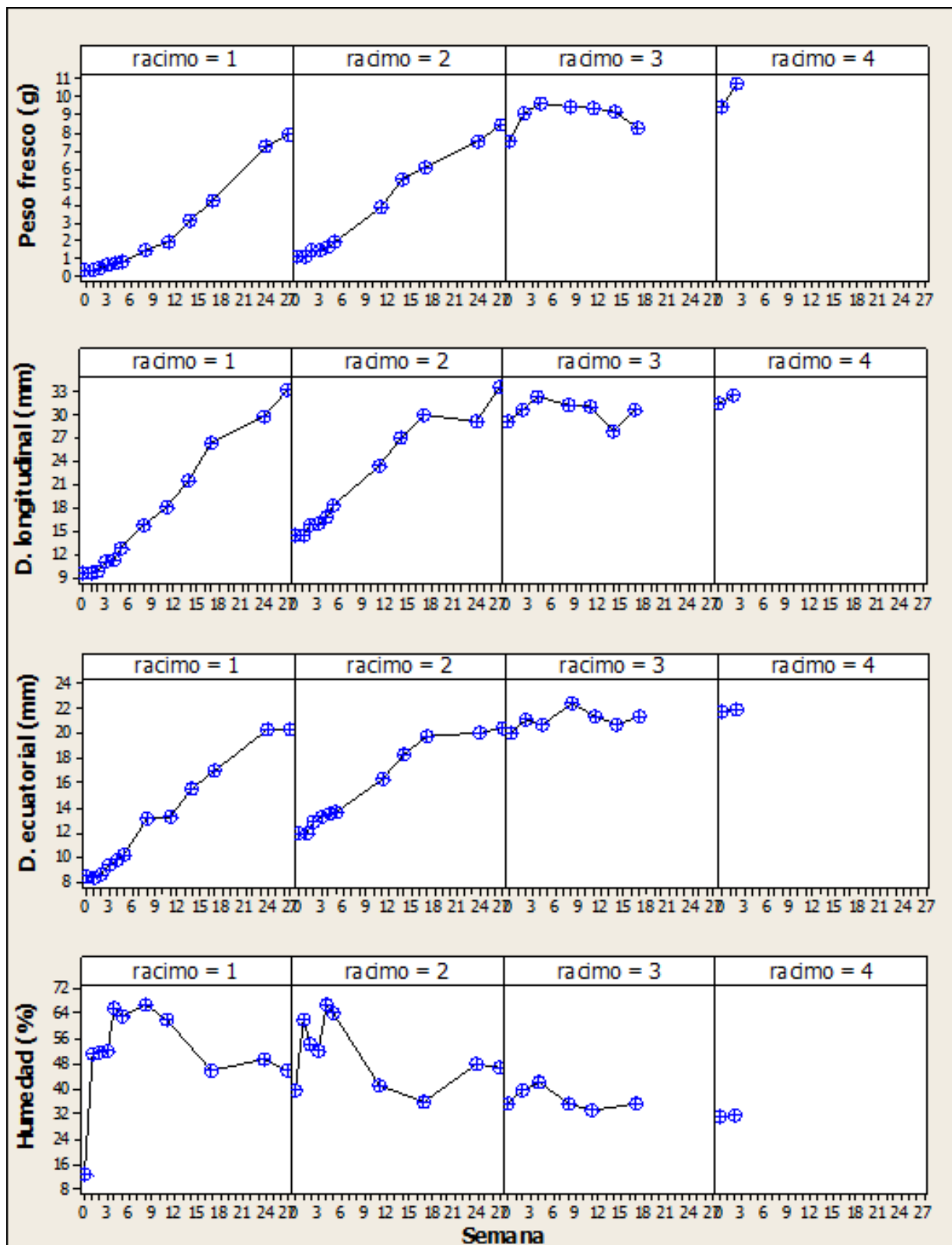


Figura 4. Peso fresco, tamaño y contenido de humedad promedio en los frutos de seje durante el crecimiento y desarrollo de cuatro racimos cosechados en distinto estado de desarrollo, así que a mayor número del racimo el estado inicial de madurez es más avanzado. Los diámetros longitudinal y ecuatorial del fruto de seje tuvieron cambios significativos durante la maduración ( $P < 0,0001$ ), pasando el DL de  $32,26 \pm 0,25$  mm en estado I a  $35,32 \pm 0,61$  mm en estado V, mientras que el DE pasó de  $23,01 \pm 0,28$  mm en estado I a  $25,78 \pm 0,48$  cm en estado V. El peso fresco de los frutos también tuvo cambios significativos durante la maduración pasando de  $8,53 \pm 0,12$  gramos en estado I a  $10,83 \pm 0,15$  gramos en estado V, directamente relacionada con el aumento de humedad del fruto (figura 4 y 5).

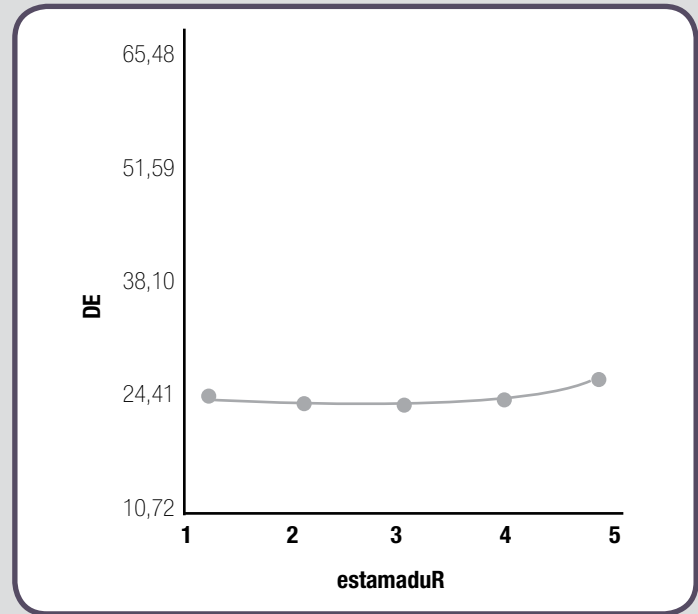
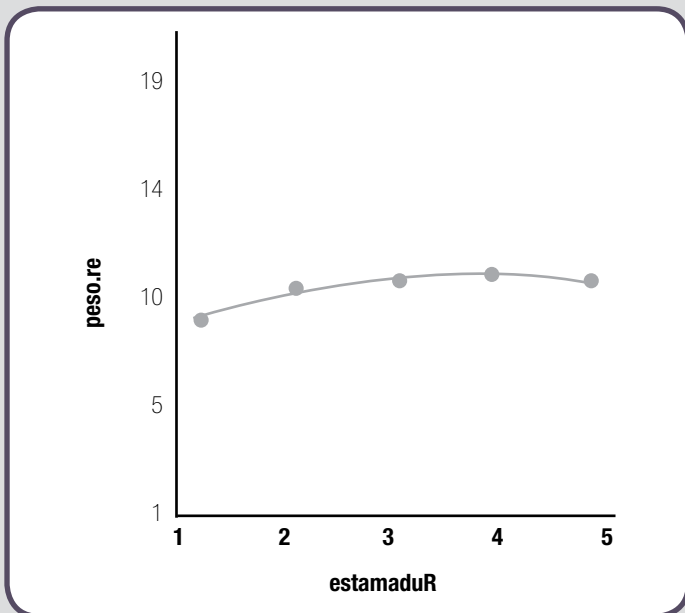
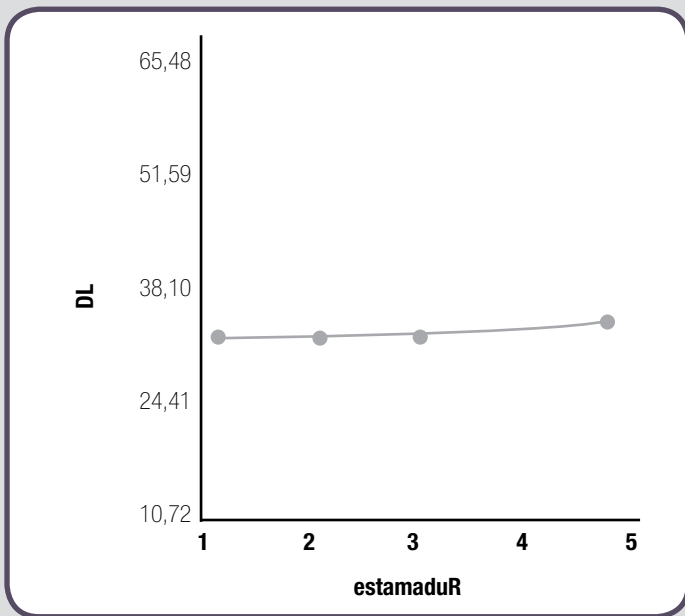


Figura 5. Evolución del Diámetro Longitudinal, ecuatorial en (mm) y pesos fresco de los frutos medidos en kilogramos (kg) durante los cinco estados de madurez del racimo departamento en el Guaviare.

### Respiración de frutos de seje durante la maduración

La respiración de los frutos de seje no fue significativamente diferente durante los 5 estados de maduración ( $P < 0,05$ ) en ninguna de las zonas del racimo evaluadas. La figura 6 muestra que durante el estado 3 se aprecian las más altas tasas respiratorias sin que este comportamiento sea determinante

de un comportamiento climatérico o no del fruto de seje. Sin embargo, las altas tasas respiratorias implican, cortos periodos de poscosecha y deterioro rápido del producto cosechado. Esta condición implica disponer de una logística rápida para la cosecha y posterior transformación del fruto.

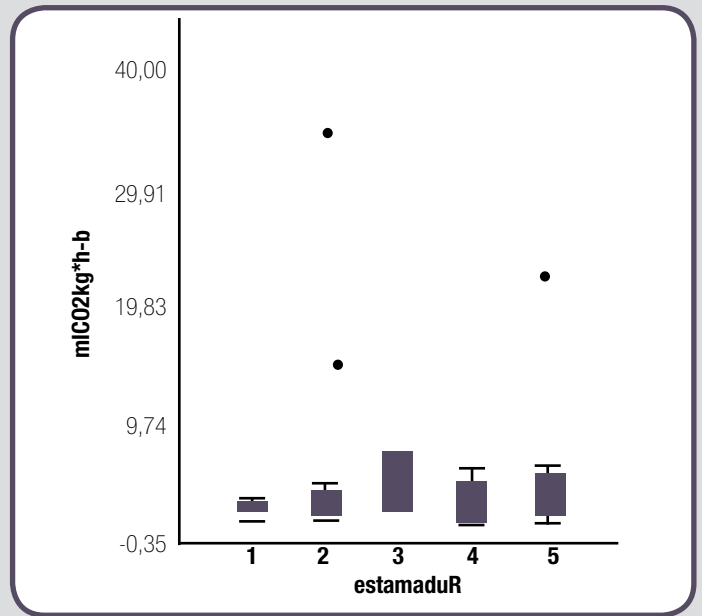
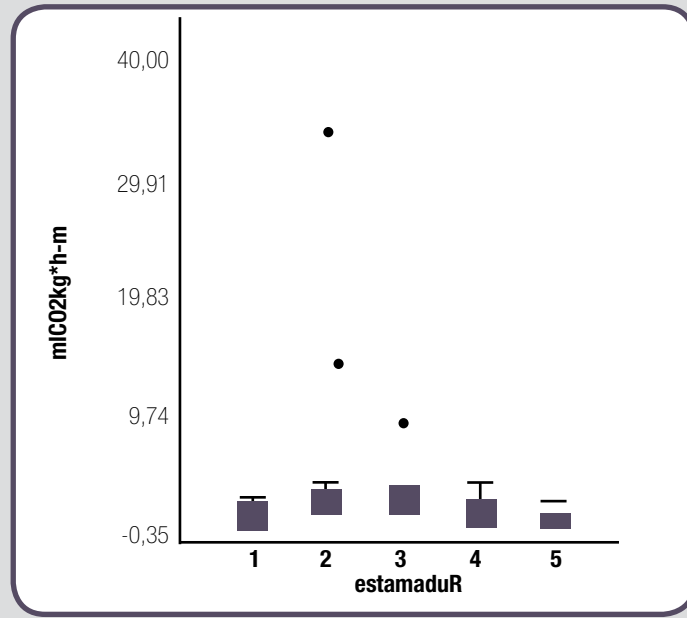
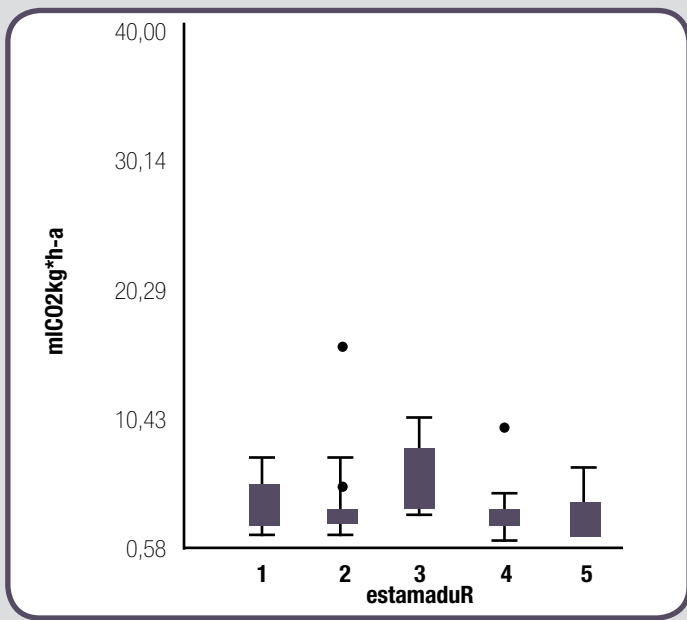


Figura 5. Respiración de los frutos en las zonas del racimo apical (a) izquierda, basal (b) derecha y media (m) al centro, durante los cinco estados de madurez departamento en el Guaviare.



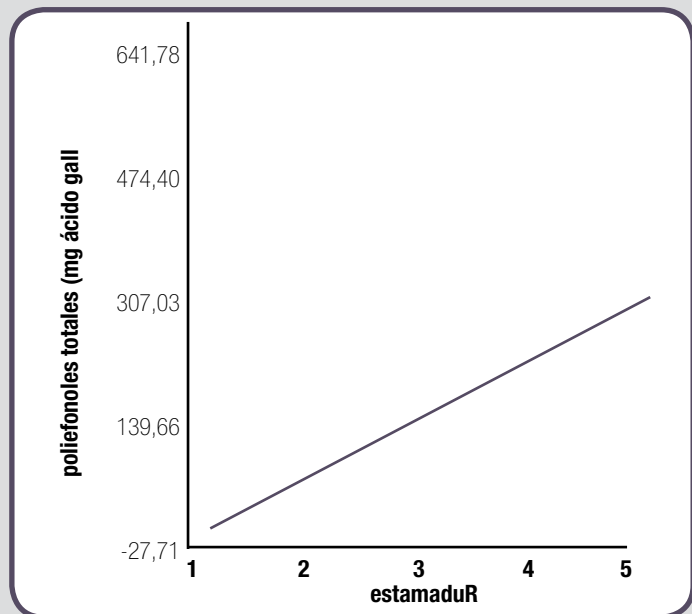
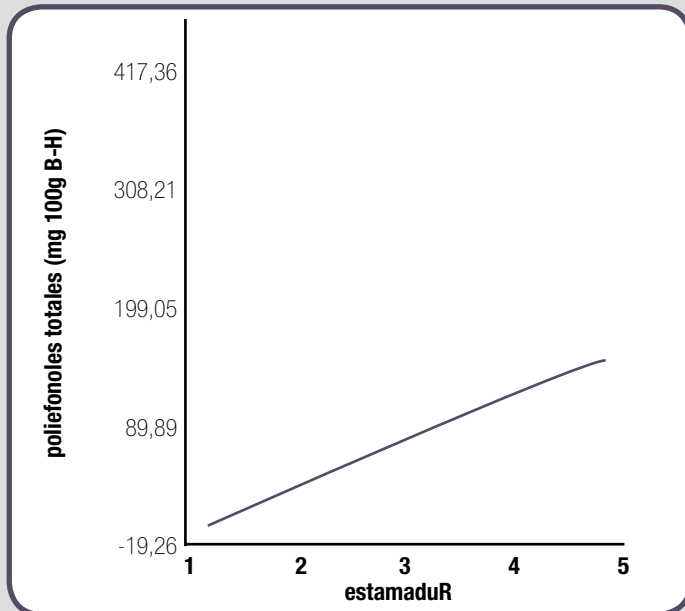
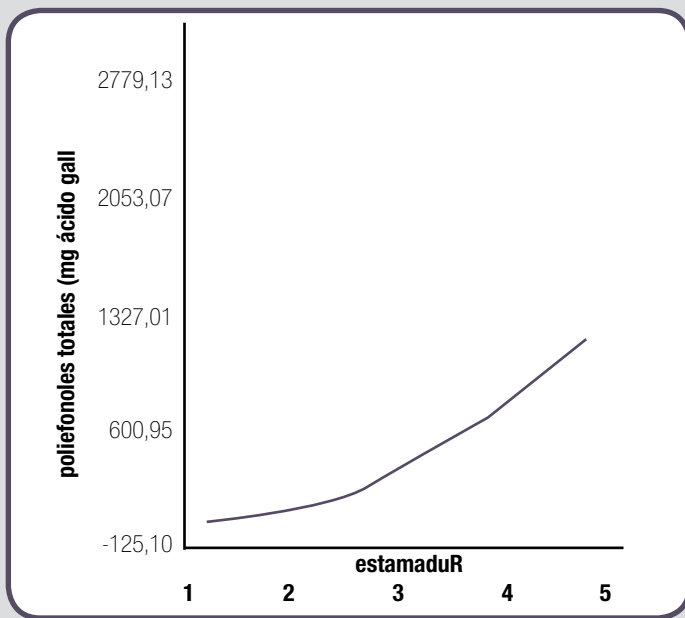


Figura 6. Variación de los polifenoles totales mg ácido gálico/100g B.H, flavonoides totales mg quercetina/100g B.H y antocianinas totales mg cianidin/100g B.H durante los 5 estados de madurez departamental en el Guaviare.



Se detectaron diferencias significativas entre estados de maduración en los polifenoles totales los flavonoides y los antocianos ( $P < 0,0001$ ), las cuales están asociadas a la riqueza fitoterapéutica de la especie, ya resaltada por autores como Rezaire *et al.* (2014), quienes sugieren un mayor valor funcional del fruto de seje al compararlo con otros frutos de palma, como el asaí en contenidos inferiores a los encontrados en el presente estudio.



# Conclusiones

La maduración del fruto puede describirse en cinco etapas, en las cuales se da el máximo crecimiento del fruto y la máxima acumulación de compuestos fitoterapéuticos como polifenoles, flavonoles y antocianos se da en el estado V, con la máxima acumulación de polifenoles. Es un fruto no climatérico por lo cual se recolecta cuando los cambios de maduración han sucedido. Su fisiología es compleja, así como su fenología que indica largos periodos de desarrollo del fruto y etapas de improductividad de la palma. Sin embargo, es una especie que puede proveer importantes aportes de compuestos funcionales para la dieta de los consumidores



# BIBLIOGRAFÍA

Cifuentes, L., F. Moreno & D.A. Arango. 2010. Fenología reproductiva y productividad de *Oenocarpus bataua* (Mart.) en bosques inundables del Chocó Biogeográfico, Colombia. *Biota Neotropica*, 10(4):101-110.

Darnet, S. H., Meller da Silva L.H., Rodrigues A.M.C. & Lins R.T. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(2):488-491.

Hernández, M.S, Martínez O., Fernández-Trujillo JP. 2007. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae* 111(3) p. 220-227

Núñez-Avellaneda, L.A. & R. Rojas-Robles. 2008. Biología reproductiva y ecología de la polinización de la palma milpesos *Oenocarpus bataua* en los Andes colombianos. *Caldasia*, 30(1):101-125.

Orjuela N.M, Barrera J.A. 2014. Metodología para caracterizar los procesos de maduración de frutos de palmas neotropicales. (Documento de trabajo Inédito). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Rezaire, A., J.C. Robinson, D. Bereau, A. Verbaere, N. Sommerer, M.K. Khan, P. Durand, E. Prost & B. Fils-Lycaon. 2014. Amazonian palm *Oenocarpus bataua* ("patawa"): Chemical and biological antioxidant activity - Phytochemical composition. *Food Chemistry*, 149:62-70.

Ruiz, R., & J.C. Alencar. 2004. Comportamento fenológico da palmeira patauá (*Oenocarpus bataua*) na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 34 (4):553-558.







# COMPORTAMIENTO DE FRUTOS DE MORICHE (*Mauritia flexuosa*) DE AMAZONIA NORTE DURANTE LA POSCOSECHA, REFRIGERADO Y EN CONDICIONES AMBIENTE

Luisa Peña, María Soledad Hernández y Bernardo Giraldo

## Resumen

El moriche es una palma de amplia dispersión en los bosques de Amazonia. Sus racimos de frutos color rojo intenso cuando maduran, contribuyen a la dieta básica de comunidades locales. Como otros frutos de palmas, su consumo no es como fruto de mesa, sin embargo, el manejo de poscosecha constituye una etapa obligatoria antes de la transformación. En el presente estudio se seleccionaron frutos de moriche en dos estados de madurez sucesivos, verde maduro y maduro, con el fin de establecer su comportamiento en dos condiciones de posrecolección, : ambiente del departamento del Guaviare  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 85% y condición controlada de  $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 75% respectivamente. Los frutos maduros de moriche presentaron una crisis climática de respiración, asociado a un máximo tamaño del fruto en diámetros ecuatorial y transversal y coloración rojo oscuro característico. El contenido de carotenos totales se mantiene tras la posrecolección, con lo cual es posible considerar su aprovechamiento, en pulpa y otros derivados, y también para la extracción y estabilización de algunos metabolitos de interés como pigmentos o vitamina A, como compuestos funcionales de uso general en industrias de cosmética y fitoterapéutica

## Introducción

La conservación de frutos de palmas de moriche se hace indispensable como parte del beneficio mínimo requerido para obtener una pulpa de buena calidad. Los frutos de palma no se ofrecen regularmente como frutos de bocado o para consumo directo, aunque en el caso del moriche resulta bastante usual su consumo como fruto fresco por parte de las comunidades amazónicas, una vez que el fruto se ha madurado.

En el caso de moriche se han distinguido cuatro estados de maduración sucesivos, una vez que el fruto alcanza su máximo tamaño. Sin embargo, en el mismo racimo se pueden encontrar varios grados de madurez (Hernández y Barrera, 2004). Por esto, el propósito de este estudio fue identificar si los grados previos a la madurez completa pueden alcanzar la maduración, tras la recolección. Algunos autores reportan el fruto de moriche como climatérico, es decir, aquellos frutos que maduran tras su recolección. El estudio de Fujita *et al.* (2014), confirma el carácter climatérico de este fruto, aunque estos autores no determinaron la emisión de etileno. En el caso de asaí, nuestro grupo no encontró evidencia de producción de etileno, sin embargo, se presume su carácter climatérico.

El uso de bajas temperaturas es el método más ampliamente utilizado para la conservación de frutos. Los frutos tropicales resultan sensibles a las bajas temperaturas y, en condiciones de temperaturas

menores a 10°C presentan diversas lesiones que son conocidas como daño por frío. En gran medida estas lesiones se presentan por la presencia de un alto grado de insaturación de los ácidos grasos de las membranas celulares, siendo el moriche rico en este tipo de compuestos (Darnet *et al.* 2011). Por esto, las temperaturas de almacenamiento recomendadas pueden fijarse entre 11° y 13°C, y 12oC es la temperatura más utilizada para un gran número de especies tropicales.

El presente estudio seleccionó frutos de moriche en dos estados de madurez sucesivos, verde maduro y maduro con el fin de establecer su comportamiento en dos condiciones de posrecolección; ambiente del departamento del Guaviare y en refrigeración a 28oC ±2oC y H.R 85% y condición controlada de 12°C±2oC y H.R. 75% respectivamente, con el fin de establecer la duración del fruto antes de su transformación

## ■ Materiales y métodos

Frutos de moriche en estados 3 y 4 de madurez, que corresponde al estado verde maduro y totalmente maduro, se mantuvieron durante cuatro días en dos condiciones: ambiente de Amazonia Norte- Guaviare y en refrigeración. Las variables de respuesta que fueron evaluadas en los frutos fueron actividad respiratoria (mLCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), emisión de etileno, por cromatografía de gases con detector de conductividad térmica, para el dióxido de carbono y FID, o de ionización de llama, para el etileno color, medido como el triestímulo de color; luminosidad, cromaticidad y ángulo Hue con un medidor de color Hunter lab (USA) y propiedades físicas de diámetro longitudinal (mm), diámetro ecuatorial(mm), con calibrador vernier digital y humedad (%) en estufa de vacío a 70oC, (AOAC), hasta peso constante (en bh) y

contenido de carotenoides que se midieron por espectrofotometría UV VIS (Thermocientific, USA). Los frutos se dividieron en grupos de 60 unidades, los cuales fueron colocados en las diferentes condiciones en una distribución completamente aleatorizada con un arreglo factorial 2x2, dos grados de madurez y dos condiciones de almacenamiento. Los frutos fueron evaluados diariamente por espacio de cuatro días; momento en el cual el fruto presentó alteraciones de fermentación y enranciamiento. El análisis de las variables respiración, peso, humedad, diámetros longitudinal, y transversal y color se hizo con el programa Statistix 9.0 mediante análisis de varianza y prueba de comparación múltiple para los tratamientos estadísticamente diferentes a un nivel de significancia del 0.05

## ■ Resultados y discusión

### **Actividad respiratoria de frutos de moriche**

El fruto de moriche exhibe un patrón respiratorio de carácter climatérico, cuya crisis climatérica se da en el día tres de almacenamiento indistintamente de las condiciones de conservación, cuando el fruto se encuentra en estado maduro. En el caso de frutos verde maduros, la intensidad respiratoria no aumenta y permanece baja a lo largo del almacenamiento de cuatro días. Adicionalmente, la crisis climatérica no coincide con

emisión perceptible de etileno, con lo cual el patrón respiratorio del fruto de moriche podría clasificarse como un climatérico optativo, el cual se puede incentivar con las prácticas de maduración de inmersión en agua potable, que lleva al desarrollo del color característico naranja o rojo intenso del fruto apto para su consumo y/o procesamiento (figura 1).

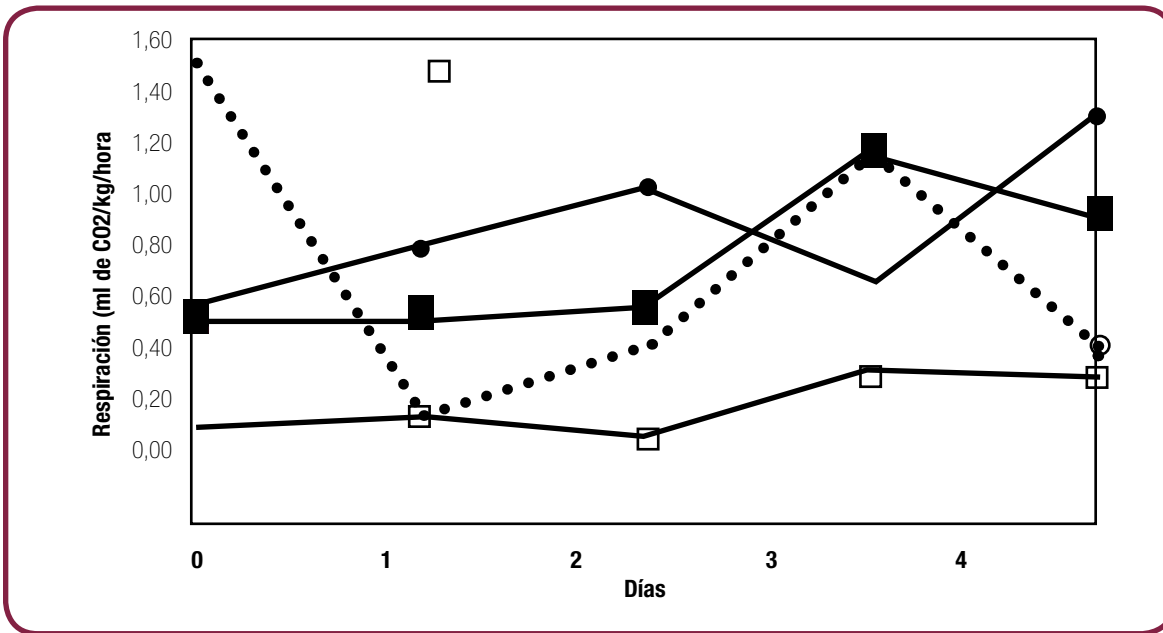


Figura 1. Actividad respiratoria de frutos de Moriche (*M. flexuosa*) conservados en dos estados sucesivos de madurez. Líneas continuas y símbolo sólido frutos verde maduros con círculo, y maduros cuadrado mantenidos a  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 85% y líneas discontinuas y símbolos huecos círculo para el caso de frutos verde maduros y cuadrado para frutos maduros mantenidos a  $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R.:8

## Color del exocarpo de los frutos de moriche almacenados

El fruto de moriche maduro es opaco en las etapas previas a la maduración, mientras que su luminosidad aumenta de manera significativa si se mantiene en condiciones de temperatura y humedad del ambiente de Guaviare, es decir  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 85%. Sin embargo, en frutos que se mantienen en temperatura de refrigeración la luminosidad no aumenta de manera significativa. En el caso de frutos verde maduros, la luminosidad puede incluso disminuir y ser una expresión de la interrupción del proceso de maduración (Tabla 1).

En el caso de la saturación del color, se encontró que la cromaticidad de los frutos verdes maduros presenta una coloración morada intensa, tras cuatro días de almacenamiento en condiciones de San José del Guaviare y que la coloración purpúrea característica del fruto se alcanza, sino en la misma intensidad, en una intensidad bastante próxima a la de frutos madurados en la planta. Por el contrario, frutos verde maduros, en condiciones de refrigeración no desarrollan una cromaticidad característica. En frutos maduros en refrigeración, la cromaticidad se desarrolla con el patrón característico del fruto, aunque con una tonalidad un poco menos intensa. Tabla 1 Color del fruto

de moriche (*M. flexuosa*), cosechado en dos grados de madurez sucesivos durante su conservación a  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 85% y  $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; H:R85%

Tabla1 Color del fruto de moriche (*M. flexuosa*) cosechado en dos grados de madurez sucesivos durante su conservación a  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. 85% y  $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; H:R85%

El color de fondo, verde característico del fruto en su cambio de maduración disminuye de manera significativa en frutos maduros y los valores del ángulo Hue son más cercanos a colores rojizos en frutos maduros mantenidos en condiciones ambiente de San José del Guaviare, mientras que en frutos mantenidos en refrigeración, el cambio del ángulo Hue es significativamente menor. Coincide este comportamiento con lo observado en cuanto a la intensidad respiratoria del fruto que se hizo menor en frutos mantenidos en temperaturas de refrigeración. En general, la refrigeración ralentiza el proceso de maduración de los frutos y en el caso de moriche, esta respuesta es similar a lo observado en otros frutos carnosos o de hueso, de origen amazónico, como arazá, copoazú o camu camu (Hernández, *et al.* 2007).

	28oC ±2oC y H.R 85%				12°C±2oC; H:R85%				Tukey (P<0,05)
	verde maduro		maduro		verde maduro		maduro		
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
<b>L</b>	34,84	38,76	26,98	29,93	34,3	32,24	26,9	30,84	3,01
<b>C</b>	29,3	32,14	19,97	19,77	28,72	26,45	28,82	30,93	3,51
<b>H</b>	56,69	52	41,24	33,35	54,9	51,4	41,24	40,29	4,87

Fuente: Elaboración propia.

## Características físicas de frutos de moriche almacenados

### Peso y humedad

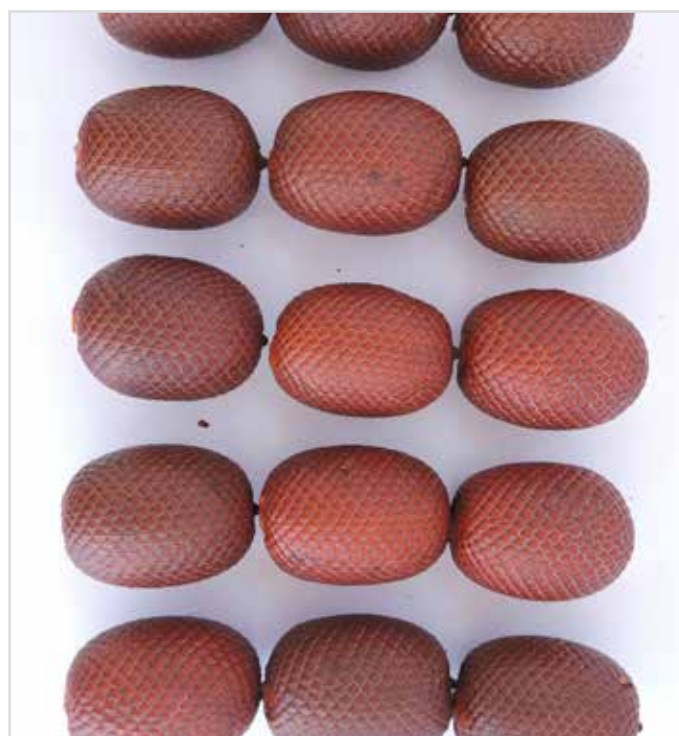
El peso promedio de frutos verde maduros resulta significativamente menor que la de frutos maduros, sin importar la condición de almacenamiento (Tabla 2). Es decir que los frutos entre el grado 3 y 4 de maduración tienen un cambio significativo de peso, que influye directamente en la capacidad para madurar. Los frutos que no han alcanzado el máximo tamaño no tienen la aptitud de madurar, como si la alcanzan en su máximo tamaño. La humedad, por otra parte, se mantiene, en los frutos tras la recolección, o en las condiciones ambiente de San José del Guaviare SJG, o en refrigeración 12°C H.R. 85%, sin embargo es significativamente menor en esta última condición con lo cual se puede considerar que el aumento de peso de los frutos está asociado a la acumulación de materia seca, indispensable para soportar la fisiología del fruto en la etapa de posrecolección (Fujita *et al.* 2014). En refrigeración, los frutos pierden humedad de manera general, mientras que frutos en H.R de saturación como la de SJG, se mantienen más húmedos (Tabla 3). Los frutos de moriche aparecen con una moderada actividad respiratoria de 1.0 ml de CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, sin embargo, la disminución de humedad en frutos en refrigeración puede estar asociada a un aumento de actividad respiratoria y por ende a mayor transpiración.

### Diámetros longitudinal y ecuatorial

Los frutos de moriche tienen diámetros longitudinales y ecuatoriales significativamente menores cuando se encuentran en estado verde maduro, al compararlos con frutos maduros (P<0.05), lo cual hace entender que los frutos no han alcanzado

su máximo tamaño. Frutos por debajo de la talla son frutos que no tienen la aptitud para madurar, concepto que no está totalmente desarrollado, pero que ya ha sido referenciado (Fujita *et al.*, 2014).

Tabla 2 Características físicas de humedad, diámetros longitudinal y ecuatorial y peso frescos de frutos de moriche (*M. flexuosa*) cosechados en dos grados de madurez sucesivos, durante su conservación a 28oC ±2oC y H.R 85% y 12°C±2oC y H.R 85%.



28°C ± 2°C y H.R 85%

12°C ± 2°C; H:R85%

	verde maduro	maduro	verde maduro	maduro	Tukey (P<0,05)
<b>Humedad</b>	76.91	75.66	58.83	47.79	5.98
<b>DL</b>	48	59,35	48,18	59,98	0.94
<b>DE</b>	37,71	34,26	38,4	35,4	1.05
<b>PF</b>	34,35	39,86	34,96	41,49	1.75

Fuente: Elaboración propia.

## Carotenoides

El contenido de carotenoides totales en los frutos de moriche estudiados fue de 5 mg-100.g<sup>-1</sup> en bs (Figura 2). El fruto de moriche es considerado una de las fuentes de mayor contenido de carotenos, y de provitamina A (Darnet *et al.*, 2011). En los frutos estudiados en estas condiciones se encontró que este contenido no varió en ninguno de los dos grados de madurez, es decir verde-maduro y maduro. Este resultado indica la capacidad de aprovechamiento del fruto para la obtención de carotenoides puede realizarse desde el estado verde.

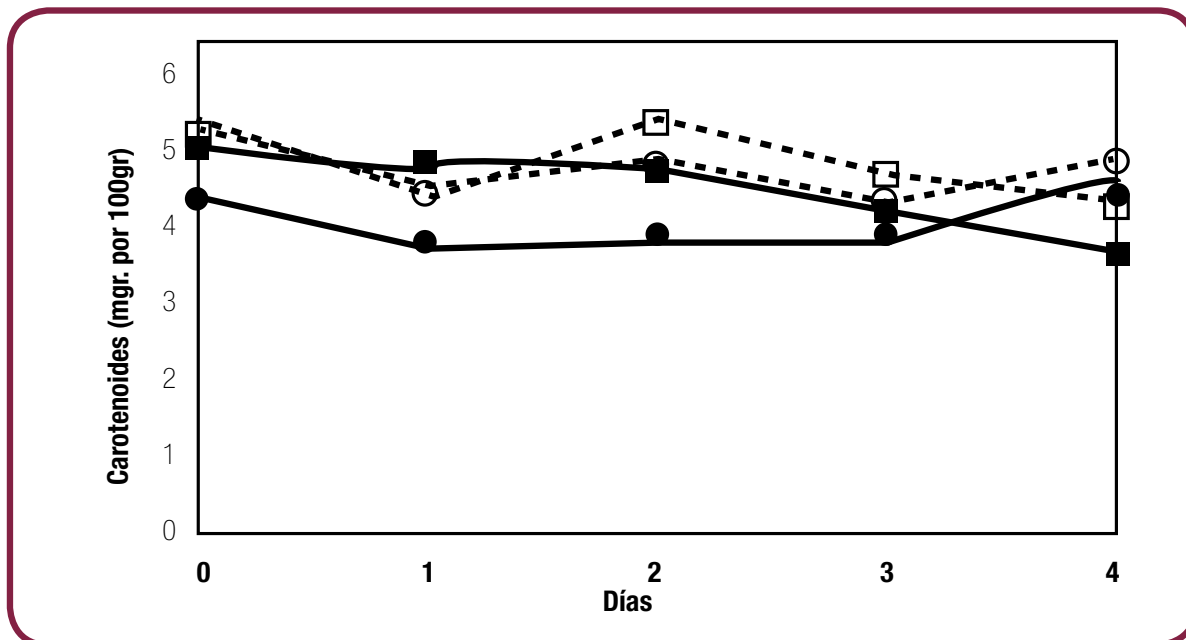


Figura 2. Carotenoides totales en frutos de Moriche (*M. flexuosa*) conservados y en dos estados sucesivos de madurez, líneas continuas y símbolo sólido frutos verde maduros con círculo y maduros cuadrado mantenidos a 28°C ± 2°C y H.R 85% y líneas discontinuas y símbolos huecos círculo para el caso de frutos verde maduros y cuadrado para frutos maduros mantenidos a 12°C ± 2°C

# Conclusiones

Los frutos de moriche pueden ser mantenidos por cuatro días tras su recolección y aunque la temperatura de refrigeración contribuye a su conservación, el desempeño de los frutos es moderadamente satisfactorio en condiciones ambiente, en esos cortos lapsos, por lo que se concluye que se pueden mantener en condiciones de SJG. El fruto del moriche presenta una crisis climatérica de respiración, sin emisión de etileno perceptible. El color del fruto está asociado al desarrollo de su máximo tamaño, sin embargo, el contenido de carotenos es igualmente alto en frutos verde maduros, potenciándolos para su aprovechamiento en extracción de compuestos de interés.



# BIBLIOGRAFÍA

Darnet, S. H., Meller da Silva L.H., Rodrigues A.M.C. & Lins R.T. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(2):488-491.

Fujita E, Veites R.L., Daiuto E.R, y Smith R.E. 2014. Refrigerated storage of the fruits of buriti (*Mauritia flexuosa* L). *Advances in horticultural science* 28 (1) p. 3-8

Hernández, M.S, Barrera J.A. 2004. Aspectos biológicos y conservación de frutas promisorias de la Amazonia colombiana. Capítulo 5, canangucha (*Mauritia Flexuosa*). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Hernández, M.S, Martínez O., Fernández-Trujillo JP. 2007. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae* 111(3) p. 220-227





# EVALUACIÓN DEL TIEMPO EN POSCOSECHA DE FRUTOS DE ASAÍ (*Euterpe precatoria*) EN DOS ESTADOS DE MADUREZ EN EL DEPARTAMENTO DE GUAVIARE, REGIÓN AMAZÓNICA –COLOMBIA

Luisa F. Peña, y María Soledad Hernández

## Resumen

Asaí (*Euterpe precatoria*) es una fruta tropical recientemente reconocida por su alto contenido de fotoquímicos, con opciones interesantes para la industria alimenticia y cosmética. Se ha desarrollado los procesos de poscosechas para dicha especie, con el fin de determinar los procesos alternos de conservación y estimación del tiempo de los frutos después de ser cosechados, esto con el fin de buscar alternativas para el almacenamiento de los frutos, sin tener la menor de las pérdidas en el proceso. Este estudio evaluó frutos de asaí en dos estados de madurez (pintón 2 y 3) a temperatura de 20 °C a 85 H.R. y 28°C a 95 H.R, los cuales se les realizaron mediciones diarias de peso fresco, color, antocianinas, flavonoides y polifenoles; encontrando que en el estado pintón 3 a una temperatura de 20°C, se pueden mantener almacenos dos frutos después de su colectados, siendo una alternativa para el manejo de estos frutos en tiempos de cosecha.

Mediante la cuantificación bioquímica de interés de cada uno de los compuestos de la especie, fue posible evaluar si era viable alternativas de almacenamiento de los frutos, posterior a su cosecha, y la de adecuación de las materias primas para la transformación de los frutos en un producto final, sin que se vea afectada la calidad del producto.

## Introducción

La región amazónica posee una enorme biodiversidad en especies vegetales que comparten un gran potencial de aprovechamiento. Una de estas especies el asaí, (*Euterpe precatoria* Mart.) es una especie forestal no maderable (EFNM) y dentro de esta categoría es una especie subutilizada (Van Looy y col. 2008); es una palma que está ampliamente distribuida en la región Amazónica. Su fruto, conocido con el mismo nombre, es una baya de forma redonda-ovalada de color violeta intenso en estado maduro y verde cuando está inmaduro (Sanabria y Sangronis, 2007).

El asaí se distingue por un alto contenido de antocianinas, compuestos pigmentantes con gran capacidad antioxidante. Esto ha incrementado la demanda mundial por este fruto; como consecuencia el procesamiento y formas de consumo también se ha diversificado. Lo lleva a tener un conocimiento detallado del comportamiento postcosecha del asaí para determinar su estado de madurez ideal tanto para su consumo directo como para su transformación, permitiendo una mayor biodisponibilidad de antocianinas y una menor presencia de clorofilas y potenciales principios antinutricionales, así como una textura comestible característica del fruto maduro (Hernández, Barrera y Melgarejo, 2009). El patrón respiratorio del fruto de asaí no está claramente determinado autores como Díaz *et al.* (2014)

lo clasifican como climatérico mientras que Neves *et al.* (2015) encontraron que el patrón respiratorio es claramente no climatérico. Lo cual tiene implicaciones en el contenido de antocianinas durante la poscosecha.

En el presente trabajo se estudió la evolución del contenido de antocianinas y su relación con parámetros fisiológicos durante la maduración en dos estados de madurez de los frutos de asaí.

## — Materiales y métodos

### Material vegetal

El material de partida fueron frutos de asaí, los cuales fueron colectados en racimos de las palmas ubicadas en finca de productores de la Asociación Asoprocegua, en el municipio de San José, en el departamento del Guaviare, amazonia colombiana.

### Descripción física del material vegetal

Con dos estados de madurez sucesivos pintón 2 (Púrpura en 2/4 de la superficie y verde en 2/4) y pintón 3 (Púrpura en 3/4 de la superficie y verde en 1/4) (Cucaita *et al.*, 2014), con 8 palmas por cada estado; se cosecharon dos racimos por planta, para un total de 16 racimos.



**Figura 1.**  
Racimo de frutos de asaí

Las frutas se lavaron y desinfectaron con una solución NaOCl y una vez secas se almacenaron en dos condiciones 27°C, H.R. 85% y 20°C, 95 % H.R., en cámara de condiciones marca Grillo (Colombia). El diseño experimental usado fue un arreglo factorial 2\*2: dos temperaturas 20°C, 95 % H.R. y 27°C, H.R. 85% y 2 grados de madurez, con 3 repeticiones por tratamiento de 20 frutos cada uno. Debido a la gran variabilidad

que se presentó entre las palmas, se incluyeron en el modelo, para una mejor interpretación de los resultados. En los frutos se determinó la evolución de color, contenido de antocianinas totales, delfinidina y cianidina y en general el incremento de la aptitud tecnológica para el procesamiento de los frutos de asaí recolectados.

# Análisis físico

## Determinación de tasa respiratoria y producción de etileno

Los frutos que se tomaron para el estudio, se retiraron de la raquilla de manera que permanecieron con el remanente del perianto, que son esas estructuras con apariencia de hojas secas ubicadas en la base del fruto en el punto de inserción a la raquilla.

**Figura 2.**  
Fruto de asaí  
con perianto



Las muestras fueron llevadas al Instituto de Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, área de laboratorio, donde la muestra fue ubicada dentro de una cámara de vidrio (de volumen conocido previamente), con cierre hermético durante 60 minutos a unas temperaturas de 20oC y/o 27oC. Se registró el tiempo exacto entre el cerrado de la cámara y la toma de la alícuota de gas, para cada muestra. Una vez transcurrido este tiempo, se extrajo una alícuota del gas al interior de la cámara, para esto se insertará una jeringa de 5 mL con el embolo abajo y se tomará la muestra de gas subiendo el embolo hasta el nivel de 5 mL, luego, posteriormente la jeringa se introdujo en un vial sellado y previamente al vacío, el cual fue sellado con silicona el punto de inserción de la aguja sobre el vial. Cada vial fue etiquetado, de acuerdo a los códigos establecidos con anterioridad.

Todas las muestras de gas tomadas en un mismo día fueron en una bolsa Ziploc etiquetada con la fecha y la palabra GASES, se transportadas en una caja de icopor hasta el laboratorio, almacenamiento en refrigeración a 4°C, en donde se cuantificó el contenido de CO<sub>2</sub> y etileno por cromatografía gaseosa en un plazo máximo de 4 días después de la colecta de la muestra (Orjuela, 2014).

### Diámetros

Se determinó el tamaño del fruto midiendo los diámetros longitudinal (DL) y ecuatorial (DE) con el uso de calibrador digital. Se tomó la medida en milímetros. Se midió el diámetro longitudinal (DL) y el diámetro ecuatorial (DE).

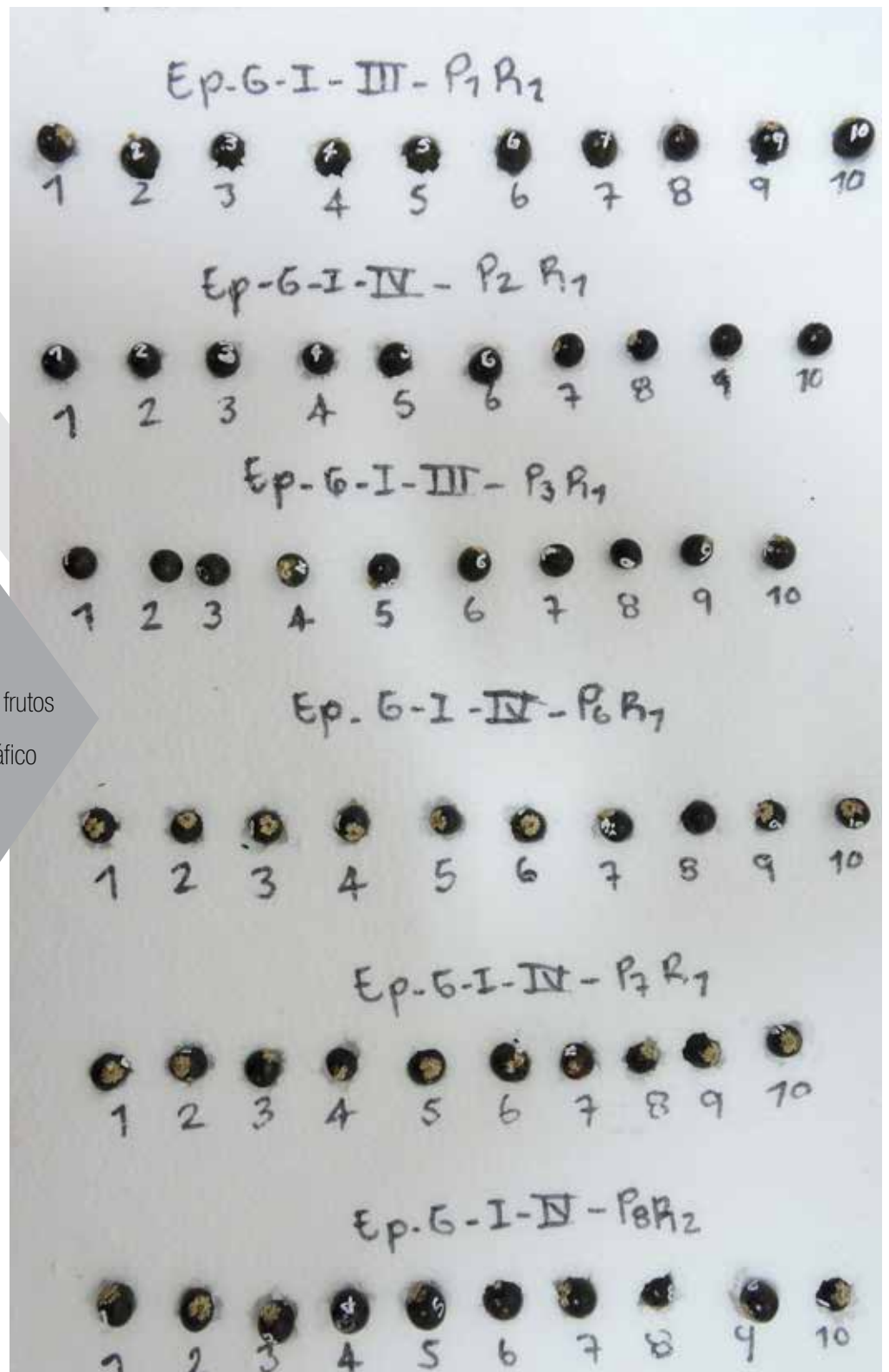
### Peso fresco

La masa fresca fue determinada con balanza analítica, en gramos.

### Determinación de parámetros de color

De cada racimo cosechado, se seleccionaron los estados de madurez indicados con anterioridad, a los cuales se les realizó medición de color. Para esto se tomó fotografías de cada uno de los estados día a día (figura 3).

**Figura 3.**  
Seguimiento a frutos  
de asaí por  
registro fotográfico



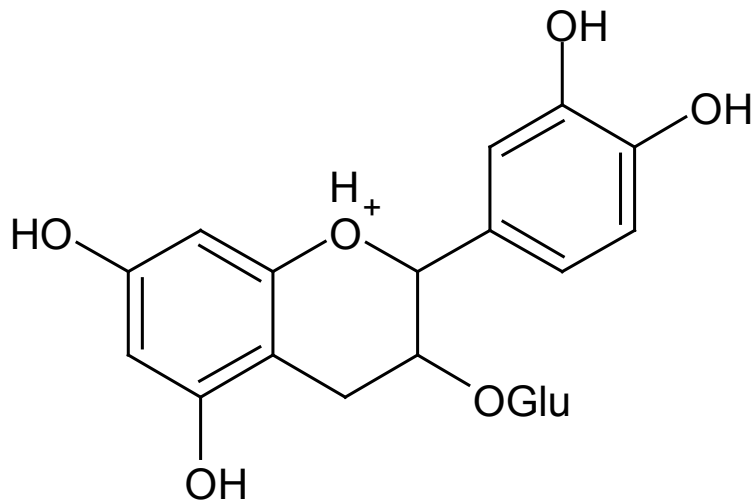
El color externo de la piel (exocarpio), se midió con las coordenadas L \* C \* H \* todos los días sobre el diámetro ecuatorial de los frutos, utilizando un colorímetro (Miniscan XE plus; HunterLab, Reston, VA) con iluminador D65.

# Análisis químico

## Determinación de antocianinas

Una de las técnicas más usadas para su cuantificación es la separación de las antocianinas de la muestra en un sistema HPLC usando una columna de fase reversa, y su detección con un detector de arreglo de diodos o UV-Vis. El contenido de antocianinas es estimado empleando como estándar una antocianina pura (usualmente cianidin 3-glucósido), y usando la suma de las áreas de pico obtenidas a 520nm como base de cálculo para la cuantificación, ya que ésta es la longitud de onda más cercana al máximo exhibido para cada uno de los núcleos específicos.

**Figura 4.**  
Cianidin-3-glucósido



Para lo cual, se homogenizó 0.1g de la muestra y adicionó 1 mL de metanol acidificado con ácido clorhídrico al 1% v/v. La mezcla fue agitada en vortex durante 15 min., cubierta con papel aluminio y almacenada a 4°C durante 5 horas. Se retiró el sobrenadante y diluyó en fase móvil. La muestra se filtró, a través de una membrana PTFE de 0.45 µm, previo a la inyección de la muestra en un equipo HPLC/ Agilent Technologies 1200 y un columna BIO RAD HI PORE de fase reversa RP-318.

## Homogenizado de la muestra

Para la obtención de la muestra de tejido de exocarpo-mesocarpo, se despulpó la muestra de frutos, teniendo precaución de registrar el peso de frutos ingresado y el peso de la pulpa obtenida por muestra. Los tubos y/o bolsas en donde se recolectará la muestra deben llenarse hasta un volumen de 50 mL, Se verificó que estén bien tapados y rotulados. Todos los frascos o bolsas de las muestras desulpadas en un mismo día se introdujeron en una bolsa Ziploc, debidamente etiquetada y la palabra BIOQUÍMICOS.

# Resultados y discusión

## Determinación de antocianinas

Las antocianinas cianidina y delphinidina exhibieron comportamientos diferentes bajo las dos condiciones de almacenamiento y acorde con los grados de madurez (Figura 5 y 6); en los frutos pintón 2 en cualquiera de las condiciones de tratamiento no presentaron contenidos superiores a 10 ppm, por el contrario en frutos más maduros (pintón 3) los contenidos de ambos pigmentos a 30 ppm.

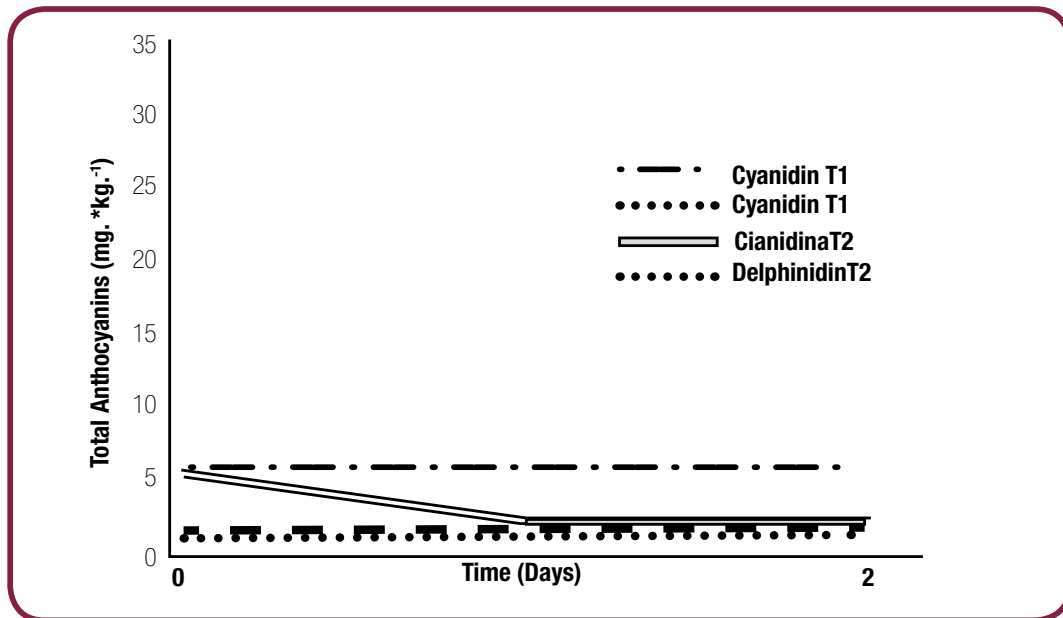


Figure 5. Contenido de antocianinas de los frutos de asá Pintón 2 en los tratamientos T1, 27°C y 85% R.H. y T2 20°C y 95% R.H.

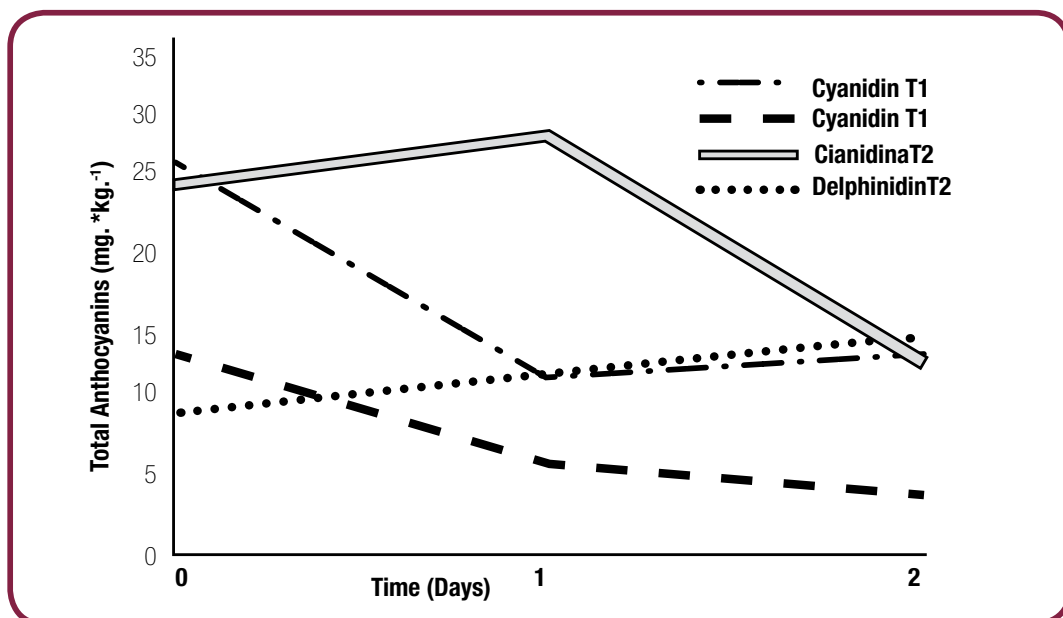


Figure 6. Contenido de antocianinas de los frutos de asá Pintón 3 en los tratamientos T1, 27°C y 85% R.H. y T2 20°C y 95% R.H.

La temperatura 20° C y 85 H.R. tuvo un efecto positivo en los contenidos de cianidina, para los dos estados de maduración, incrementándose para ambos casos. Los contenidos de cianidina y delphinidina presentaron diferencias significativas de acuerdo a la temperatura de almacenamiento (Tabla 1). De acuerdo con estos resultados estados de maduración pintón 2 o anteriores no fueron apropiados para procesos de aprovechamiento tecnológico a ninguna de las dos condiciones de almacenamiento. Los contenidos de cianidina encontrados fueron menores a los reportados en la literatura; Gordon *et al.* (2012) menciona valores de  $4,94 \pm 0,55 \text{ mg.} \cdot 100^{-1} \text{ g.}$  de m.s.de asá (*Euterpe oleracea*) esta discrepancia pudiera atribuida a diferencias interespecies, carácter silvestre y las diferencias entre ecosistemas.

**Tabla 1.** Cuadrados medios de las concentraciones de pigmentos antocianinas de los frutos de asaí conservados a dos temperaturas (T1: 27°C, 85 RH; T2: 20° C y 95 R.H.)

Source	DF	Cianidina	Delphinidina	Total Antocianinas
Maturity	1	2374**	804**	5940**
Temperature	1	17NS	35**	101*
Time (days)	2	149**	7*	209**
Maturity*Temperature	1	143**	46**	351**
Maturity*Time	2	98**	5NS	140**
Temperature*Time	2	73*	44**	118**
Maturity*Temperature*Time	2	103**	51**	216**

\*: significant, \*\*: very significant, NS: no significant

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Diferencias de peso de los dos estados de maduración de los frutos de asaí obtenidos en los dos tratamientos.

	Diferencia de Peso (%)	Diferencia de Peso (%)
	pintón 2	pintón 3
T= 27°C	13,98	47,56
T=20°C	5,47	21,62

Fuente: Elaboración propia.

## Pesos los diámetros longitudinal (DL) y ecuatorial (DE) de los frutos

Las mayores pérdidas de pesos se obtuvieron en los frutos pintón 3 a cualquiera de las dos temperaturas, la registrada a la temperatura de 27°C fue la mayor (47,56%). Esto debido a la mayor actividad respiratoria mostrada por los frutos maduros a cualquiera de las dos temperaturas (Tabla 2 y Figura 7). En contraste a la temperatura de 20°C estas pérdidas se ven reducidas en más de la mitad para los dos estados de

madurez. En previos resultados Diaz *et al.* (2011) no habían encontrado efecto del grado de madurez en la pérdida de peso en condiciones similares de 20°C y 75% H.R., sin embargo en las actuales condiciones existe un efecto directo del grado de madurez sobre la pérdida de peso. Mayores pérdidas de peso fueron proporcionales a las mayores tasas respiratorias.

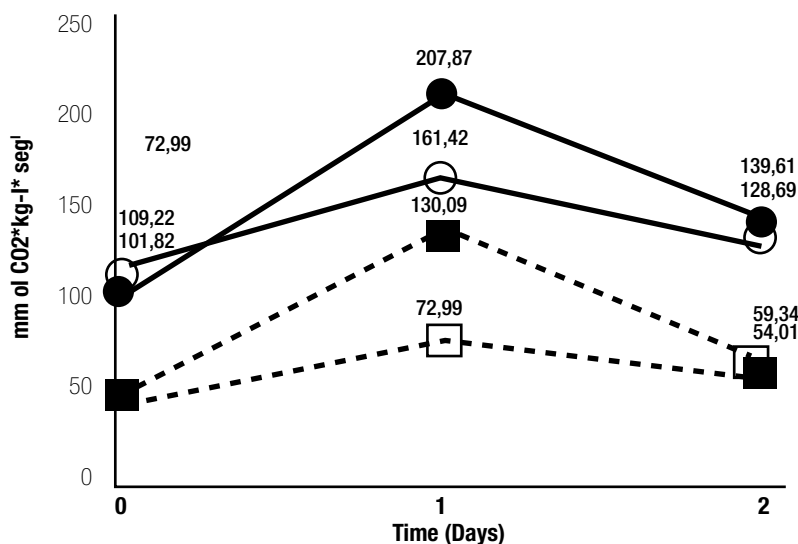


Figura 7. Asaí respiration rate in two maturity stages Mature (P3) (●) at 27°C y 85% R.H. Mature (P3) (○) 20°C y 95% R.H. Half ripen P2 (■) at 27°C y 85% R.H. (□) 20°C y 95% R.H.



## Tasa de respiración

Las mayores tasas de respiración se dieron a la temperatura de 27°C (Figuras 3), siendo el grado de madurez, pintón 3, el de mayor intensidad respiratoria independiente de la temperatura de almacenamiento. Sin embargo, recientes resultados con la misma especie precatoria, obtenidos por Neves *et al.* (2015) respaldan la idea de un comportamiento no climatérico respaldado por valores casi imperceptibles de actividad respiratoria durante la maduración.

Es de resaltar que siendo el pico de respiración a la T 20°C menor que a T 27°C, permitiría diseñar tratamientos postcosecha del asaí que evitaran su rápido deterioro. Por otro lado no se detectó emisión de etileno durante el ensayo; lo que coincide con estudio en la misma región (Colombia) o Brasil; esta respuesta permite concluir que los incrementos en la actividad respiratoria del asaí no son exactamente un climaterio respiratorio aunque si puede contribuir a cambios fisiológicos, como contenido de antocianinas, cuando la madures del fruto es mayor.

## Determinación de color y antocianinas

En la Tabla 3, se muestran los valores de color y contenido de antocianinas para los diferentes estados de madurez a las dos temperaturas de almacenamiento. El valor H presentó diferencias significativas ( $p=0,05$ ) (Tabla 4) con respecto a las temperaturas de almacenamiento; a la temperatura de 27°C se consiguieron las mayores diferencias entre los días 0 y los días 2. A la Temperatura 20°C estas diferencias se hicieron menos pronunciadas, es más si se observa los valores de contenido de antocianinas totales se puede ver que el estado pintón 2 en ningún de las dos temperaturas desarrolla cantidades significativas de antocianinas, lo cual lo hace indeseable para su utilización tecnológica (Roguez *et al.*, 2011) por el contrario el estado pintón 3 aunque sufrió pérdida de antocianinas totales a las dos temperaturas, la tasa de pérdida fue menor a la temperatura de 20°C.

**Tabla 3.** Parámetros de color y antocianinas totales obtenidos de los frutos de asaí en los dos tratamientos.

	27°C &90% R.H.				20°C &95% R.H.				Tukey (0,05)
	Half ripen		Mature		Half ripen		Mature		
	Harvest	Day 2	Harvest	Day 2	Harvest	Day 2	Harvest	Day 2	
L	27,64	26,55	26,22	25,98	26,86	27,43	24,87	27,44	2.55
C	3,75	3,54	2,24	2,29	3,09	4,12	1,33	3,08	1.55
Hue	81,68	64,02	65,73	52,63	87,12	72,96	63,64	62,28	12.49
Total anthocyanin	6,33	6,85	41,36	17,99	6,19	2,72	35,65	28,83	11.83

Fuente: Elaboración propia.

**Table 4.** Mean square in asai fruit, at to temru (T1: 27°C, 85 RH; T2: 20° C y 95 R.H.)

Source	DF	F. Wheight	Croma	Hue	L
Time	2	65**	13,6*	3955**	72,2**
Maturity	1	571**	370,5**	25273**	209**
Temperature	1	93**	0,7 NS	6919**	2NS
Time*Maturity	2	5NS	37,2 **	633*	16NS
Time*Temperature	2	5,4 NS	15 *	1340*	25NS
Maturit*Temp	1	11 NS	4,5NS	124NS	37*
Time*Maturi*Tempera.	2	1,4 NS	4NS	147NS	61NS

\*: significant, \*\*: very significant, NS: no significant

Fuente: Elaboración propia.

Los contenidos totales de la cianidina y delphinidina aumentaron en el estado más avanzado de madurez evaluados cuando el fruto se mantuvo en condiciones de 20°C y 95%H.R. Frutos en estado de madurez, pintón 2, no desarrollaron antocianinas y sus valores fueron menores a los encontrados para la misma especie y para la especie oleracea.

Los incrementos en la actividad respiratoria del asaí no son exactamente un climaterio respiratorio, pero si existen cambios fisiológicos, como contenido de antocianinas, cuando la madures del fruto es mayor.

# BIBLIOGRAFÍA

Hernández, M.S., Barrera J., Melgarejo, L.M. 2009. Fisiología de Postcosecha. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Capítulo 9. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 01 de septiembre en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11\\_Cap09.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf)

Rogez H., Pompeu, R., Akwie, S.N., Larondelle, Y. 2011. Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: A comparison between acai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24: 796–800

Sanabria, N. & Sangronis, E. 2007. Caracterización del açai o manaca (*Euterpe oleracea*

Mart.): Un fruto del Amazonas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(1): 94–98.

Van Looy, Carrero, O., Mathijs E. y Tollens E. 2008. Underutilized agroforestry food products in Amazonas (Venezuela): a market chain analysis. *Agroforest System* 74:127–141. DOI 10.1007/s10457-008-9110-0.

Díaz, R.; Orjuela-Baquero N.M.; Carrillo, M.; Hernández M.S. y Fernández-Trujillo, J.P. 2014. Storage of Asai (*Euterpe precatoria* Mart.) Fruits Harvested at Different Maturity Stages. *Proc. IInd IC on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions*. Eds.: G. Fischer *et al.* *Acta Hort.* 1016:137-140.

García, A., Cucaita, N., Díaz, R.O., Barrera, J., Hernández, M.S., Gutiérrez., Fernández-Trujillo, J.P. 2014. El estado de madurez en cosecha como factor crítico en la calidad postcosecha del fruto de asaí. En *Avances en la Postcosecha de Frutas y Hortalizas* Editores: L. Zacarías, A.R. Ballester, J.F. Marcos y M.B. Pérez-Gago. Valencia. España.

Neves, J., Tosin, J., Benedette, R. Cisneros-Zevallos, L. 2015. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. *Food Chemistry* 174: 188–196





# PROTOCOLO DE ÍNDICES DE RECOLECCIÓN DE PALMAS ASAÍ (*Euterpe precatoria*), SEJE (*Oenocarpus bataua*) Y MORICHE (*Mauritia flexuosa*) PARA EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Luisa Fernanda Peña, Marcela Carrillo, Jaime Barrera y Bernardo Giraldo<sup>1</sup>

## Resumen

Las palmas desempeñan un papel relevante en la dinámica y funcionamiento del bosque debido al impacto de la caída de sus grandes hojas sobre individuos del sotobosque y su importancia como fuente de alimento para polinizadores y consumidores de semillas y frutos (Durán & Franco 1992). Los frutos de palmas son importantes por su aptitud tecnológica para la transformación, y deben ser cosechados en óptimo estado de madurez. Los índices de recolección para frutos de palmas, asaí (*Euterpe precatoria*), seje *Oenocarpus bataua* y moriche (*Mauritia flexuosa*) constituyen un reto tecnológico, debido a la complejidad de sus características de producción por su disposición en racimos y lo inaccesible de los mismos, por la gran altura de las palmas, y lo inundable de las áreas de distribución natural.

Los indicadores de recolección de los frutos de palma se clasifican en físicos: contenido de pulpa, tamaño, cambio de color; y químicos: contenido de ácidos y antioxidantes. El índice respiratorio también es determinante para los frutos de palmas y se encontró que hay variedades climatéricas y climatéricas suprimidas; las primeras ablandan más rápidamente para su procesamiento, por lo que se hacen más perecederas que las segundas.

En todos los casos, los frutos de palma deben cosecharse cuidadosamente, en horas frescas, mantenerse a la sombra y enfriarse y/o procesarse en el menor tiempo posible, con el fin de evitar el deterioro de sus compuestos bioactivos: ácidos grasos, antioxidantes, fenoles y carotenoides, entre otros.

La recolección oportuna de frutos de palmas fue uno de los móviles en la generación de nuevo conocimiento para estas especies.

## Descripción de los índices de recolección

### Generalidades

El asaí es una palmera esbelta que puede alcanzar hasta 25 metros de altura. Cada racimo cuenta con cerca de 2,5 kg de fruta. El fruto del asaí es una drupa globosa o ligeramente elipsoide, con diámetros que van desde 1 cm a 2 cm y un peso de 1,5 g. Cuando están maduros, se puede visualizar el color violeta. Mesocarpio carnoso poco, presenta alrededor de 1 mm de espesor, contiene en su interior, una pequeña semilla con embrión y endospermo abundante.

La parte comestible de la fruta consiste en el exocarpio y mesocarpio, lo que representa un promedio de 26,54% de su peso. Sin embargo, hay variaciones marcadas, debido principalmente al genotipo (Urano *et al.* 2.005).

## Cosecha

La cosecha del asaí, se hace aproximadamente de cinco a seis después de la antesis, o aproximadamente 180 días después de la fertilización de las flores, momento en el que la fruta verde púrpura-negro u oscuro, dependiendo del tipo, se cubre con una capa blanquecina.

La operación de cosecha es dispendiosa por el ascenso a las alturas que deben hacer los recolectores, con la ayuda de la herramienta apropiada y equipos de seguridad, para aminorar el riesgo de vientos fuertes durante la operación. La cosecha se debe hacer preferiblemente en la mañana justo después del amanecer, debido a que hay una menor incidencia de los vientos. Otro factor beneficioso de la cosecha en la mañana es el tiempo que se debe dedicar al embalaje y transporte de frutas, ya que las frutas cosechadas deben llegar a los grandes centros de consumo.

Durante la cosecha, deben establecerse normas de higiene, para garantizar la calidad del producto a obtener. Después de la cosecha, las frutas deben ser depositadas en láminas de plástico y no directamente en el suelo, para evitar la contaminación de la fruta. Los racimos ya en el suelo se deben limpiar y eliminar restos florales, raquis, u otro tipo de material.

Escaladores calificados son capaces de pasar de una palma a otra de la misma sesión, sin descender a la tierra, sin que el peso total exceda de 15 kg. Normalmente, un escalador con experiencia es capaz de cosechar unos 150 kg a 200 kg de frutas, que corresponde a aproximadamente 50 a 60 racimos en un viaje de seis horas de trabajo.

La fruta puede ser embalada en bolsas de plástico, pero también pueden ser utilizadas Cestas hechas a partir de fibras vegetales (canastos) para su mejor conservación (Urano *et al.*, 2.005).

## Índices de recolección

Los índices de madurez han sido determinados para una gran variedad de frutas y hortalizas, sin embargo, no es común encontrar referencias a índices de recolección para frutos de palmas. En general, los productos cosechados en un estado de madurez temprano pueden carecer del sabor apropiado y es posible que no maduren adecuadamente. Similarmente, los productos cosechados tardíamente pueden ser demasiado fibrosos o estar sobremaduros (Kitinoja & Kader 1996). En el caso de las palmas neotropicales asaí, seje y moriche, este constituye un reporte de generación de criterios para la recolección de sus frutos. A partir de estos índices de recolección, los operarios recolectores pueden recibir entrenamiento en métodos de identificación de la madurez apropiada para la cosecha.

## Estados de madurez y recolección

La madurez de los frutos de asaí se caracteriza por el desarrollo del color morado cuando el fruto ha alcanzado su estado de consumo y/o transformación, pasando de color verde oscuro a morado intenso; este cambio se asocia con el paso de pigmentos clorofílicos a antocianos

Uno de los indicadores más importantes, el cual es tenido en cuenta tanto por las comunidades que realizan el aprovechamiento como el personal a cargo de las cosechas, es la cantidad de pigmentación violeta que desprenden los frutos durante su manipulación al momento de la cosecha, es decir que se presenten tonalidades moradas en los dedos cuando se presionan lo frutos.

## Verde

En el caso de frutos inmaduros presentan un color externo verde brillante en un 100% de la totalidad del fruto, y por ende sin dar tonalidad morada. El fruto presenta una alta firmeza comparada con los estados de madurez más avanzados.



Figura 1. Fruto de asaí en estado verde o inmaduro

Los frutos, en este estado de madurez, no son aptos para su aprovechamiento ni consumo debido a que no presentan las características fisicoquímicas y organolépticas necesarias (ver carta de calidad).

## Pintón 1



Figura 2. Fruto de asaí en estado pintón 1.

Los frutos en este estado de madurez, no son aptos para el aprovechamiento, debido a su alta firmeza, mayor predominancia de color verde oliva (3/4) y púrpura en una menor presencia (1/4).

Frutos con mayor resistencia para el desprendimiento de las raquillas del racimo.

## Pintón 2

Estos frutos presentan un color violeta opaco y verde opaco (Púrpura en 2/4 de la superficie y verde en 2/4), en donde no se encuentra ningún color en predominancia, con poca capacidad de mancha violeta oscuro, su firmeza es mayor que en estados de madurez más avanzados y se identifica porque durante la manipulación no presentan daños mecánicos (desprendimiento de la pulpa, hundimientos o deformaciones principalmente). Posee un alto contenido de fibras y una mínima sensación grasosa al contacto.



Figura 3. Fruto de asaí en estado pintón 2.

Es importante establecer que no es aconsejable cosechar frutos en este estado (inmaduro), debido a que estos no han alcanzado a su óptimo desarrollo y acentuación de características fisicoquímicas (Tabla 1) y organolépticas requeridas para su aprovechamiento y transformación.



Figura 4. Fruto de asaí en estado pintón 3.

## Pintón 3

Frutos con un mayor desarrollo de estado de madurez, en donde presentan un color púrpura en  $\frac{3}{4}$  de la corteza (cascara) predominando y color verde en  $\frac{1}{4}$  del total del fruto.

A pesar de tener un tamaño adecuado para el aprovechamiento y de presentar sensación grasosa al tacto, estos frutos aún no se encuentran en el punto de aprovechamiento, debido a que sus características organolépticas ni fisicoquímicas se encuentran totalmente desarrolladas.

## Maduro

Este estado se identifica por un fruto de color violeta oscuro brillante en un 100% del fruto, con una mayor presencia de pulpa. Durante su manipulación se identifica una mayor capacidad para manchar de color violeta, sensación grasosa y una menor firmeza con respecto al fruto inmaduro el cual se evidencia por una mayor facilidad de desprendimiento de la pulpa.



Figura 5. Fruto de asaí en estado maduro

Este estado es el recomendado para su aprovechamiento ya que ha alcanzado características organolépticas y fisicoquímicas requeridas y presenta una mayor facilidad de separación de la corteza, pulpa y semilla para su transformación (Tabla 1).

Debido a estas características se debe tener cuidado durante la recolección de los frutos para disminuir daños mecánicos que ocasionen pérdidas de pulpa y contaminación.

**Tabla 1.** Análisis físico y químico de frutos de asaí

Estados		Tamaño	Calidad	
Verde	Peso(g)	1,29 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)*	1,68 +/- 0,07
	Diámetro Longitudinal(mm)	11,32 +/- 0,10	Flavonoides totales (mg/100g)*	6,98 +/- 0,34
	Diámetro Transversal(mm)	11,97 +/- 0,10	Ciandin 3- GLU (mg/100g)*	23,71 +/- 1,39
Pintón 1	Peso (g)	1,27 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)*	6,24 +/- 0,60
	Diámetro Longitudinal(mm)	10,88 +/- 0,12	Flavonoides totales (mg/100g)*	37,83 +/- 4,13
	Diámetro Transversal(mm)	11,36 +/- 0,13	Ciandin 3- GLU (mg/100g)*	93,75 +/- 9,85
Pintón 2	Peso(g)	1,25 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)*	99,88 +/- 7,49
	Diámetro Longitudinal(mm)	11,69 +/- 0,03	Flavonoides totales (mg/100g)*	161,44 +/- 9,09
	Diámetro Transversal(mm)	12,30 +/- 0,04	Ciandin 3- GLU (mg/100g)*	319,40 +/- 15,54
Pintón 3	Peso(g)	1,29 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)*	111,21 +/- 7,36
	Diámetro Longitudinal(mm)	11,31 +/- 0,11	Flavonoides totales (mg/100g)*	225,37 +/- 12,13
	Diámetro Transversal(mm)	11,78 +/- 0,12	Ciandin 3- GLU (mg/100g)*	710,90 +/- 37,46
Maduro	Peso	1,31 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)*	145,58 +/- 11,63
	Diámetro Longitudinal(mm)	11,58 +/- 0,06	Flavonoides totales (mg/100g)*	290,89 +/- 15,86
	Diámetro Transversal(mm)	12,11 +/- 0,07	Ciandin 3- GLU (mg/100g)*	1184,74 +/- 64,08

Fuente: Elaboración propia.

## Seje (*Oenocarpus bataua*)

### Generalidades

Pertenece ahora al género *Oenocarpus*, que significa “fruta de vino” (Balick, 1989), recibió este nombre de los primeros exploradores de América que observaron la utilización del fruto en la producción de refrescos y bebidas altamente nutritivas

### Cosecha

De acuerdo a las encuestas realizadas, la principal forma de aprovechamiento es subir a la palma. Otras formas de aprovechamiento poco usadas, son la recolección de los frutos del suelo

La mayoría de las personas que utilizan seje o milpesos (*O. bataua*) cosechan sus racimos para la obtención de frutos.

### Características, producción, cosecha y rendimientos

La fruta de seje madura en el racimo y cae entre los seis a ocho días cuando está de color negro, por lo que frecuentemente la cosecha se realiza colectando los frutos del suelo. En condiciones de alta demanda de la fruta, la gente corta el tallo para cosechar el racimo, produciendo deterioro en el germoplasma nativo

El fruto es una drupa, ovoide o elipsoide, de 2.3 a 3.6 cm de largo y 1.7 a 2.3 cm de diámetro, agrupados en racimos con peso entre 2 a 32 kg, con 500 a 4 000 frutos, epicarpo liso, recubierto de indumentos seroso y de color negro violáceo a la madurez; mesocarpo carnoso, oleaginoso, de aproximadamente de 0.5 a 1.5 mm de espesor y de color entre blanco y violeta; endocarpo, duro, leñosos, cubierto por grandes fibras oscuras; endospermo ruminado (Balick, 1989).

Cada individuo tiene de una a cuatro infrutescencias. Cada una de ellas puede llegar a pesar 30 Kg, de los cuales hasta el 83% pueden ser frutos (Balick, 1989). El número de frutos por infrutescencia también es variable, oscilando entre 8 y 15 frutos por raquilla. El mesocarpo ocupa alrededor del 40% del total de peso del fruto, y el contenido de aceite en el mesocarpo varía de 12.4 a 18.2% (Miranda *et al*, 2008). Este mismo autor señala que la producción bianual de frutos por palmera puede variar entre 500 y 7000 frutos. Villachica (1996), por su parte menciona que el número de frutos por planta varía de 500 a 4000 frutos.

### Estados de índice de recolección

La maduración del fruto de seje o milpesos se caracteriza por el paso del color verde al color negro, cuando el fruto está listo para el consumo. Uno de los factores más importantes, el cual es tenido en cuenta tanto por las comunidades que realizan el aprovechamiento como el personal a cargo de las cosechas, son los frutos caídos que se encuentran alrededor de la palma, ya que dan indicio que ya es el momento de recolectar el racimo. De igual forma el desprendimiento de aceite y de color café oscuro de la corteza son indicadores importantes del momento de la cosecha de los frutos.

A continuación se describen cada uno de los estados de madurez:

#### Verde

Frutos inmaduros presentan un color externo verde brillante en un 100% del total del fruto, de menor tamaño, sin ninguna presencia de color café oscuro y por ende sin desprendimiento alguno de color. El fruto presenta una alta firmeza comparada con los estados de madurez más avanzados.



Figura 6. Fruto de seje – estado verde

Fruto no apto para su aprovechamiento debido a que no presenta las características fisicoquímicas y organolépticas necesarias.



## Pintón 1

Los frutos en este estado de madurez, presentan un color verde con ligera tonalidades de color violeta en la parte superior, su firmeza es mayor que estados de madurez más avanzados y se identifica porque durante la manipulación no presentan daños mecánicos (desprendimiento de la pulpa, hundimientos o deformaciones principalmente). Posee un alto contenido de fibras y baja sensación grasosa al contacto.

Es importante establecer que no es aconsejable cosechar frutos en este estado (pintón 1), debido a que estos no han alcanzado a su óptimo desarrollo y desarrollo de características fisicoquímicas y organolépticas requeridas para su aprovechamiento y transformación.



Figura 7. Fruto de seje – estado pintón 1



Figura 8. Frutos de seje –estado pintón 2

## Pintón 2

Estos frutos presentan un color violeta opaco, con mayor intensidad en la parte superior, con poca capacidad de manchar violeta oscuro, su firmeza es mayor que estados de madurez más avanzados y se identifica porque durante la manipulación no presentan daños mecánicos (desprendimiento de la pulpa, hundimientos o deformaciones principalmente). Posee un alto contenido de fibras y poca sensación grasosa al contacto.

Teniendo en cuenta que los frutos en este estado de madurez aún no han alcanzado su óptimo desarrollo y acentuación de características fisicoquímicas y organolépticas requeridas para su aprovechamiento y transformación en planta de procesamiento.

## Pintón 3

Mediante el desarrollo de los estados de madurez para la especie *Oenocarpus*, se ha podido identificar un estado pintón, en el cual los frutos se caracterizan por presentar mayor uniformidad de color violáceo y en la parte inferior presenta pequeñas tonalidades de color verde, mayor tamaño y presenta leve desprendimiento grasoso en su corteza en el momento de la manipulación. De igual forma es importante resaltar que aun en este estado se dificulta el desprendimiento de los frutos de las raquillas de las palmas, no siendo un estado óptimo para su cosecha.

Frutos de color negro - violáceo oscuro con pequeñas tonalidades de color verde y con un porcentaje de extracto etéreo (grasa) promedio de 41.83+/- 2,22 %.



Figura 9. Frutos de seje- estado pintón 3

## Maduro

Este estado se identifica por un fruto de color violeta oscuro brillante en la totalidad del fruto, tamaño adecuado, mejor formación y una mayor presencia de pulpa. Durante su manipulación se identifica un mayor desprendimiento del color negro violáceo, sensación grasosa y una menor firmeza con respecto al fruto inmaduro el cual se evidencia por una mayor facilidad de desprendimiento de la pulpa.

Este estado es el recomendado para su aprovechamiento ya que ha alcanzado características organolépticas y fisicoquímicas requeridas y presenta una mayor facilidad de separación de la corteza, pulpa y semilla para su transformación. En este estado, los frutos en promedio reportan un 41.92+/- 1,11 % de extracto etéreo (grasa).



Figura 10. Frutos de seje – estado maduro

**Tabla 1.** Análisis físico y químico de frutos de asaí

Estados	Tamaño	Calidad
Verde	Peso (g)	8,53 +/- 0,12
	Diámetro Longitudinal (mm)	32,26 +/- 0,25
	Diámetro Transversal(mm)	23,01 +/- 0,28
Pintón 1	Peso(g)	10,97 +/- 0,15
	Diámetro Longitudinal(mm)	34,64 +/- 0,30
	Diámetro Transversal(mm)	24,31 +/- 0,29
Pintón 2	Peso(g)	10,48 +/- 0,13
	Diámetro Longitudinal(mm)	31,97 +/- 0,19
	Diámetro Transversal(mm)	22,26 +/- 0,11
Pintón 3	Peso(g)	10,08 +/- 0,13
	Diámetro Longitudinal(mm)	33,64 +/- 0,38
	Diámetro Transversal(mm)	23,18 +/- 0,31
Maduro	Peso(g)	10,83 +/- 0,15
	Diámetro Longitudinal(mm)	35,32 +/- 0,61
	Diámetro Transversal(mm)	25,78 +/- 0,49

Moriche (*Mauritia flexuosa*)

## Generalidades

El Moriche (*Mauritia flexuosa*) pertenece a la familia Arecacea. Es considerada la más acuática de las palmas amazónicas (Kahn *et al.* 1993). Tiene un gran potencial económico por sus múltiples usos como pulpa, para alimento de animales, entre otros (Hernández *et al.* 2004), es clave en la alimentación y protección de la fauna silvestre. Los frutos son drupas y presentan dos etapas de desarrollo bien diferenciadas: los primeros 150 días crecen en tamaño, luego se presenta un período de desarrollo y maduración de 90 días (Hernández *et al.* 2004). El moriche tiene varios ecotipos diferentes según su tamaño, como también varias medios de dispersión, bien sea por mamíferos, aves, peces o por hidrocoria (González 2013).

Por otro lado, se ha observado que la producción de frutos es variable entre individuos y entre poblaciones de varios hábitats (sabanas y bosques), como también entre diferentes periodos reproductivos (Khorsand Rosa 2013). Mientras que para algunos autores el ciclo fenológico de *M. flexuosa* es anual (Khorsand Rosa 2013); otros señalan que es mayor a un año o supra-anual (Hernández *et al.* 2004), y que por eso el período reproductivo de esta especie no está determinado exclusivamente por condiciones de estacionalidad (Hernández *et al.* 2004).

# Descripción

La especie es conocida en Colombia como moriche (Guainía y Los Llanos Orientales), canangucha, cananguche o canangucho (Caquetá y Putumayo) y Aguaje (Sur de la Amazonía Colombiana); Bolivia: palma real; Brasil: burití y miriti; Ecuador: morete; Perú: aguaje, y Venezuela: moriche (Kahn *et al.*, 1993).

## Cosecha

La estructura de los racimos de la palma y de sus frutos se describe a continuación: Inflorescencia masculina en racimos largos, cilíndricos, de hasta 70 cm de longitud y con centenares de flores con numerosos estambres. Inflorescencia femenina que conforman racimos compactos, esféricos; flores con 68 sépalos de hasta 15-20 cm de longitud, un pistilo con un estigma de hasta 9 cm de longitud. Inflorescencia casi esférica y parecida a una "cabeza de negro", de aproximadamente 30 cm de diámetro, usualmente con 15-20 frutos densamente apretados. Frutos individuales cónicos de 9-12 cm de diámetro conteniendo 5-6 semillas de 4-5 cm de largo y 3-4 cm de ancho.

Epicarpio grueso y leñoso con numerosas proyecciones espinosas, de color pardo oscuro externamente e internamente

cremoso-amarillento. Mesocarpio carnoso, ligeramente duro, de consistencia fibrosa, oleaginosa, de 2-5 mm de espesor, sabor ligeramente dulce y aroma muy agradable; de color anaranjado.

Endocarpio liso, de color pardo-blancuzco, duro, muy delgado, de 0,5 mm de espesor. Tegumento muy fino, duro, fuertemente adherido al endospermo homogéneo, fluido cuando joven, más tarde gelatinoso y finalmente muy duro y blanco, parecido al marfil estado maduro, con una pequeña cavidad central.

La cosecha de los racimos de las palmas, debido a condiciones climáticas poco favorables (déficit hídrico, radiación solar limitada por las nubes), se caracteriza por:

- Una distribución irregular del volumen de producción en el transcurso del año, con meses con picos de producción que exceden fácilmente el 20% del total de la producción anual.
- Un ritmo de desprendimiento de frutos del racimo muy variable y difícilmente predecible.
- Se hace indispensable el uso de elementos de seguridad

Por consiguiente, en el transcurso del año hay períodos con un bajo número de racimos maduros y una proporción limitada de frutos sueltos,

# Estados de madurez e índices de recolección

## Verde

Los frutos en este estado de madurez, presentan un color verde brillante en un 100% del pericarpio (corteza), de menor tamaño, sin ninguna presencia de color naranja y sin desprendimiento de la corteza ni de grasa. El fruto presenta una alta firmeza comparada con los estados de madurez más avanzados.

Fruto no apto para su aprovechamiento debido a que no presenta las características fisicoquímicas y organolépticas necesarias.



Figura 11. Fruto de moriche – estado verde

## Pintón 1

Los frutos en este estado de madurez, presentan un color verde, en 30% del total del fruto, con presencia de color naranja en un 70% del fruto, su firmeza es mayor que en estados de madurez más avanzados y se identifica porque durante la manipulación no presentan daños mecánicos (desprendimiento de la pulpa, hundimientos o deformaciones principalmente). Posee baja sensación grasosa al contacto.

Es importante establecer que no es aconsejable cosechar frutos en este estado (pintón 1), debido a que estos no han alcanzado a su óptimo desarrollo y desarrollo de características fisicoquímicas y organolépticas requeridas para su aprovechamiento y transformación (Tabla 3).



Figura 12. Fruto de moriche – estado pintón 1

## Pintón 2

Estos frutos presentan un color naranja brillante con 85,15% de color verde mate entre las escamas, su firmeza es mayor que estados de madurez más avanzados y se identifica porque durante la manipulación no presentan daños mecánicos.

Teniendo en cuenta que los frutos en este estado de madurez aún no han alcanzado las características fisicoquímicas y organolépticas requeridas para su aprovechamiento y transformación, estos se pueden cosechar y almacenar en un lugar fresco, que posea buena ventilación, con el fin de evitar presencia de hongos o cualquier tipo de plaga.



Figura 12. Fruto de moriche – estado pintón 1

## Pintón 3

Los frutos en este estado de desarrollo, presentan color naranja opaco en un 80% y marrón brillante en un 20% entre las escamas, presenta menor firmeza a la presión y una sensación poco grasosa, la cual indica que estos frutos pueden ser colectados y dispuestos en canastillas en lugar fresco, con buen flujo de aire y volteos periódicos, cinco con fin de lograr una maduración homogénea de la cosecha. Este periodo de maduración puede tardar entre tres y días, el cual está sujeto a los estados de madurez que se hayan colectado.



*Figura 14. Frutos de moriche- estado pintón 3*

## Maduro

Este estado se identifica por un fruto de color marrón oscuro opaco en la totalidad del fruto, máximo tamaño, mejor conformación y una mayor presencia de pulpa color naranja. Durante su manipulación se identifica un mayor desprendimiento de la corteza, sensación grasosa y una menor firmeza con respecto al fruto inmaduro que se evidencia por una mayor facilidad de desprendimiento de la pulpa (Tabla 3). Su contenido de carotenoides es de 20.18 %



*Figura 5. Fruto de asaí en estado maduro*

**Tabla 3.** Análisis físico de frutos de Moriche

Estados		Tamaño	Calidad	
Verde	Peso (g)	39,05 +/- 1,49	Carotenoides totales (mg/100g)*	4,22 +/- 0,35
	Diámetro Longitudinal (mm)	52,90 +/- 1,01	Extracto etéreo (%)	20,18 +/- 0,71
	Diámetro Ecuatorial (mm)	34,98 +/- 0,61		
Pintón 1	Peso (g)	41,01 +/- 0,64	Carotenoides totales (mg/100g)*	13,38 +/- 0,60
	Diámetro Longitudinal (mm)	50,16 +/- 0,38	Extracto etéreo (%)	22,80 +/- 0,75
	Diámetro Ecuatorial (mm)	38,16 +/- 0,24		
Pintón 2	Peso (g)	42,70 +/- 0,64	Carotenoides totales (mg/100g)*	16,17 +/- 0,95
	Diámetro Longitudinal (mm)	51,56 +/- 0,41	Extracto etéreo (%)	51,24 +/- 0,45
	Diámetro Ecuatorial (mm)	38,49 +/- 0,22		
Pintón 3	Peso (g)	41,18 +/- 0,88	Carotenoides totales (mg/100g)*	22,12 +/- 0,86
	Diámetro Longitudinal (mm)	52,55 +/- 0,58	Extracto etéreo (%)	49,12 +/- 0,80
	Diámetro Ecuatorial (mm)	37,82 +/- 0,30		
Maduro	Peso (g)	55,32 +/- 0,84	Carotenoides totales (mg/100g)*	64,24 +/- 1,90
	Diámetro Longitudinal (mm)	50,74 +/- 3,18	Extracto etéreo (%)	51,86 +/- 2,87
	Diámetro Ecuatorial (mm)	44,83 +/- 0,29		

Fuente: Elaboración propia.

El conocimiento obtenido en el proyecto “Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sostenible de productos no maderables del bosque y unidades productivas en el departamento del Guaviare” sobre las características físicas y químicas de los frutos en diferentes estados de madurez, de las tres principales especies de palmas presentes en las coberturas boscosas de fincas de productores,

generó nuevos conocimientos y desarrollo de protocolos que permiten a los técnicos y productores determinar los índices de recolección confiables y reproducibles en el departamento del Guaviare e incorporar esta fase del conocimiento a la cadena de valor de estas especies.



# BIBLIOGRAFÍA



Balick, M. 1989. Native neotropical palms: a resource of global interest, p. 323-332. In G.E. Wickens, N. Haq & P. Day (eds.). *New crops for food and industry*. Chapman & Hall, Londres, Reino Unido.

Durán, R. & R. Franco. 1992. Estudio demográfico de *Pseudophoenix sargentii*. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 21: 609-621.

González, V. 2013. Aspectos morfológicos, estructurales, filogenéticos y ecológicos de las palmas. Capítulo 1. Pp. 28-73. En: Lasso, C. A., A. Rial y V. Gonzalez-Boscan. (Editores). 2013. VII. Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Hernández, M. S. Barrera, J.A. Páez, D. Ardila, E. O. y Romero, H. 2004. Aspectos biológicos y conservación poscosecha de la canangucha (*Mauritia flexuosa*) en la Amazonia Occidental Colombiana. En: Aspectos biológicos y conservación de frutas promisorias de la Amazonía Colombiana. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Universidad de la Amazonia. 107-127 p.

Kahn, f. Mejía, k. Moussa, f. & Gómez, d. 1993. *Mauritia flexuosa* (Palmae): La más acuática de las palmeras amazónicas. En: Kahn, F. León, B. Young, K. 1993. *Las plantas vasculares en las aguas continentales del Perú*. Tomo 75, Capítulo VIII: 287-308

Khorsand rosa, R. S. 2013. "Influence of Habitat on the Reproductive Ecology of the Amazonian Palm, *Mauritia flexuosa*, in Roraima, Brazil". FIU Electronic Theses and Dissertations. Paper 842. <http://digitalcommons.fiu.edu/etd/842>

Kitinoja & Kader.; 1996., *Manual de prácticas de Manejo poscosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala.*, Volumen 3., Bogotá Colombia.

Urano J, Farias J.N, Oliveira W.M.; 2.005., *Cosecha de asaí.*, Agencia de información EMBRAPA., Brasil.; Disponible en:

Consultado el 15 de julio de 2017





# ANÁLISIS DE COMPETENCIA PARA LOS PRODUCTOS DE ASAÍ (*Euterpe precatoria*), SEJE (*Oenocarpus bataua*), Moriche (*Mauritia flexuosa*) LAS ESPECIES IDENTIFICADAS DE PALMAS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Carolina Codina Ruiz

## Introducción

El presente documento tiene por objeto revisar y analizar información primaria acerca del estado de la cadena de productos forestales no maderables y su potencial de mercado. Los productos no maderables del bosque PFMN constituyen una importante cadena de valor para la región amazónica colombiana. Las palmas tienen un desempeño sobresaliente por su abundancia natural y por el gran valor como ingredientes naturales de las industrias agroalimentarias, cosmética y nutracéutica.

Esta obra se completa con un análisis de competencia y de debilidades y fortalezas para productos de palmas en el departamento del Guaviare.

El consumidor de productos alimenticios es cada vez más consciente sobre la necesidad de adoptar modelos alimenticios más saludables que pueden contribuir de manera importante a la disminución del riesgo de sufrir enfermedades y mejorar la calidad de vida. Por una parte, la población mayor o de tercera edad en los países desarrollados ha tenido un fuerte crecimiento en la última década. Así como, un aumento importante en la esperanza de vida de la población mundial. Por otra parte, numerosos estudios epidemiológicos han demostrado que la dieta y la nutrición están muy relacionadas con el desarrollo enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes, osteoporosis, anemia, cáncer, etc. Todo esto lleva a que la población aumente la preocupación por la calidad de vida y por mantener una buena salud. Es por esto que la categoría de productos naturales y saludables (NH), tanto alimentos como bebidas, ha sido el gran protagonista en los últimos años. Durante los últimos 5 años la categoría de productos naturales y saludables ha mostrado un dinamismo en crecimiento y desarrollo de productos más alto que las categorías de alimentos tradicionales.

# Caracterización del departamento del Guaviare

## Generalidades del departamento

El Guaviare está situado en el nororiente de Colombia, en la zona de transición de la Amazonia y la Orinoquia (Figura 1). El departamento limita por el norte con los departamentos de Meta y Vichada, por el oriente con Vaupés y Guainía, por el sur con Vaupés y Caquetá, y por occidente con Meta y Caquetá. Con una extensión de 53.460 m<sup>2</sup>; equivalentes a más de 5,5 millones de hectáreas, es el séptimo departamento más grande del territorio ocupando 4,7 % del territorio nacional (Molano, 2006)

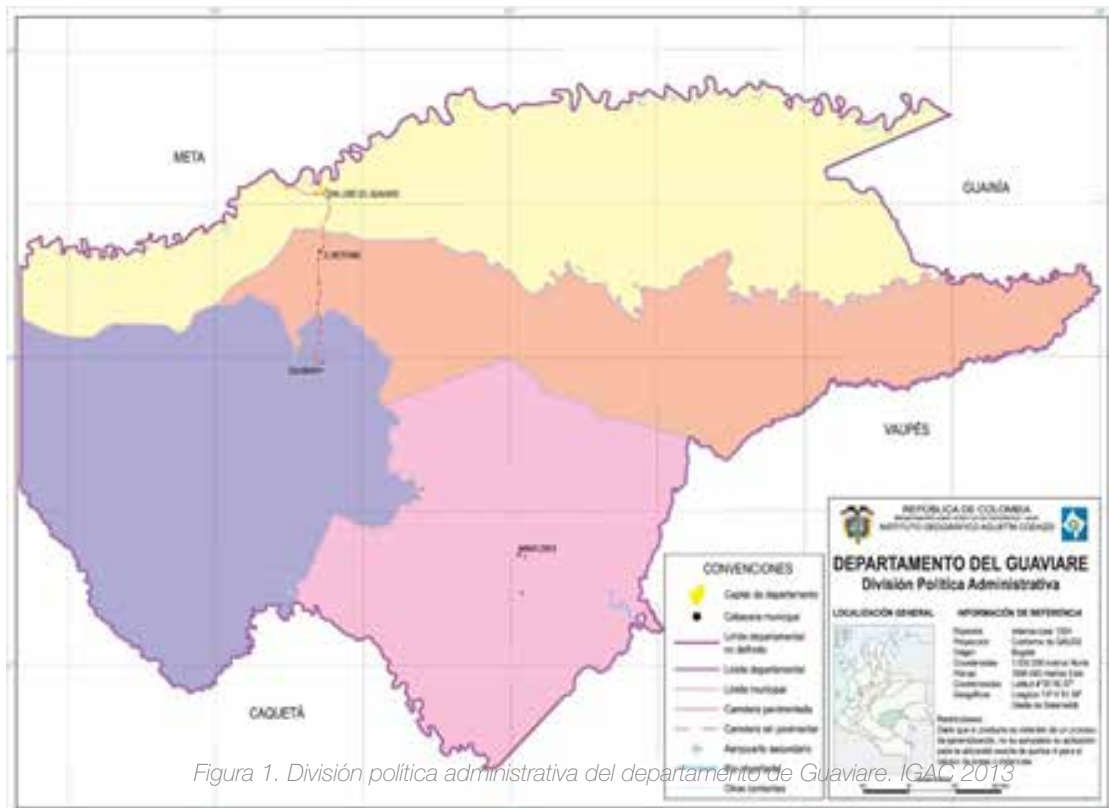


Figura 1. División política administrativa del departamento de Guaviare. IGAC 2013

El departamento del Guaviare está ubicado en dos grandes cuencas hidrográficas de los ríos Orinoco y Amazonas. La primera comprende la parte norte del territorio, y la conforman los ríos Inírida, Guaviare y Guayabero, la segunda, en el sur del departamento, tiene como ríos principales el Vaupés y Apaporis y algunas lagunas como El Cedro, El Espejo y Negra hacen parte también del sistema hidrográfico. Por otra parte, está dividido en cuatro municipios: San José del Guaviare, ciudad capital, Calamar, El Retorno y Miraflores; 25 inspecciones de policía, así como numerosos caseríos y sitios poblados.

De acuerdo a proyecciones del DANE (2014) la población total para el departamento es de 111.060 habitantes, donde el 89,85% corresponde a población mestiza, el 4,30% pertenece a población Indígena y el 5,85% pertenece a población afrocolombiana. El 58 % de la población habita en cabeceras urbanas y el 42 % en zonas rurales. En el municipio de San José del Guaviare se concentra la mayor parte de la población, 56,5%; seguido del Retorno con el 20 %, en Miraflores el 11,8 % y Calamar el 11,7 % (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descriptores del departamento de Guaviare

Concepto	Guaviare	Nacional
Extensión Territorial (Km2) –IGAC	53.460	1.141.748
Población 2015 –DANE	111.060	47.661.787
Cabecera –DANE	58%	76%
Resto –DANE 4	2%	24%

Fuente: Elaboración propia.

La población del departamento es joven, la mayor población está entre los 0 a 9 años y de 10 a 19 años. Entre los 20 y 29 años se ve una disminución importante de la población, y continúa estable durante la edad productiva de las personas. Esto en parte puede explicar las razones de migración de los guaviarenses. De acuerdo al DANE, el indicador de migración interdepartamental para el Guaviare es negativo; es decir que gran parte de la población migra a otras ciudades del país. En el 2005, 3110 personas llegaron al departamento y 10.981 se fueron a otras partes del país. Es decir que Guaviare tiene un indicador negativo de 7.871 personas (Figura 2).

El clima del Guaviare es cálido, húmedo y lluvioso. Según el IDEAM, la temperatura promedio anual es de 25,7°C, la precipitación promedio es de 2.498 mm, la humedad relativa del 85% promedio anual y llueve 187 días del año (IGAC, 2013).

El departamento cuenta con siete tipos de paisaje: planicie aluvial, valle aluvial, altillanura, lomerío estructural, lomerío erosional, macizo y peniplanicie. En cuanto a la clasificación de tierras, se identifican cinco clases agrológicas, que van desde tierras aptas para cultivos y ganadería, para cultivos mezclados con frutales, suelos para desarrollo agroforestal y forestal, cultivos y terrenos sin aptitud agropecuaria (IGAC 2013) (Tabla 2).

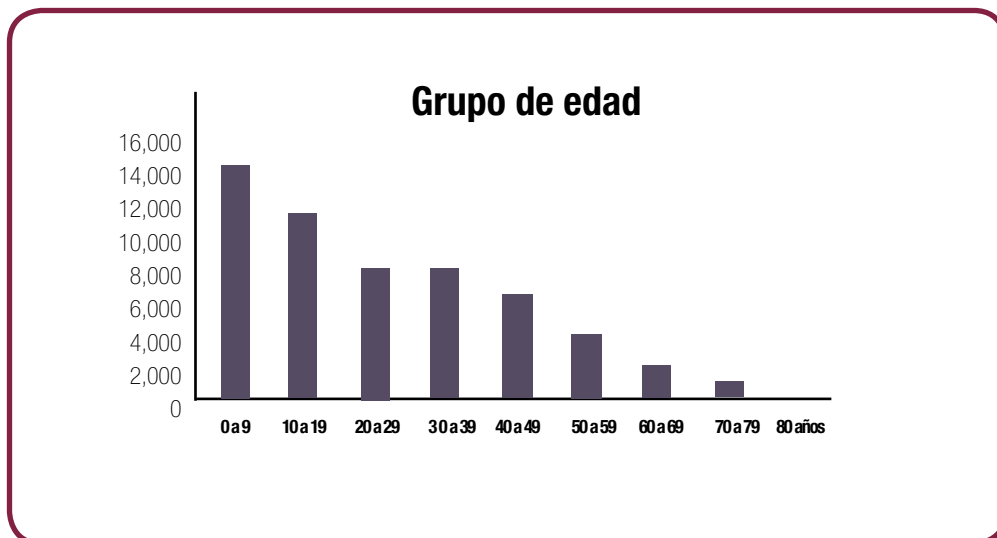


Figura 2. Composición por grupos de la población del Departamento de Guaviare

Fuente: Elaborado por el autor a partir Datos DANE 2005

Uso del Suelo	Total Hectáreas	Porcentaje (%)
Cobertura Natural	4'819.202,5	86,79
Coca	8597,9	0,15
Pastos y Cultivos	502.634,0	9,05
Rastrojo	221.533,2	3,99
Urbano	759,5	0,01
Total	5'552.727,2	100,0

Fuente: Estudio SINCHI 2013.

En cuanto a los usos del suelo, la mayor parte del área del departamento es cobertura natural, seguido en importancia suelos en pastos y cultivos, 9 % y rastrojos 4 %.

De acuerdo a las recomendaciones del IGAG el 63,2 por ciento del Guaviare (3,5 millones de hectáreas) tendría que estar bajo la categoría de conservación y protección ambiental por su importancia ecológica. El área que podría ser intervenida para actividades agropecuarias, abarca el 7,62 % del departamento, es decir 423.894 hectáreas. De este total, el 0,28 por ciento pertenece a tierras cultivables, donde se podrían implementar parcelas para maíz, soya, yuca, plátano, y frutales. En el 5,9 % se puede destinar a la producción agroforestal, que consiste en una mezcla de actividades agrícolas, forestales y silvopastoriles; y solo el 1 % por ciento del Guaviare (50.153 hectáreas) es apto para el desarrollo de la ganadería bajo modelos de producción que combine con la siembra de árboles. El 29,1 % restante del departamento corresponde a terrenos de reglamentación

especial (1,6 millones de hectáreas) donde habitan 27 resguardos indígenas.

El departamento del Guaviare se inscribe más en una vocación para la conservación, es decir forestal para la protección y quizás algunas otras para la producción sostenible (agroforestal y silvopastoril) (Tabla 2).

## Análisis socioeconómico

La producción y generación de valor en el departamento es muy baja. La economía y el ingreso de la población depende principalmente del estado, de las transferencias de gobiernos centrales y muy poco de actividades económicas locales. Las actividades de servicios sociales (administración pública, educación y asistencia social) representan el 45,6 % del PIB departamental. Por otra parte, la construcción, que es jalonada principalmente por la administración pública, representa el 11,5 % del PIB (Tabla 3).

**Tabla 3.** Distribución del PIB por Sectores en el departamento de Guaviare

Sector	Guaviare	Nacional
Establecimientos financieros	5,7	19,8
Actividades de servicios sociales	45,6	15,3
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	18,5	12,1
Industrias manufactureras	2,5	11,3
Explotación de minas y canteras	0,5	7,7
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	10,0	7,4
Construcción	11,5	6,9
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	0,7	6,2
Suministro de electricidad, gas y agua	1,2	3,6
Otros	3,7	9,7

Fuente: Elaborado por el autor a partir Datos DANE 2005

Así mismo, un porcentaje importante del PIB del departamento proviene de otras regiones del país. Las actividades locales como la agricultura y la manufactura tan solo representan el 3,2 % de la economía. El sector del comercio que representa un porcentaje importante, el 18 % del PIB departamental, es principalmente la comercialización de productos provenientes de otros departamentos del país, principalmente Meta y Cundinamarca.

El mercado laboral en el Guaviare mostró una leve mejoría entre el año 2014 a 2015. En el año 2014 para San José del Guaviare la tasa global de participación fue 71,9 %, la tasa de ocupación fue 61,8 %; y para el 2015, la tasa de desempleo disminuyó a 13,2%; la tasa global de participación aumentó 74,9%, igual que la tasa de ocupación que llegó 65,0%.

Las actividades que generan mayor empleo son las de comercio, restaurantes y hoteles que vinculó el 34,2% de la población ocupada, seguida de la rama servicios comunales, sociales y

personales con 29%. Por otra parte, el trabajador por cuenta propia y el obrero, empleado particular fueron las posiciones ocupacionales que tuvieron una mayor participación en San José del Guaviare con 72,7% de la población ocupada.

En cuanto a indicadores de calidad de vida de los pobladores, el departamento tiene una de los Índices de Necesidades Insatisfechas más altos del país, del 40%, comparado con el promedio nacional que es del 27.78 %. Así mismo, El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM); que se construye con base en cinco dimensiones, las condiciones educativas del hogar, las condiciones de la niñez y la juventud, la salud, el trabajo y el acceso a los servicios públicos domiciliarios y las condiciones de la vivienda, muestra que el departamento posee un indicador por encima del nacional. Para el Guaviare el IPM es del 75 % y a nivel nacional es del 49 %. Este indicador es más crítico en los municipios; en el Retorno llega al 96.6 % y Calamar al 86.8 %

## Sector agropecuario

La economía del departamento gira alrededor del sector agropecuario, donde las actividades más relevantes son la

explotación forestal, la ganadería extensiva, la pesca y algunos cultivos como el plátano, la yuca, el cacao y el caucho (Molano, 2006).

La actividad ganadera se concentra en el corredor San José-Calamar, y los cultivos, principalmente en las vegas del Río Guaviare. En general, la producción agrícola no es relevante o competitiva, y se orienta principalmente al autoconsumo. Es decir que el departamento no cuenta con una producción agrícola que genere excedente y valor agregado para el departamento. Los cultivos y sistemas productivos se caracterizan por el bajo uso de tecnologías y los productores en la mayoría de los casos no tienen acceso a asistencia técnica calificada, no poseen maquinaria e invierten pocos recursos en insumos y fertilizantes.

Los cultivos transitorios en el departamento del Guaviare (sin incluir la yuca) mostraron un importante crecimiento en área sembrada al pasar de 4.667 hectáreas del año 2012, a 5.576 hectáreas en el 2013. La producción total de los cultivos transitorios para el año 2013 fue 28.990 toneladas. La implementación de tecnología en el cultivo de arroz ha permitido un aumento considerable en el rendimiento de este cultivo (Tabla 4).

**Tabla 4.** Participación de cultivos en la producción promedio del departamento de Guaviare

Cultivo	Area sembrada	Area cosecha	Rendimiento (Tn/Ha)	Producción (Tn/Ha)
Arroz Mecanizado	260.0	247.0	6,2	1,531,0
Arroz Tradicional	1.9504.0	1.56.0	3,0	5,586,0
Maíz Tradicional	3,362.0	3,140.0	1,5	4,191,0
Yuca	2,233.0	1,898,0	9,0	17,082,0
Total transitorios	7,809.0	7,95.0		28,990.0
Cultivos Permanentes				
Cacao	685.0	247.0	0.5	1,37,0
Caña	714.0	285.0	9,0	2,556,0
Platano	2,885.0	2,309.0	9,0	20,781,0
Caucho	1,227.0	307,0	1,0	307,0
Piña	130.0	39.0	25,0	975.0
Total prmanente	5,641	3.214		24,756

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los cultivos permanentes, el área reportada para el 2013 fue de 5.641 hectareas y una producción total de 24.756 toneladas de producto. El plátano es el principal cultivo con un area sembrada de 2.885, un rendimiento por hectarea de 9 toneladas, y una producción anual de 20.781 toneladas. Le sigue el cultivo de caña con una producción de 2.556 toneladas y la piña con 975 toneladas.

En los informes de la Secretaria de Agricultura de la Gobernación no se reporta el cultivo o manejo silvestre de la cadena de frutales amazónicos, la cual ha mostrado un creccimiento importante en los ultimos años. De acuerdo a información de Asoprocegua en el 2015 se comercializaron 12 toneladas de arazá fresco y 28 toneladas de asái. En lo corrido del 2016 se han comercializado seis toneladas de arazá y 38 toneladas de asái.

La actividad piscícola en el departamento se ha venido desarrollando a manera de sistema de cultivo semi-intensivo a nivel de pequeños productores. En el 2013, la gobernación implementó un proyecto piscícola con 429 familias de diferentes veredas del Departamento, haciendo entrega de 154.440 alevinos y 254 bultos de concentrado de cría y 250 bultos de concentrado de ceba. En la actualidad se reporta una producción de 68 toneladas totales

## Infraestructura

La cobertura de los sistemas de acueducto y alcantarillado en el departamento son deficitarios y se encuentran en los niveles más bajos frente al promedio nacional. Este déficit es aún más crítico en las zonas rurales. De acuerdo al DANE, la cobertura del alcantarillado en el área urbana del departamento es del 43 %, muy por debajo de la cobertura nacional que está en el 94 %, muy por debajo de la cobertura nacional que está en el 94 %. Por su parte, en las zonas rurales, la cobertura en el Guaviare es del 13.3%, frente al 47.1 % de las zonas rurales a nivel nacional (Tabla 5).

**Tabla 5.** Saneamiento básico de alcantarillado en el departamento del Guaviare comparado con el nacional

Cobertura Alcantarillado		
Nivel	Urbano	Rural
Nacional	94.3%	47.1%
Guaviare	43.0%	13.3%

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la prestación del servicio de acueducto, la cobertura en el departamento es del 47.8 %, por debajo de la cobertura nacional que es del 89.7 %. Por otra parte, tan solo el 2,6 % de la población rural tiene acceso al servicio de acueducto (Tabla 6).

**Tabla 6.** Saneamiento básico de acueducto en el departamento del Guaviare comparado con el nacional

Cobertura Acueducto		
Nivel	Urbano	Rural
Nacional	89,7%	17.8%%
Guaviare	47.8%	2.6%

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente, la cobertura en la prestación del servicio de energía está por debajo del promedio nacional. De acuerdo a la UPME Unidad de Planeación Minero Energética el indicador de Cobertura de Energía Eléctrica-ICEE del departamento del

Guaviare es del 74.3 %, por debajo del nacional que está en el 96.1 %. Así mismo, la diferencia en las zonas lejanas a las cabeceras municipales es más crítica. El ICEE a nivel nacional es del 84.8 % y en el Guaviare, este indicador se encuentra en el 57.7% (Tabla 7).

**Tabla 7.** Cobertura de prestación de energía en el departamento de Guaviare y su comparativo con el nivel nacional

Cobertura Energía – ICEE			
	Cabecera	Resto	Total
Nacional	99.6%	84.8%	96.1%
Guaviare	90.1%	57.7%	74.3%

Fuente: Elaboración propia.

Ésta marcada diferencia en los porcentajes en la cobertura, es un claro indicador del nivel de desigualdad y de las grandes brechas entre los departamentos del centro del país frente a las zonas más alejadas.

## Redes de transporte y logística

La red vial del departamento del Guaviare se compone de un eje principal que comunica los municipios de San José, El Retorno y Calamar, y una red secundaria que conecta las inspecciones de policía con las cabeceras de mayor importancia económica; esta misma vía conecta al departamento con la red vial nacional entre San José del Guaviare y Granada (Meta). De acuerdo al Invias, el departamento cuenta con un total de 89 kilómetros de vías nacionales, 584 vías secundarias y 612 de vías terciarias (Tabla 8).

**Tabla 8.** Red Nacional de Vías:

<b>Red Nacional (Invias)</b>	<b>89 km</b>
<b>Red Secundaria</b>	<b>584 km</b>
<b>Red Terciaria</b>	<b>612 km</b>

Fuente: DNP 2015

En general, el estado y mantenimiento de las vías secundarias y terciarias es precario. Esto hace que la movilización de los de los habitantes desde zonas rurales hacia las cabeceras del municipio sea dispendiosa y costosa, particularmente en periodos de lluvia.

Las vías que conectan el departamento con el interior del país han mejorado en los últimos años gracias a la inversión del Gobierno Nacional. Desde Bogotá D.C. por la vía al llano se llega a Villavicencio pasando por Granada y Puerto Concordia, el cual separa el Departamento del Guaviare por el río que lleva

el mismo nombre. Finalmente se llega al puente del Nowen, vocablo indígena que significa Puerta del Guaviare. Por esta vía se llega a Bogotá entre 6 a 9 horas, en una carretera en perfectas condiciones; esto ha facilitado el comercio de productos y disminuido los costos de transporte, hecho fundamental para la competitividad del departamento.

En este sentido, el departamento tiene una gran oportunidad en el mediano y largo plazo ya que los proyectos viales nacionales y regionales beneficiaran y conectarán a la capital (San José) con el resto del país y, horizontal y verticalmente. El proyecto de Visión Regional – EDI (Ejes de Integración y Desarrollo); el eje 2 o eje andino conectarán desde el sur del continente (Bolivia, Chile, Argentina), con el norte (Venezuela y Colombia). Esta vía prioritaria en Colombia conectará las ciudades de Mocoa, Florencia, San José del Guaviare, Villavicencio y Bogotá.

Por su parte, el Eje Amazonas proyecta conectar de oriente a occidente el continente suramericano por medio de un sistema multimodal, terrestre fluvial. En este sentido, se mejoraran las vías que conectan las ciudades cercanas al Río Amazonas y se podrán mover fluvialmente mercancías de oriente a occidente. Desde el departamento del Guaviare, se llegará por medio de la vía Guaviare - Mocoa, bajando a puerto donde a través del Río Putumayo se accede al Amazonas hasta llegar al Mar Atlántico (DANE, 2014).

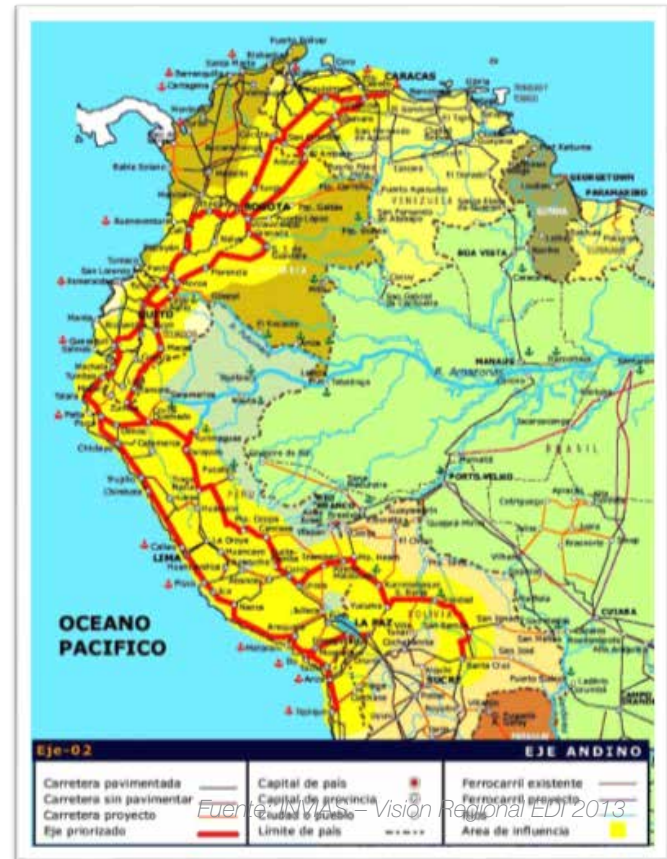
La red aérea del departamento cuenta con un aeropuerto de categoría III ubicado en San José. Las aerolíneas Satena y otras pequeñas empresas de transporte aéreo principalmente con aviones tipo Cessna, prestan el servicio de transporte desde el interior del país (Bogotá y Villavicencio), y hacia otros más apartados de la región amazónica.

## Análisis de competitividad

La CEPAL elaboró el estudio de la competitividad de los departamentos de Colombia basados en el concepto extendido por Michael Porter en cuanto a que el grado en que una región es competitiva varía de acuerdo con la configuración de un conjunto propio de factores internos y externos (Porter, 1990). En este sentido, la competitividad es la capacidad que tiene una región para tener una economía y una sociedad, cuyo desarrollo resulta atractivo en términos de la competencia económica agregada; como las competencias que tiene un territorio para lograr un desempeño moderno, con fortalezas, equilibrios, integralidad, diversidad y resiliencia.

El estudio se conforma del análisis detallado de cada departamento en las áreas de la condición económica, los avances tecnológicos, el capital humano, la infraestructura y las instituciones políticas y administrativas. Resultado del análisis,

se define un Índice de la Competitividad Departamental (ICD), el cual refleja el estado y evolución de las ventajas competitivas de los departamentos de Colombia.



El escalafón de la competitividad del 2015 ubica al departamento del Guaviare en el puesto 29 al obtener un IDC de 13.3 %, muy por debajo de los departamentos líderes a nivel nacional que en su mayoría se encuentran en la región andina central del país. Guaviare hace parte de los departamentos coleros en competitividad que son Amazonas, Putumayo, Chocó, y los más rezagados, Vichada, Guainía y Vaupés. Estos departamentos se caracterizan por estar aislados, geográfica e institucionalmente, y en un contexto de predominante de ruralidad.





En el indicador de fortaleza de la economía, el departamento del Guaviare obtuvo el puesto 28 con un indicador del 20.5 %. Este indicador examina la disponibilidad de recursos, el nivel de desarrollo de habilidades y la consecución de logros del agregado de la economía departamental frente a las presiones macroeconómicas, estructurales y demográficas. Con respecto a las mediciones pasadas, el departamento se mantiene estable en el indicador; es decir la estructura de la economía no ha sido modificada.

En infraestructura vial obtuvo el puesto 28 con un indicador del 21,7 %. Este factor examina la disponibilidad, calidad y eficiencia de la infraestructura, entendida como el conjunto de instalaciones permanentes y estructuras subyacentes que sostiene las necesidades de la producción, la comunicación y el bienestar. Con respecto a las mediciones pasadas, el departamento se mantiene estable en el indicador; es decir que no se han realizado modificaciones estructurales en la infraestructura del departamento.

En capital humano el departamento obtuvo el puesto 29 con un indicador del 16,6 %. Este indicador evalúa la disponibilidad agregada de conocimiento, habilidades, competencias, entrenamiento y atributos personales y sociales, así como su producción y protección a través de los sistemas de educación

y salud, relacionados con la capacidad potencial de realizar trabajo productivo para generar valor económico. En cuanto a mediciones pasadas, el estudio concluye que el Guaviare se encuentra estancado.

En ciencia, tecnología e innovación, el departamento obtuvo el valor más bajo del indicador con 9,0 % y el puesto 30. Este indicador evalúa el nivel de desarrollo de habilidades, la consecución de logros y la disponibilidad de recursos de los sistemas de innovación, tanto académicos como productivos, basados en ciencia y tecnología. Con respecto a las mediciones pasadas, el departamento se mantiene estable en el indicador.

Finalmente, en instituciones, gestión y finanzas públicas, el departamento mostró el mejor indicador, comparado con otros indicadores, y lo ubica en el medio de la tabla de posiciones. El indicador obtenido fue de 57.7 % llegando al puesto 19. Este indicador evalúa la gestión territorial enfocada en el fortalecimiento de las finanzas públicas departamentales, y con esto el grado de autonomía; lo que comprende la generación de rentas propias suficientes, para cubrir los gastos de funcionamiento y los pasivos, y también para la libre destinación, incluyendo la inversión social. Con respecto a mediciones en periodos posteriores, el Guaviare ha avanzado significativamente.

Resumen de Indicadores competitividad - Guaviare			
Factor	Indicador	Nivel	Tendencia corto plazo
Índice de Competitividad	13,3	Colero	Estable
Fortaleza de economía	20,5	Colero	Estable
Infraestructura	21,6	Colero resagado	Estable
Capital Humano	16,6	Colero	Estancado
Ciencia y tecnología	9	Colero	Estable
Instituciones y finanzas Públicas	57,7,	Medio bajo	Ganador

Fuente: Cepal 2015

Para los departamentos con más desafíos, como es el Guaviare, se recomienda iniciar la construcción de capacidades, y no solo genéricas, sino en dimensiones específicas que les permitan impulsar desarrollos. Es decir, priorizando procesos de especialización, que generen nuevas especialidades, para ensanchar, y no angostar, el camino hacia el desarrollo de un territorio. En consecuencia, es recomendable incentivar especializaciones, en pocos factores, en los departamentos con más desafíos. En este sentido, la apuesta por productos naturales no maderables del bosque es una alternativa única que le ofrece especialización y diferenciación al departamento.

## Análisis comparativo de competitividad

Teniendo en cuenta el potencial que tienen los departamentos de la región amazónica para el desarrollo de la cadena de frutales amazónicos para la industria alimenticia, se seleccionaron los departamentos de Putumayo y Caquetá, para realizar un análisis comparativo frente a las condiciones de competitividad para el desarrollo de una actividad económica.

### Análisis Comparativo Departamentos

Factor	Caqueta	Guaviare	Putumayo
Índice de Competitividad	31,4	13,3	18
Fortaleza de economía	30,8	20,5	21,3
Infraestructura	48,4	21,7	33,2
Capital Humano	30,8	16,6	29,2
Ciencia y tecnología	23,2	9	9,6
Instituciones y finanzas Públicas	56,1	57,7	42,2

Fuente: Elaboración del autor a partir de Cepal 2016.

En el Índice General de Competitividad, el departamento del Guaviare obtuvo el más bajo valor comparado con los otros departamentos seleccionados para el análisis. El departamento de Caquetá tiene un nivel más alto de competitividad (31.4%), y se ubica a nivel nacional, en el rango medio. Por el contrario, Putumayo y Guaviare se encuentran dentro de los departamentos con valores más bajos, con ICD de 18 % y 13,3 % respectivamente. La principal diferencia radica en el mejor estado de la economía, la infraestructura y la ciencia e innovación. En el único sector donde el Guaviare se ubica en un nivel superior es en Instituciones y finanzas públicas, donde a nivel nacional ocupó el primer puesto. La diferencia que en fortaleza económica muestran Caquetá y Putumayo, frente a Guaviare se debe principalmente a la presencia y desarrollo del sector de hidrocarburos, el cual tiene incidencia en el mejor estado de la infraestructura.

Los sectores más críticos en la baja competitividad del departamento del Guaviare son el capital humano y en ciencia, tecnología e investigación. En este sentido, para poder desarrollar sectores económicos, basados en la especialización de productos únicos en el departamento, será necesario fomentar políticas públicas que apunten al mejoramiento de la capacidad técnica del recurso humano e igualmente promover la inversión en investigaciones y desarrollo tecnológico para la innovación.

## Análisis debilidades y fortalezas departamento del Guaviare

Teniendo en cuenta el análisis del estado socio económico del departamento y su nivel actual de competitividad, para el desarrollo de la cadena de frutales en el departamento, se identificaron las siguientes debilidades y fortalezas:

### Debilidades:

- La balanza de población de migraciones es negativa. En mayor proporción la población del departamento se desplaza a otras regiones cuando se acerca a la edad de los 20 años, edad productiva. Esto es un reflejo de la falta de oportunidades económicas y de desarrollo para la población local. La población en edad de trabajar y de emprender actividades económicas se va del departamento a ofrecer sus recurso físico y técnico para el desarrollo de otras regiones. Es importante trabajar en políticas de formación y de generación de emprendimiento para que la población joven encuentre oportunidades para desarrollar todas sus capacidades en el departamento y exista el capital humano suficiente para el desarrollo y consolidación de sectores económicos.
- Dado los procesos de ocupación del territorio y el boom de actividades económicas que ha vivido el Guaviare, existe una concepción cultural entre los pobladores que premia el extractivismo bajo una visión de corto plazo. Para el desarrollo de sectores económicos que sean acordes con la vocación del territorio, es necesario contar con recurso humano que culturalmente tenga una visión de largo plazo y uso sostenible de los recursos.
- Baja inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación. De acuerdo al estudio de competitividad elaborado por la Cepal, en el Guaviare no se han realizado inversiones importantes en el sector y su estado actual es precario y muy por debajo a nivel nacional, comparado aún con departamentos amazónicos. Para mejorar la competitividad del departamento es necesario canalizar recursos importantes para la investigación y la formación del capital humano.
- Estado de la vías secundarias y terciarias en el departamento. La infraestructura vial interna del departamento es precaria y el mantenimiento es insuficiente. Esta situación hace que el

movimiento de productos desde las zonas rurales a la cabecera sea ineficiente e inadecuado en términos de mantenimiento de calidad en la cadena del producto. Aunque se tengan presupuestados proyectos de mejoras para esta infraestructura, no será suficiente para que el estado en las vías contribuya al desarrollo de actividades económicas en el departamento.

- Nivel de cobertura de los sistemas de acueducto y alcantarillado. El departamento del Guaviare tiene uno de los niveles de cobertura más bajos a nivel nacional, muy por debajo del promedio nacional. Esta situación es aún más precaria en las zonas rurales. Es necesario, tanto para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, como para crear las condiciones básicas para la creación y consolidación de emprendimientos locales que contribuyan en la mejora de la competitividad del departamento, que los niveles de cobertura aumenten rápidamente.
- Cobertura y costo del servicio de energía. Al igual que los sistemas de agua y alcantarillado, la cobertura de la energía es muy baja comparada a nivel nacional y en las zonas rurales es aún más crítica. Por otro parte, en la zona que se presta el servicio el costo de KW es más alto que el promedio nacional. Aunque el proyecto de cobertura de energía local ayudará a la ampliación de la cobertura y la generación local de la energía, para el desarrollo de sectores económicos no es suficiente en cuanto al costo y la estabilidad en la prestación del servicio.

## Fortalezas:

- Teniendo en cuenta la distribución del suelo y la vocación principal del departamento de conservación del bosque, es una fortaleza para el departamento especializarse en el desarrollo de sectores económicos a partir de productos naturales no maderables que tienen una demanda importante en el mercado y que se encuentran en abundancia y variedad en los bosques del departamento.
- Partiendo de la fortaleza anterior y debido al nivel de competitividad definido por la CEPAL para el Guaviare, se recomienda para

la ruta de la competitividad, iniciar con sectores que le den al departamento un grado de especialización y diferenciación frente a las demás regiones del país. Esto refuerza la fortaleza del desarrollo de cadenas a partir de productos únicos en el departamento.

- Oferta de volumen y variedad de productos de la biodiversidad. Dadas sus características ecológicas, el departamento ofrece una gran variedad y cantidad de productos naturales maderables únicos, que representan una gran oportunidad para el desarrollo económico del departamento a partir de la especialización y el inicio de la ruta de competitividad. En este sentido, los departamentos amazónicos no ofrecen la misma variedad y disponibilidad de los principales activos de la biodiversidad valorados por el mercado, como lo son asaí, burií, seje y arazá. Dado lo anterior, el departamento tiene una fortaleza para el desarrollo de economías locales únicas, circulares, propias y diferenciadas a nivel nacional, donde el consumo de sus propios productos se convierte en una opción inicial de uso y aprovechamiento de los productos.
- Conexión terrestre con el interior del país y ubicación estratégica frente a desarrollos viales futuros. La vía terrestre actual que conecta al departamento con el interior del país se encuentra en muy buenas condiciones y ha contribuido al desarrollo del comercio desde y hacia la capital, San José. Por otra parte, dadas los proyectos futuros de conectividad regional, tanto de norte a sur, como oriente a occidente en el continente americano, el departamento está en una ubicación estratégica, lo que facilitará el comercio de productos con diferentes países del continente y con otros continentes.
- Población joven del departamento. El mayor porcentaje de la población es menor de 20 años, lo cual es una oportunidad de desarrollo, si se implementan políticas adecuadas de formación e incentivo al emprendimiento, con el fin de evitar su migración a otras regiones del país. Un factor clave para el desarrollo de una región es una población joven y capacitada, que generen valor y soporten el bienestar de poblaciones mayores.

# BIBLIOGRAFÍA

CEPAL. 2015. Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia. Bogotá: Oficina de la Cepal en Colombia.

DANE. 2014. Boletín Técnico Cuentas anuales Departamentales – Colombia. Producto Interno Bruto (PIB). Bogotá: DANE.

DANE. 2015. Boletín Técnico. Principales indicadores del mercado laboral nuevos departamentos. Bogotá: Departamento Nacional de Estadística. 2016. Boletín técnico pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2015. Bogotá: Departamento Nacional de Estadística.

DNP. 2015. Dialogo Regional para la Construcción del Plan Nacional de Desarrollo. Llanos – Guaviare. Bogotá: Departamento de Planeación Nacional.

IGAC. 2013. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento del Guaviare. Bogotá: IGAC.

Ministerio de Agricultura. 2013. Evaluaciones Agropecuarias EVA. Informe de coyuntura. Bogotá: Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Gobernación del Guaviare, Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente.

Molano, Alfredo. 2006. Selva Adentro: Una historia oral de la colonización del Guaviare. Bogotá: Ancora Editores.

<http://siatac.co/Atlas/guaviare.html>





# DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE FRUTOS DE LAS PALMAS ASAÍ (*Euterpe precatoria*), SEJE (*Oenocarpus bataua*), MORICHE (*Mauritia flexuosa*)

Luisa Fernanda Peña, Marcela Piedad Carrillo, Bernardo Giraldo, Sandra Yaneth Castro, Juliana Cardona, Raquel Díaz, Luis Eduardo Mosquera y María Soledad Hernández

## Introducción

En el proyecto el desarrollo tecnológico se enfocó a la generación de nuevo conocimiento en la composición, crecimiento y desarrollo, transformación y aprovechamiento sostenible en el tiempo de los frutos de tres palmas sobresalientes, que por su abundancia natural, su participación en los paisajes productivos de la región y la oportunidad de su transformación, constituyen una alternativa productiva regional.

### Asaí (*Euterpe precatoria*)



Figura 1. Palma y frutos de asaí (*Euterpe precatoria*)

El asaí (*E. precatória*) es una palma perteneciente a la familia de las *Arecaceae*. Presenta un tallo solitario y erecto (Figura 1), que alcanza entre los 10-20 m de altura y entre 10-23 cm de diámetro. La inflorescencia tiene un pedúnculo de cerca de 20 cm de largo, el raquis alcanza cerca de 40 cm de largo y posee alrededor de 90 raquillas péndulas, blanquecinas y tomentosas. Sus frutos se caracterizan por su color morado casi negro en la madurez, forma esférica de 1 a 1,5 cm de diámetro (Fig. 1). La semilla ocupa generalmente la mayor parte de la fruta (85%) y está cubierta por una fibra gruesa (Castro, *et al.*, 2015; Del Pozo-Insfran, Brenes *et al.* 2004).

Los frutos de Asaí presentan un elevado contenido de fibra cruda, bajo contenido de proteína y carbohidratos (Tabla 1). El exocarpio (Figura. 2 y Tabla 2) presenta un elevado contenido de antocianinas ( $1136,31 \pm 204$  mg/kg Cinidin-3-glucósido), compuesto perteneciente a los flavonoides, principales responsables del color morado y de su alta actividad antioxidante. A partir de estos se obtiene variedad de productos alimenticios como pulpas, jugos, helados, mermeladas, así como ingredientes naturales tales como pigmentos, polvos deshidratados y aceite (36,96% en base seca del exocarpio) para aplicaciones alimenticias, cosméticas y nutraceuticas (Carrillo *et al.*, 2017).

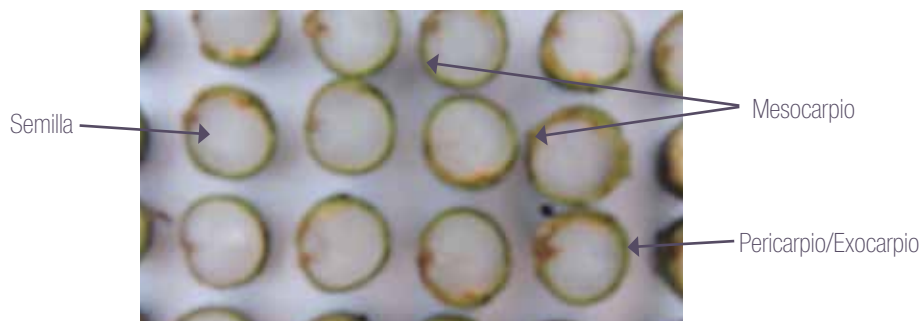


Figura 2. Partes del fruto de asaí (*Euterpe precatória*)

**Tabla 1.** Análisis proximal de frutos maduros de asaí (*E. precatória*)

VARIABLE	PULPA	SEMILLA
Humedad (%)	40,76	-
Extracto etéreo (%)*	36,96	15,04
Cenizas (%)*	2,29	2,60
Proteína (%)*	0,03	0,06
Fibra Cruda (%)*	42,43	36,29
Carbohidratos (%)*	18,28	46,01

\*Datos en base seca. Fuente: Carrillo *et al.*, 2017

**Tabla 2.** Composición macroscópica del fruto de asaí (*E. precatória*) en estado maduro

Parte del Fruto	Composición (%)
Pericarpio-Mesocarpio	27,3
Semilla	72,7
Peso total	100,0

\*Datos en base seca. Fuente: Los autores

# Moriche (*Mauritia flexuosa*)



Figura 3. Palma y frutos de moriche (*Mauritia flexuosa*)

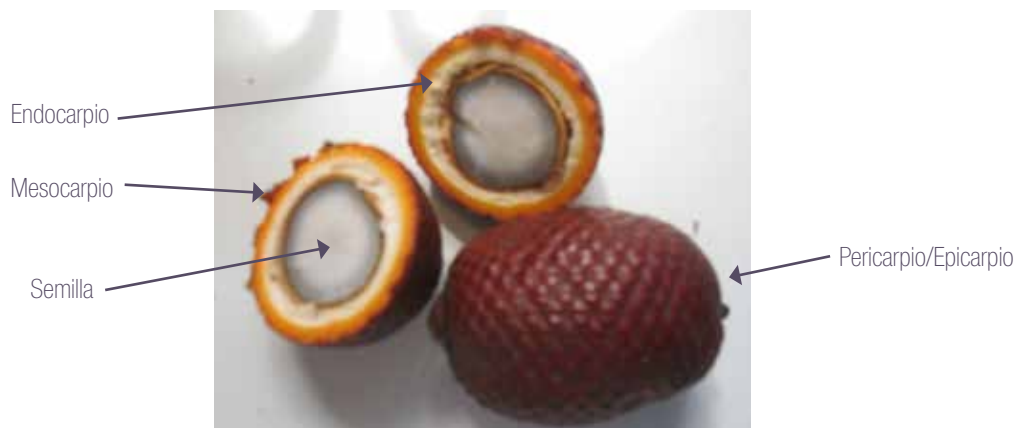


Figura 4. Partes del fruto de moriche (*Mauritia flexuosa*)

El Moriche (*M. flexuosa*) es una palma dioica, con estipe columnar de hasta 35 m de altura y 30-40 cm de diámetro y color café-blanquecino. Sus hojas son palmeadas de hasta 2.5 m de largo y 4.5 m de ancho. Presenta hasta 8 inflorescencias, erectas con las raquillas péndulas; en las palmas masculinas el raquis mide en promedio 3,2 m y las raquillas 0,87 m mientras que en las palmas femeninas mide aproximadamente 2,4 m y las raquillas hasta 1 m de largo. Sus frutos son oblongos, elípticos o subglobosos, de 7 cm de largo y 5 cm de diámetro, de color rojo-anaranjado oscuro a café-rojizo cuando se encuentran maduros, su mesocarpio es anaranjado, muy carnoso y aceitoso. La semilla es oblonga a subglobosa, de color café (López-Camacho, *et al*, 2006).

Sus frutos son consumidos en fresco y a partir de ellos es posible la obtención de productos alimenticios como pulpas, helados y jugos. Los frutos poseen un contenido elevado de fibra cruda (Tabla 3 y 4). El mesocarpio presenta un alto contenido de carotenoides ( $956,83 \pm 88,43$  mg/100 g betacaroteno) el cual es un compuesto precursor de la provitamina A de gran importancia nutricional ya que es necesaria en diversos procesos biológicos. Adicionalmente, este es una fuente potencial para la extracción de aceite debido a su elevado contenido de lípidos (33,1% de extracto etéreo) el cual es vehículo de los carotenoides (Carrillo *et al*, 2017).



**Tabla 3.** Análisis proximal de frutos maduros de moriche (*M. flexuosa*)

Variable	Pulpa	Semilla
Humedad (%)	57,0	50,6
Extracto etéreo (%)*	33,1	4,01
Cenizas (%)*	4,32	5,78
Proteína (%)*	3,62	0,1
Fibra Cruda (%)*	37,72	84,28
Carbohidratos (%)*	21,24	5,92

\*Datos en base seca. Fuente: Carrillo et al, 2017

**Tabla 4.** Composición macroscópica del fruto de moriche (*M. flexuosa*) en estado maduro

Parte del Fruto	Composición (%)
Epicarpio	23,7
Mesocarpio	23,2
Endocarpio	15,9
Semilla	37,3
Peso total	100,0

\*Datos en base seca. Fuente: Carrillo et. al, 2017

## Seje (*Oenocarpus bataua*)



Figura 5. Palma y frutos de Seje (*O. bataua*)



Figura 6. Partes del fruto de Seje (*O. bataua*)

La especie *Oneocarpus bataua* conocida comúnmente como palma de seje o milpesos es una palma solitaria de estipe liso de 4-26 m de alto y 15-45 cm de diámetro. La inflorescencia de 1-2 m de largo es de color amarillenta en flor y rojiza en el fruto. El pedúnculo tiene una longitud hasta de 40 cm, presenta un raquis de hasta 300 raquillas densamente dispuestas. Sus frutos son ovoides a oblongo-elipsoides, de color púrpura a negro cuando se encuentra en estado maduro de 2,5-4,5 cm de longitud y 2-3 cm de diámetro (Fig. 6), agrupados en racimos con un peso entre 2 y 32 kg, con 500 a 4,000 frutos (López-Camacho, *et al.*, 2006).

Los frutos se usan como fuente de aceite, en preparaciones de uso medicinal, cosmético y culinario, además de ser usada para la formulación de una bebida parecida a la leche, muy importante fuente de calorías en la dieta de las comunidades

indígenas (Montufar, Laffargue *et al.* 2010). Presentan un alto contenido de fibra cruda y bajos niveles de carbohidratos (Tabla 5). Debido a su contenido de flavonoides (143,41 ± 9,63 mg de Quercetina/100 g exocarpio) y carotenoides (0,53 ± 0,50 mg/100 g betacaroteno) en el exocarpio de los frutos maduros, se consideran una fuente importante de compuestos con reconocida capacidad antioxidante. Sus frutos son una fuente potencial para la extracción de aceite, por su elevado contenido de lípidos (extracto etéreo, Tabla 5), el cual está compuesto por ácidos grasos polinsaturados de ácido oleico (ácido graso esencial correspondiente a la serie omega 9), linolénico (ácido graso esencial correspondiente a la serie omega 3) y linoleico (ácido graso esencial correspondiente a la serie omega 6), por lo que es considerado como ingrediente natural en la formulación de productos nutraceúticos (Carrillo *et al.*, 2017).

**Tabla 5.** Análisis proximal de frutos de Seje(*O. bataua* )

Variable	Pulpa	Semilla
Humedad (%)	18,9	18,9
Extracto etéreo (%)	40,0	24,0
Cenizas (%)	1,2	2,0
Proteína (%)	0,02	0,01
Fibra Cruda (%)	42,5	36,9
Carbohidratos (%)	15,6	37,1

\*Datos en base seca. Fuente: Carrillo *et. al.*, 2017

# Fenología reproductiva de las especies y carta de calidad de las especies

En las figuras 7, 8 y 9 se presenta el estado fenológico de las tres especies en el Departamento del Guaviare, partiendo de los resultados de las evaluaciones realizadas previamente por el Instituto SINCHI y que permitirán hacer un seguimiento a las especies en las zonas de aprovechamiento para lograr una estimación de la época de la maduración de los frutos para su cosecha.



Figura 7. Periodos fenológicos de la especie asaí (*E. precatoria*). Fuente: Montero, et al., 2016



Figura 8. Periodos fenológicos de la especie moriche (*M. flexuosa*). Fuente: Montero, et al., 2016

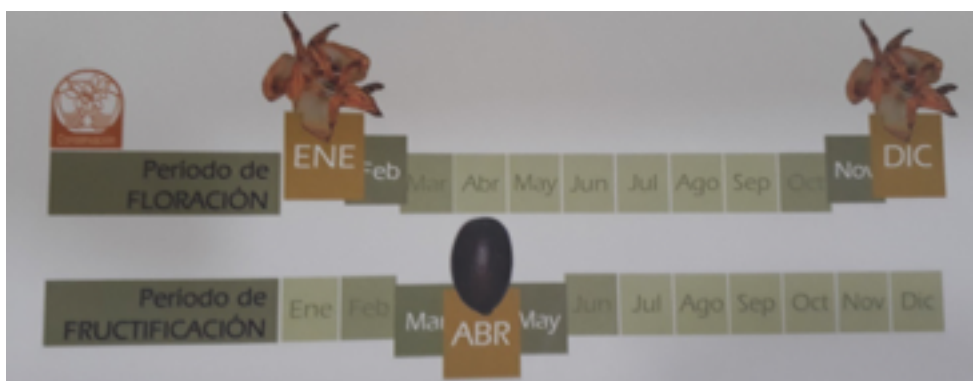


Figura 9. Periodos fenológicos de la especie seje (*O. bataua*). Fuente: Montero, et al., 2016



Figura 10. Carta de calidad de la especie asaí (*E. precatória*). Fuente: Los autores

Para la cosecha se verifica el estado de madurez de los racimos, teniendo en cuenta las cartas de calidad para cada especie (figs. 10, 11 y 12), con el propósito de identificar los parámetros externos de los frutos que son característicos de cada estado de madurez. Para el caso de los frutos de Moriche esto es posible gracias a su tamaño, que hace fácil de identificar su color y tamaño externo, ya sea de manera directa o con el uso de binóculos. Para el caso de seje o asaí, debido al tamaño de los frutos, se debe contar con algunas muestras por cada racimo a

cosechar para verificar su estado de madurez, lo que es posible lograr con ayuda de un cortarramas cuando las palmas no superan los diez metros de altura.

Adicionalmente, en las zonas donde crecen estas especies de manera natural, se utiliza un método tradicional, que consiste en verificar la presencia de frutos en el suelo, alrededor de la especie, lo cual indica que el racimo se encuentra en estado maduro y puede ser cosechado.

Escala de color	Estados	Descripción	Tamaño		Calidad	
			Peso (g)		Antocianinas totales (mg/100g)	
1	Verde	Fruto de color verde brillante en un 100%	Peso (g)	1,29 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)	1,68 +/- 0,07
			Diámetro Longitudinal (mm)	11,32 +/- 0,10		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	11,97 +/- 0,10	Flavonoides totales (mg/100g)	6,98 +/- 0,34
2	Pintón 1	Frutos firmes en los que predomina el color verde y presentan tonalidades negras	Peso (g)	1,27 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)	6,24 +/- 0,60
			Diámetro Longitudinal (mm)	10,88 +/- 0,12	Flavonoides totales (mg/100g)	37,83 +/- 4,13
			Diámetro Ecuatorial (mm)	11,36 +/- 0,13		
3	Pintón 2	Frutos firmes en los que predomina el color negro y presenta tonalidades verdes	Peso (g)	1,25 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)	99,88 +/- 7,49
			Diámetro Longitudinal (mm)	11,69 +/- 0,03	Flavonoides totales (mg/100g)	161,44 +/- 9,09
			Diámetro Ecuatorial (mm)	12,30 +/- 0,04		
4	Pintón 3	Frutos firmes de color negro (púrpura)	Peso (g)	1,29 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)	111,21 +/- 7,36
			Diámetro Longitudinal (mm)	11,31 +/- 0,11	Flavonoides totales (mg/100g)	225,37 +/- 12,13
			Diámetro Ecuatorial (mm)	11,78 +/- 0,12		
5	Maduro	Frutos blandos de color púrpura (negro) en el 100% de la superficie.	Peso (g)	1,31 +/- 0,01	Antocianinas totales (mg/100g)	145,58 +/- 11,63
			Diámetro Longitudinal (mm)	11,58 +/- 0,06	Flavonoides totales (mg/100g)*	290,89 +/- 15,86
			Diámetro Ecuatorial (mm)	12,11 +/- 0,07		

\* Datos en base seca



Figura 11. Carta de calidad de la especie Moriche (*M. flexuosa*). Fuente: Los autores

Escala de color	Estados	Descripción	Tamaño		Calidad	
1	Verde	Frutos firmes de color verde claro brillante en el 100% de la superficie	Peso (g)	39,05 +/- 1,49	Carotenoides totales (mg/100g)*	4,22 +/- 0,35
			Diámetro Longitudinal (mm)	52,90 +/- 1,01		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	34,98 +/- 0,61	Extracto etéreo (%)	20,18 +/- 0,71
2	Pintón 1	Frutos firmes de color naranja muy claro y brillante	Peso (g)	41,01 +/- 0,64	Carotenoides totales (mg/100g)*	13,38 +/- 0,60
			Diámetro Longitudinal (mm)	50,16 +/- 0,38		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	38,16 +/- 0,24	Extracto etéreo (%)	22,80 +/- 0,75
3	Pintón 2	Frutos firmes de color naranja brillante	Peso (g)	42,70 +/- 0,64	Carotenoides totales (mg/100g)*	16,17 +/- 0,95
			Diámetro Longitudinal (mm)	51,56 +/- 0,41		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	38,49 +/- 0,22	Extracto etéreo (%)	51,24 +/- 0,45
4	Pintón 3	Frutos firmes de color naranja oscuro brillante	Peso (g)	41,18 +/- 0,88	Carotenoides totales (mg/100g)*	22,12 +/- 0,86
			Diámetro Longitudinal (mm)	52,55 +/- 0,58		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	37,82 +/- 0,30	Extracto etéreo (%)	49,12 +/- 0,80
5	Maduro	Frutos blandos de color marrón opaco en el 100% de la superficie	Peso (g)	55,32 +/- 0,84	Carotenoides totales (mg/100g)*	64,24 +/- 1,90
			Diámetro Longitudinal (mm)	50,74 +/- 3,18		
			Diámetro Ecuatorial (mm)	44,83 +/- 0,29	Extracto etéreo (%)	51,86 +/- 2,87

\* Datos en base seca

Escales de color	Estados	Descripción	Tamaño	
1	Verde	Frutos firmes de color verde brillante en un 100%	Peso (g)	8,53 +/- 0,12
			Diámetro Longitudinal (mm)	32,26 +/- 0,25
			Diámetro Ecuatorial (mm)	23,01 +/- 0,28
2	Pintón 1	Frutos firmes en los que prevalece el color verde y presenta algunas tonalidades de color negro (púrpura)	Peso (g)	10,97 +/- 0,15
			Diámetro Longitudinal (mm)	34,64 +/- 0,30
			Diámetro Ecuatorial (mm)	24,31 +/- 0,29
3	Pintón 2	Frutos firmes en los que prevalece el color negro (púrpura) y presenta algunas tonalidades de color verde	Peso (g)	10,48 +/- 0,13
			Diámetro Longitudinal (mm)	31,97 +/- 0,19
			Diámetro Ecuatorial (mm)	22,26 +/- 0,11
4	Pintón 3	Frutos firmes de color negro (púrpura) oscuro con pequeñas tonalidades de color verde	Peso (g)	10,08 +/- 0,13
			Diámetro Longitudinal (mm)	33,64 +/- 0,38
			Diámetro Ecuatorial (mm)	23,18 +/- 0,31
5	Maduro	Frutos blandos de color negro (púrpura) oscuro en el 100% de la superficie	Peso (g)	10,83 +/- 0,15
			Diámetro Longitudinal (mm)	35,32 +/- 0,61
			Diámetro Ecuatorial (mm)	25,78 +/- 0,49

Figura 12. Carta de calidad de la especie Seje (*O. batava*). Fuente: Los autores

## Proceso de obtención de pulpas

### Recepción y pesado

Los frutos que llegan a la planta de procesamiento deben someterse a un proceso de verificación general de los estados de madurez y sanidad, para lo cual es indispensable el uso de las cartas de calidad de cada especie (Figs. 10, 11 y 12). Cada canastilla que contiene la fruta es revisada, aceptando aquellas que en su mayoría presentan frutos sanos y estados aptos para su procesamiento (Figura 13 y Tabla 6, 7, 8). Es importante aclarar que es posible que los racimos cosechados presenten algunos frutos que no tengan el mismo estado de madurez que la mayoría; estos pueden ser identificados en la etapa posterior de selección y clasificación.



Figura 13. Recepción y pesado de frutos de palmas al ingreso a la planta de transformación

## Selección y clasificación

Esta etapa pretende contar con materia prima estándar para asegurar la calidad del producto terminado.

La fruta ingresada a la planta es sometida a un proceso de selección más exhaustivo, el cual puede realizarse sobre mesas de acero inoxidable o en las canastillas, separando los frutos aptos para proceso, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Estado de madurez
- Sanidad: Ausencia de hongos visibles
- Daños mecánicos altos: Frutos con afectación parcial o total de la superficie (exocarpio) o con orificios ocasionados por insectos

La selección de los frutos para procesamiento depende de cada especie y se realiza de la siguiente manera:

## Frutos de asaí (*E. precatoria*)

Los frutos sanos (sin hongos), sin daño mecánico alto y en estado maduro se encuentran aptos para su procesamiento, deben ser separados por estados de madurez antes de continuar con la siguiente etapa (lavado y desinfección).

**Tabla 6.** Diagrama para la selección de frutos de asaí

1	2	3	4
<p><b>Estado maduro</b></p> <p>Fruto blando que desprende color púrpura al tacto</p>	<p><b>Estado Pintón 3</b></p> <p>Ver Figura 10</p>	<p><b>Demás estados</b></p> <p>Ver Figura 10</p>	<p><b>Frutos con daños</b></p> <p>Daños mecánicos altos: cortes u orificios (poco frecuente) Presencia de hongos</p>

Fuente: Los autores

De acuerdo al diagrama para la selección de frutos de asaí, los frutos de la categoría 3 no son aptos para su procesamiento debido a que fueron cosechados sin haber alcanzado las características organolépticas necesarias para asegurar la calidad estándar de la pulpa. Por otro lado, aquellos que presenten hongos o daño mecánico alto no son procesados ya que su estado afectará la calidad organoléptica y microbiológica de la pulpa.

# Frutos de moriche (*M. flexuosa*)

Los frutos sanos, sin daño mecánico alto (alto desprendimiento de la pulpa), y en los estados maduro y pintón 3 se encuentran aptos para su procesamiento, deben ser separados por estado de madurez (diagrama 2) antes de continuar con la siguiente etapa (lavado y desinfección).

**Tabla 7.** Diagrama para la selección de frutos de moriche



1	2	3	4
<b>Estado maduro</b> Fruto blando al tacto	<b>Estado Pintón 2 y 3</b> Ver figura 11	<b>Demás estados</b> Ver figura 11	<b>Frutos con daños</b> Daños mecánicos altos: alta desprendimiento de la pulpa, con cortes u orificios (poco frecuente). Presencia de hongos

Fuente: Elaboración propia

Los frutos que no son aptos para su procesamiento (categorías 3 y 4, tabla 7) se rechazan debido a que no alcanzaron características organolépticas necesarias para asegurar la calidad estándar de la pulpa. Por otro lado, aquellos que presenten hongos o daño mecánico alto no son procesados ya que su estado afectará la calidad organoléptica y microbiológica de la pulpa.

# Frutos de seje (*O. batava*)

Los frutos sanos, sin daño mecánico alto y en el estado maduro (Fig. 12) se encuentran aptos para su procesamiento, deben ser separados por estado de madurez y sanidad (diagrama 3) antes de continuar con la siguiente etapa (lavado y desinfección)



**Tabla 8.** Diagrama para la selección de frutos de seje

		
<p><b>1</b></p>	<p><b>2</b></p>	<p><b>3</b></p>
<p><b>Estado maduro</b></p>	<p><b>Demás estados de madurez</b></p>	<p><b>Frutos con daños</b></p> <p style="text-align: center;">Daños mecánicos altos: alta desprendimiento de la pulpa, con cortes u orificios (poco frecuente). Presencia de hongos</p>

*Fuente: Elaboración propia*

Los demás frutos (categorías 2 y 3) no son aptos para su procesamiento debido a que fueron cosechados antes de lograr las características organolépticas necesarias para asegurar la calidad estándar de la pulpa. Por otro lado, aquellos que presenten hongos o daño mecánico alto no son procesados ya que su estado afectará la calidad organoléptica y microbiológica de la pulpa.

## Lavado y desinfección

El lavado y desinfección de los frutos tiene como finalidad disminuir los residuos contaminantes visibles (restos vegetales, insectos muertos, tierra, cabellos humanos, etc) y no visibles (microorganismos), los cuales provienen del lugar de cosecha o son adquiridos durante la recolección, manipulación y el transporte de los mismos.

La disminución de los microorganismos patógenos en los productos es importante para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos, reducir la pudrición y mejorar el aspecto y el valor nutritivo. Lavar y desinfectar las frutas y hortalizas es una práctica común para reducir la contaminación superficial.

Los estados de madurez de los frutos que ingresan a la etapa de lavado y desinfección dependen de cada especie de la siguiente manera:

*Existen tres tipos de microorganismos que pueden ser transportados por las frutas y hortalizas y que representan un peligro para la salud humana como los virus: hepatitis A, por ejemplo, bacterias: Salmonella spp., Escherichiacoli, Shigellaspp. y otras y parásitos: Giardiaspp., por ejemplo. (Organización Panamericana de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).*

*Patógeno: cualquier agente biológico que causa enfermedades en los seres humanos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004).*

## Frutos de asaí

Los frutos maduros y pintones deben ser lavados y desinfectados de manera separada. Posteriormente sólo los frutos en estado pintón 3 pasan a la etapa de maduración o acondicionamiento para su procesamiento, la cual se describe más adelante.

## Frutos de moriche

Sólo los frutos que se encuentran en estado maduro pueden pasar a la etapa de lavado y desinfección. Los frutos en estado pintón 2 y 3 pasan a la etapa de maduración, la cual se describe más adelante.

## Frutos de seje

Sólo los frutos que se encuentran en estado maduro pueden pasar a la etapa de lavado y desinfección.

## Procedimiento de lavado y desinfección

El lavado se realiza con agua potable sometiendo los frutos a una corriente de agua permanente de manera manual (Fig. 14a) o con un equipo de lavado continuo, o sumergiéndolos en recipientes de lavado (tanques en acero inoxidable, Fig. 14b y c) realizando movimientos circulares constantes para facilitar que el material contaminante soluble se disuelva en el agua y el no soluble caiga por gravedad o flote en la superficie del agua. El material suspendido en la superficie del agua debe retirarse.

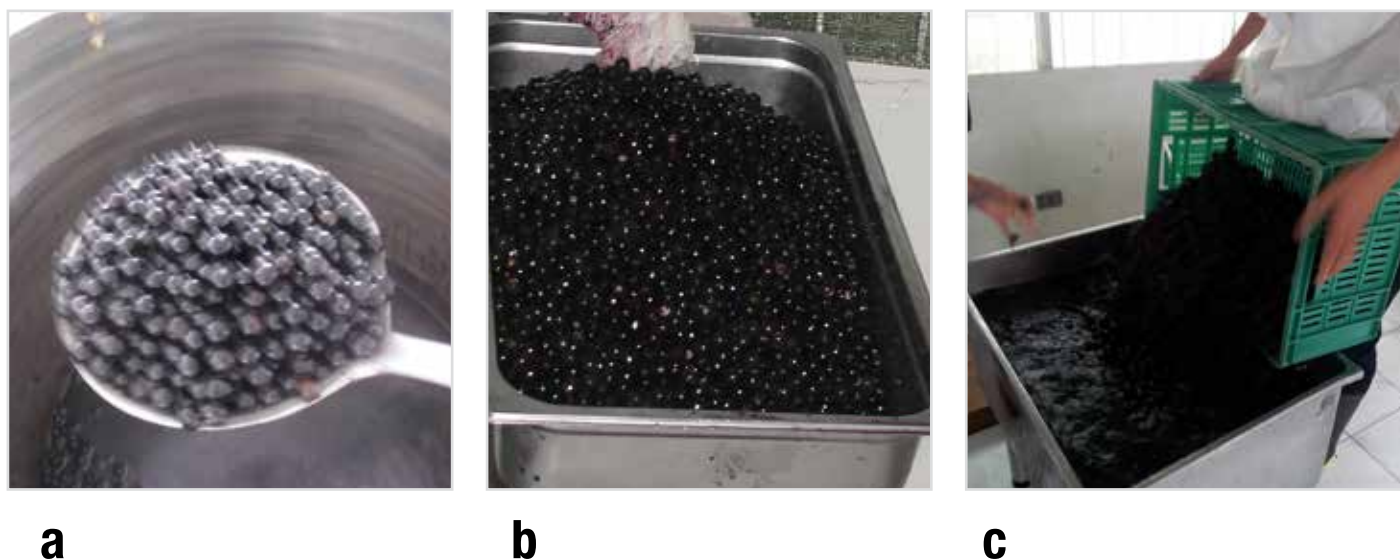


Figura 14. Lavado de frutos de palmas al ingreso a la planta de transformación: a. por aspersión manual, b y c. Por inmersión en tanque de lavado

Una vez realizada esta operación se procede a la desinfección con agentes desinfectantes, los cuales son sustancias químicas que pueden destruir o reducir sustancialmente las cantidades de microorganismos presentes en la superficie del producto y en el agua de lavado, reduciendo así la contaminación. Estos no son eficaces si los patógenos se han introducido en el producto, en este caso, cuando los frutos ingresan con daño mecánico alto.

El desinfectante más utilizado es el cloro, en forma de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ), el cual es encontrado comercialmente como

una solución al 5% para el blanqueamiento y desinfección en el hogar, aunque ya es posible encontrar otros productos desinfectantes con base en Cloruro de dimetilbencil amonio alquil (C12-18), así como, productos biodegradables. La concentración del desinfectante depende del grado de exposición de la fruta a fuentes contaminantes y debido a que los frutos de asaí, seje y moriche son silvestres y algunos de ellos provienen de zonas inundadas se sugiere utilizar las concentraciones y tiempos de la Tabla 9 para asegurar una desinfección efectiva.

**Tabla 9.** Concentración de la solución desinfectante (Hipoclorito de sodio-agua potable) para desinfección de frutos de asaí, seje y moriche

FRUTA	CONCENTRACIÓN (PPM)	TIEMPO DE INMERSIÓN
Asaí	200 ppm	20 min
Seje	200 ppm	30 min
Moriche	300 ppm	30 min

Fuente: Los autores

Posterior a este tiempo, se debe realizar un enjuague con agua potable para retirar las trazas o residuos del desinfectante que queda en los frutos. La solución desinfectante no debe reutilizarse ya que no será efectiva y su reutilización puede generar contaminación cruzada.

## Proceso de acondicionamiento de frutos de asaí en estado pintón

Los frutos en estado Pintón 3 de asaí después de lavados y desinfectados, se almacenan a temperatura de congelación ( $\leq -4^{\circ}\text{C}$ ) en un lugar limpio y desinfectado para evitar su contaminación, por un tiempo aproximado de 12 horas para su posterior procesamiento.

## Proceso de maduración de frutos de moriche en estado pintón

Los frutos de Moriche que se encuentran en los estados pintón 2 y 3, no se encuentran aún aptos para el proceso de despulpado debido a que no han desarrollado las características organolépticas necesarias para asegurar la calidad estándar de la pulpa, por lo cual deben pasar a una etapa de maduración. Para esto los frutos se disponen en canastillas llenas hasta la mitad y se almacenan en un lugar fresco y con sombra, con buen flujo de aire, realizando un volteo periódicamente para evitar que la humedad se acumule y ocasione crecimiento de hongos, levaduras y/o bacterias. El tiempo depende del estado de maduración siendo entre seis a ocho días para frutos en estado pintón 2 y de 4 a 5 días para frutos en estado pintón 3

o hasta que alcancen las características descritas para el estado maduro (Fig. 11).

## Escaldado de frutos de seje

El escaldado es una operación térmica que busca disminuir la actividad enzimática de las enzimas en los frutos, ablandar los tejidos y fijar el color de los pigmentos



Figura 15. Ablandamiento de frutos de seje

Para este proceso los frutos de Seje se sumergen completamente en un recipiente de acero inoxidable o marmita que contiene agua a una temperatura entre 60 a 65°C. Se continúa el calentamiento manteniendo constante la temperatura a 60°C durante un tiempo de 25 minutos (Fig. 15).

## Despulpado

Este proceso tiene como propósito separar la pulpa del fruto de las semillas y corteza o piel (parte externa del fruto o exocarpio). El despulpado mecánico se realiza en una despulpadora vertical, compuesta de un tanque cilíndrico y un eje interno vertical con seis aspas (Fig. 16), movido por un motor de revoluciones fijas, cuyo propósito es generar movimientos circulares en los frutos, logrando fricción entre estos y entre los frutos y las paredes del tanque, lo que ocasiona el desprendimiento de la pulpa. En la

parte inferior interna del tanque cilíndrico se coloca un tamiz (1 mm y 1,8 mm de diámetro de orificio, Fig. 17) cuyo propósito es permitir el paso de la pulpa obtenida y retener material de tamaño superior al diámetro de sus orificios. La pulpa sale por la tubería que se encuentra en la parte inferior del cilindro. El despulpado se facilita con la adición del agua una vez inicia el movimiento de los frutos.



Figura 16. Despulpadora vertical por lotes para frutos de palma. a. tanque cilíndrico, b. tamiz y c. eje interno con seis aspas

El equipo apagado se carga con la fruta y posteriormente se enciende adicionando poco a poco el agua potable hasta completar la cantidad requerida de acuerdo a la especie que se está procesando y/o tipo de pulpa (Tabla 10). Durante este proceso el agua se mezcla con la pulpa desprendida y forma una emulsión que por efecto de la gravedad cae al fondo del cilindro pasando previamente por un tamiz cuyo diámetro depende del fruto procesado o calidad de la pulpa (Fig. 17).



Figura 17. Tamices de orificios a. 1,8 mm y b. 1mm

**Tabla 10.** Datos del proceso de despulpado de frutos de asaí, seje y moriche

FRUTA	RELACIÓN FRUTA: AGUA(kg:kg)	TIPO DE TAMIZ	RENDIMIENTO (%)
Asaí	1:0,7	1 mm	49,23
Seje	1:1	1 mm	53,42
Moriche		1,8 mm	42,16
Tipo A	7:2		
Tipo B	7:3		
Tipo C	1:1		

Fuente: Elaboración propia.

La pulpa de moriche puede ser clasificada en tres tipos, la A y la B se obtiene de las primeras pasadas por la despulpadora, mientras que la C es la fase final del despulpado cuando la relación con el volumen de agua es



**a**



**b**



Figura 18. Proceso de despulpado de: a. Moriche, b. Seje y c. Asaí

**Tabla 11.** Ficha de calidad para pulpa de Moriche

TIPO DE PULPA	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD (*)
Tipo A	Pulpa con un gran porcentaje de sólidos, es una "torta" que se va formando después del tamiz en el fondo de la despulpadora.	Humedad: 65.70% Cenizas: 4.45% Grasa: 46.58% Fibra: 1.28% Carbohidratos totales: 86.61%
Tipo B	Pulpa de menor densidad, con una relación fruta:agua 7:3. Su apariencia es densa	Humedad: 83,47% Cenizas: 2,88% Grasa: 44,59% Fibra: 1,17% Carbohidratos totales: 64,58%
Tipo C	Pulpa fina con mayor cantidad de agua en relación con la fruta de 1:1.	Humedad: 85,51% Cenizas: 2,20% Grasa: 37,65% Fibra: 1,01% Carbohidratos totales: 55,36%



(\*) Análisis reportado en base seca. Fuente: Los autores

Fuente: Elaboración propia.

## Pasteurización

La pasterización es un tratamiento térmico usado para inactivar los microorganismos causantes de enfermedades presentes en los alimentos. Este proceso, inactiva la mayor parte de las formas vegetativas de los microorganismos, pero no sus formas esporuladas por lo que constituye un proceso adecuado para la conservación por corto tiempo (OMS ).

Este proceso sólo se realiza para las pulpas de Seje y Moriche y se debe llevar a cabo en una marmita con agitación constante

a una temperatura de 65 °C por 5 minutos, permitiendo la homogenización del producto y la reducción uniforme de la carga microbiana. No se aconseja prolongar más tiempo este proceso ya que tratamientos térmicos prolongados pueden afectar la calidad de la pulpa debido a su alto contenido de grasa y otros compuestos (carotenoides en el caso de la pulpa de moriche y antocianinas en el caso de seje y asai). En el caso de asai no se lleva a cabo por que genera un color café en la pulpa, totalmente indeseable



Figura 19. Proceso de pasteurización de pulpas de Moriche (superior) y b. Seje (inferior)

## Empaque y rotulado

Las pulpas obtenidas se aíslan del medio ambiente con el fin de mantener sus características hasta el momento de su consumo. Esto se logra mediante su empaqueo con mínima cantidad de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas.

## Choque térmico y almacenamiento

Las pulpas se sumergen en agua a temperatura ambiente, con el fin de disminuir la temperatura del producto y garantizar la inactivación y/o eliminación de la carga microbiana. Posteriormente se almacenan a temperatura de refrigeración, entre 4 a 6°C para aquellas a las que se les adiciones conservantes. Caso contrario se almacenan en una cámara de congelación, a una temperatura entre -10°C a -20°C, garantizando así, las características de calidad obtenidas durante el proceso.

## Composición fisicoquímica de las pulpas

Las pulpas de asai seje y moriche tienen una humedad superior al 80%, con un contenido de sólidos totales bajo para el caso de seje y de moriche. Por el contrario el contenido de grasa es superior al 50% en el caso de frutos de seje y moriche, por lo que se convierten en interesantes fuentes de aceites.

**Tabla 12.** Composición fisicoquímica de las pulpas de Asaí, Seje y Moriche

VARIABLE	PULPA DE ASAÍ	PULPA DE SEJE	PULPA DE MORICHE
Acidez iónica (pH)	4,1 ± 0,1	2,5 ± 0,0	3,1 ± 0,1
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,0 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,6
Acidez titulable (g/ 100g)	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,2 ± 0,0
Humedad (%)	87,24 ± 1,9	90,12 ± 2,1	86,5 ± 1,6
Grasa (%)*	39,10 ± 2,0	55,78 ± 2,9	63,58 ± 3,3
Cianidin 3 - glu (mg/g)*	10,27 ± 3,5	N.E	N.E
Antocianinas totales (mg/1g)*	18,02 ± 5,0	0,42 ± 0,0	N.E
Carotenoides totales (mg/100g)*	4,76 ± 1,2	N.D	21,69± 0,3

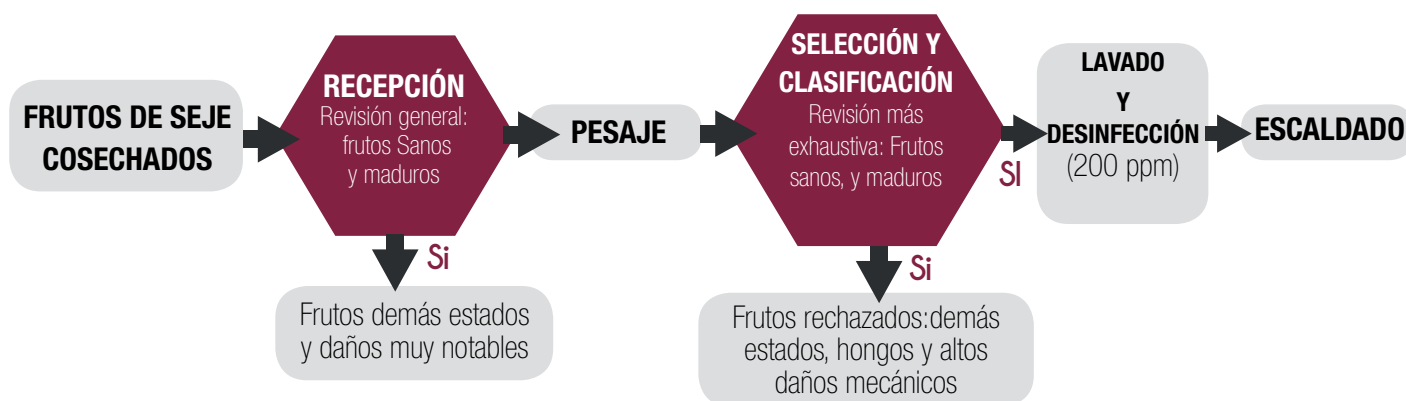
\*Datos en base seca. N.E= No encontrado; N.D= No determinado. Fuente: Los autores

# Diagramas de flujo de los procesos de obtención de pulpas

**Diagrama 1.** Diagrama de proceso para la transformación de frutos de asaí (*E. precatória*)



**Diagrama 2.** Diagrama de proceso para la transformación de frutos de seje (*O. batava*)



**Diagrama 3.** Diagrama de proceso para la transformación de frutos de moriche (*M. flexuosa*)





# EXTRACCIÓN MECÁNICA DE ACEITES DE LAS PULPA DE PALMAS ASAÍ (*Euterpe precatoria*), SEJE (*Oenocarpus bataua*) Y MORICHE (*Mauritia flexuosa*)

Los aceites son productos de alta importancia en la industria agroalimentaria, nutraceutica y de ingredientes naturales en general. Este apartado de los resultados de generación de nuevo conocimiento de procesos de transformación de frutos de palmas hace referencia a la extracción de aceites y sus rendimiento

## Filtrado de la pulpa

Este proceso se realiza con el propósito de retirar la mayor cantidad de humedad presente en la pulpa y favorecer el proceso de secado. El tiempo de operación es función de la cantidad de sólidos presentes en la pulpa.



Figura 20. Pulpa de Moriche.  
Fuente: Marcela Carrillo

El equipo recomendado es un filtro prensa (Fig. 21), el cual está compuesto por una serie de placas y marcos con una cámara interior, una lona o tela filtrante y una bomba de succión.



Figura 21. Equipo filtro prensa. Fuente: Catálogo de producto empresa Oleonativas

El proceso se inicia colocando la tela filtrante entre cada una de las placas y luego ubicándolas de manera ordenada en el equipo, como lo indican los números grabados en ellas. Una vez colocados los filtros, las placas se ajustan haciendo presión con el tornillo ubicado en la parte delantera del equipo (Fig. 21).

Se coloca una manguera en la tubería de entrada del equipo, por donde se alimenta la pulpa una vez se ha encendido la bomba de succión. La pulpa pasa a través de las placas permitiendo que

en las cámaras interiores se vaya formando una capa espesa con los sólidos retenidos de la pulpa y el líquido caiga por gravedad a la bandeja inferior. A medida que se van reteniendo los sólidos en la placa, la presión del sistema va aumentando, por lo cual se debe observar constantemente el manómetro para evitar una sobrepresión.

La pulpa filtrada se retira de las placas con ayuda de una espátula (Fig. 22).



Figura 22. Filtración de la pulpa de moriche (*M. flexuosa*). Fuente: Marcela Carrillo

## Secado

Para el secado se utiliza un secador por convección. La pulpa filtrada se coloca en capas finas y uniformes (3 mm de espesor aprox.) en cada una de las bandejas del equipo con el fin de retirar la mayor cantidad de agua posible, y de esta manera mejorar la calidad del aceite obtenido en el proceso de prensado (Fig. 23).



Figura 23. Secado de pulpa filtrada de moriche (*M. flexuosa*) en un secador de aire forzado. Fuente: Marcela Carrillo

## Molienda

Este proceso busca aumentar el área de transferencia de masa aumentando el área superficial de la materia prima que se dispone para hacer la extracción. Para ello se utilizan diferentes tipos de molinos, martillos o de muelas. Lo ideal es lograr diámetros de partícula menores a 0,5cm.



Figura 24. Molienda de pulpa de moriche (*M. Flexuosa*) con un molino de muelas. Foto: Luis Eduardo Mosquera y Marcela Carrillo

La pulpa deshidratada en la etapa anterior se alimenta en un flujo constante a la tolva del molino, la cual por gravedad pasa a una cámara con unas espas llamadas “muelas” movidas por un motor, en donde ocurre la disminución de tamaño del producto. El producto molido sale por la tubería de la parte inferior de la cámara (Fig. 24).

## Extracción de aceite

El proceso de prensado se realiza en un equipo llamado prensa expeller (Fig. 25), el cual tiene un tornillo llamado también husillo (Fig. 26 y 27) el cual realiza el transporte, homogenización y

aumento de la presión de la masa alimentada logrando la obtención del aceite y una torta residual con algún contenido de aceite.

La prensa expeller consta de los siguientes elementos (Fig. 25):

1. Tolva de alimentación: Permite la alimentación del material molido
2. Cilindro de extrusión: en el cual se encuentra ubicado el tornillo extrusor
3. Tornillo sin fin (Fig. 27)
4. Boquilla de presión y salida de torta residual
5. Sistema de potencia con motor y transmisión



Figura 25. Prensa expeller para la obtención de aceite de miriti (*M. Flexuosa*). Fuente: Catálogo del equipo, empresa INDUCAM



Figura 26. Tornillo de la prensa expeller. Foto: William Castro

La pulpa molida es alimentada al equipo encendido por la tolva (T), pasando por el tornillo sin fin que mediante la aplicación de presión sobre la pulpa seca permite la ruptura de las paredes y membranas celulares y por tanto la extracción del aceite, el cual sale por los orificios del cilindro de extrusión, mientras la torta lo hace por la boquilla de extrusión. Este proceso es aceptado ampliamente en el sector alimenticio y de la industria cosmética debido a que no requiere el uso de aditivos, asegurando la inocuidad del producto.

El proceso de extrusión se lleva a cabo a una temperatura de 45°C y presenta un rendimiento promedio de 20,75 % (aceite/pulpa seca).

## Filtración

En esta etapa se elimina el material particulado que es perjudicial para la calidad visual del producto. Para esto se utiliza un equipo filtro prensa con un tamiz de diámetro de partícula de 40 – 60 mesh, dotado de una bomba que asegure el flujo continuo del aceite.



Figura 27. Aceite de moriche filtrado. Foto: Paola Aponte

## Parámetros de calidad del aceite de moriche

El perfil de lípidos del aceite de moriche es comparable con el reportado para este producto por otros autores en la Amazonia brasilera (Aquino *et al.*, 2012). Su elevado contenido de ácidos grasos insaturados (Tabla 13) muestra que es un aceite nutricionalmente atractivo para la prevención de enfermedades cardiovasculares, sin embargo, esta misma característica química lo hace un aceite químicamente inestable debido a su elevada reactividad. Esta condición hace que sea recomendable realizar su almacenamiento lejos de aromas fuertes, la luz del sol (rayos UV), o de altas temperaturas para disminuir la probabilidad de enranciamiento oxidativo del aceite. Presenta un alto contenido de betacaroteno (Tabla)

Este aceite presenta un alto índice de acidez lo que limita sus aplicaciones en la industria alimenticia, siendo inestable y no apto para procesos térmicos severos.

**Tabla 13.** Perfil lipídico del aceite de moriche

ÁCIDO GRASO REPORTADO		CONCENTRACIÓN RELATIVA
Miristoléico	C14:1	12,2 %
Palmítico	C16:0	25,6 %
Oleico	C18:1n9c	62,2 %
Saturados		25,6 %
Insaturados		74,4 %

Fuente: Carrillo et al., 2017

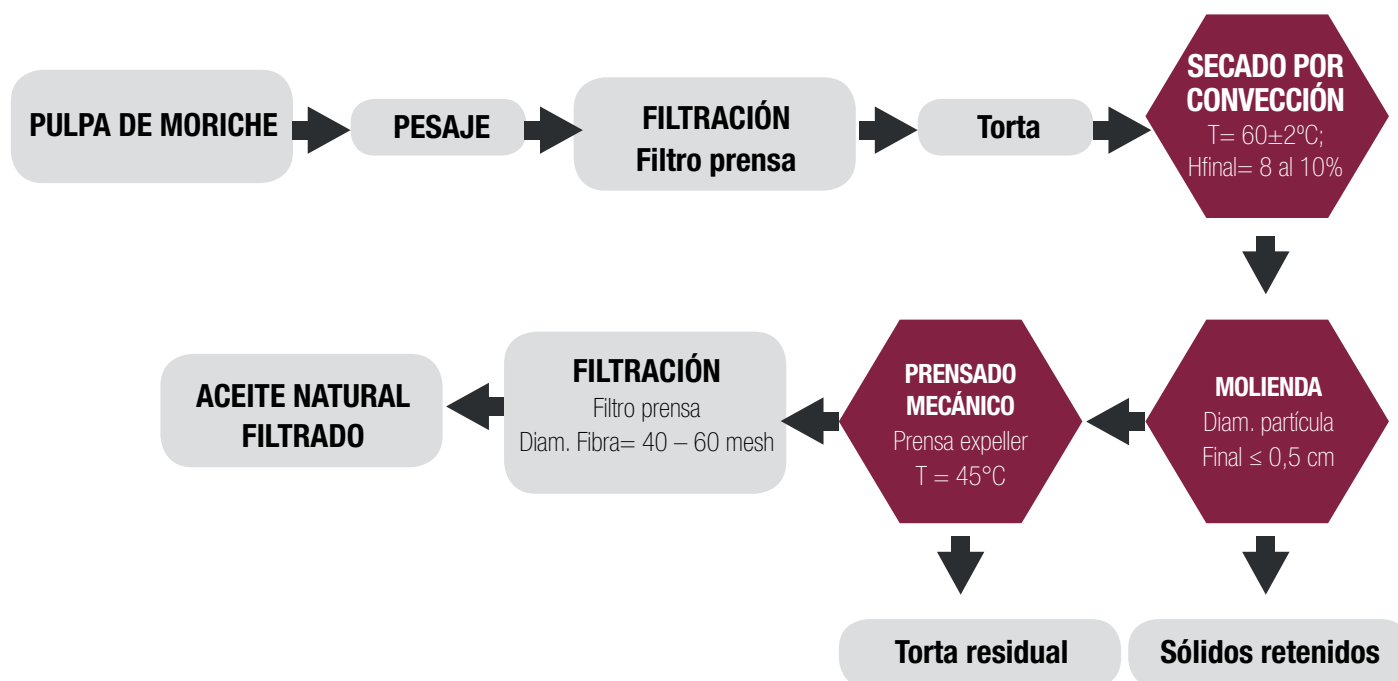
**Tabla 14.** Parámetros de calidad del aceite de moriche

PARÁMETRO DE CALIDAD	ESPECIFICACIÓN INGREDIENTE
Densidad (g/mL)	0,910 ± 0,04
Índice de saponificación (mg KOH/ g)	189,21 ± 0,43
Índice de acidez (% ácid. libres)	2,71 ± 0,02
Índice de yodo	76,38 ± 4,02
Carotenoides totales (mg/100 g)	58,14 ± 1,58 – 201,97 ± 3,92

Fuente: Carrillo et al., 2017

## Diagramas de flujo del proceso de extracción de aceite

**Diagrama 3.** Diagrama de proceso para la transformación de frutos de moriche (*M. flexuosa*)



# Microencapsulación de pulpas por secado por aspersión

La microencapsulación por el método de secado por aspersión es el método más común de encapsulación de ingredientes alimenticios, esto debido a su bajo costo de proceso, disponibilidad fácil de equipamiento, flexibilidad y buena estabilidad del producto. Adicionalmente ofrece eficacia de encapsulación relativamente alta en comparación con otros métodos (Parra Huertas 2010). Aunque se considera principalmente un proceso de deshidratación, este método también puede emplearse como una técnica de encapsulamiento pues permite atrapar un material activo en el núcleo, entre una matriz protectora formada por un polímero o una fusión-mezcla de polímeros, llamada material de pared (Barbosa-Cánovas, Ortega-Rivas *et al.* 2005).

La principal ventaja de este método es la habilidad de manejar materiales termolábiles dado el corto tiempo de exposición al calor (pocos segundos como mucho). A pesar de las altas temperaturas (160-280°C) en la cámara de secado, la rápida evaporación del agua del material de recubrimiento, mantiene el núcleo por debajo de 100°C. Las partículas obtenidas por secado por aspersión tienen generalmente un tamaño de partícula muy pequeño (menor a 100µm) lo que las hace altamente solubles y dispersables en agua. Adicionalmente, la operación es económica y permite obtener polvos que se rehidratan de manera fácil (Barbosa-Cánovas, Ortega-Rivas *et al.* 2005). La deshidratación permite, entonces, regular la oferta y facilita la logística de distribución de los frutales en sus cadenas de valor, por esto el proceso de secado por aspersión es una alternativa tecnológica innovadora que permite la obtención de productos con alto potencial en el mercado.

## Principio de operación

El secado por atomización o aspersión es un proceso continuo, que se caracteriza por la transformación de un líquido en un producto seco en forma de polvo, en un tiempo de secado relativamente corto. Es el método más común para deshidratar alimentos líquidos y slurries (lodos). La corriente de entrada al secado (alimentación) se convierte en una fina niebla de gotículas mediante aspersión utilizando un sistema centrífugo o

de alta presión, las cuales entran en contacto con un flujo de aire caliente en turbulencia. Como consecuencia, se presenta un secado muy rápido convirtiendo las gotículas en partículas en polvo. La rápida evaporación del agua permite mantener baja la temperatura del producto final, posibilitando el secado de productos sensibles al calor sin afectar su calidad (Brennan 2003; Ferrari-Ribeiro *et al.* 2012).

Al inicio del proceso de encapsulación mediante secado por aspersión, un material de pared adecuado se hidrata y disuelve en la pulpa filtrada para formar una suspensión con alto contenido de sólidos. Los sólidos solubles de la pulpa formarán el núcleo de las partículas mientras que el material de pared formará un recubrimiento alrededor de estos, protegiéndolos de la degradación por contacto con el oxígeno del aire y la luz.

## Equipamiento

La figura 28 muestra el esquema del equipo de secado por aspersión diseñado por el Instituto SINCHI para la microencapsulación de frutales amazónicos. La turbina arrastra aire y lo impulsa a través de un intercambiador de calor y adentro de la cámara de secado. La temperatura del aire de secado puede estar entre 120 y 250°C. En condiciones de la Amazonía colombiana, se emplea un sistema deshumidificador para secar el aire de entrada. Por medio de una bomba peristáltica, el material de alimentación se lleva del tanque mezclador al aspersor que puede ser una boquilla de mezcla interna o de mezcla externa que tienen mejor desempeño dependiendo del producto, dependiendo de la viscosidad de la solución de alimentación. En el aspersor la alimentación se mezcla con aire comprimido que viene del compresor y se convierte en una corriente de gotículas que se mezclan en paralelo con el aire de secado en la cámara. En este proceso se forma un polvo seco que es arrastrado por la corriente de aire a través del ducto y se separa mediante un tren de ciclones garantizando máxima eficiencia en la recuperación. Algunas partículas gruesas que se forman en el secado se separan por la parte inferior de la cámara de secado.

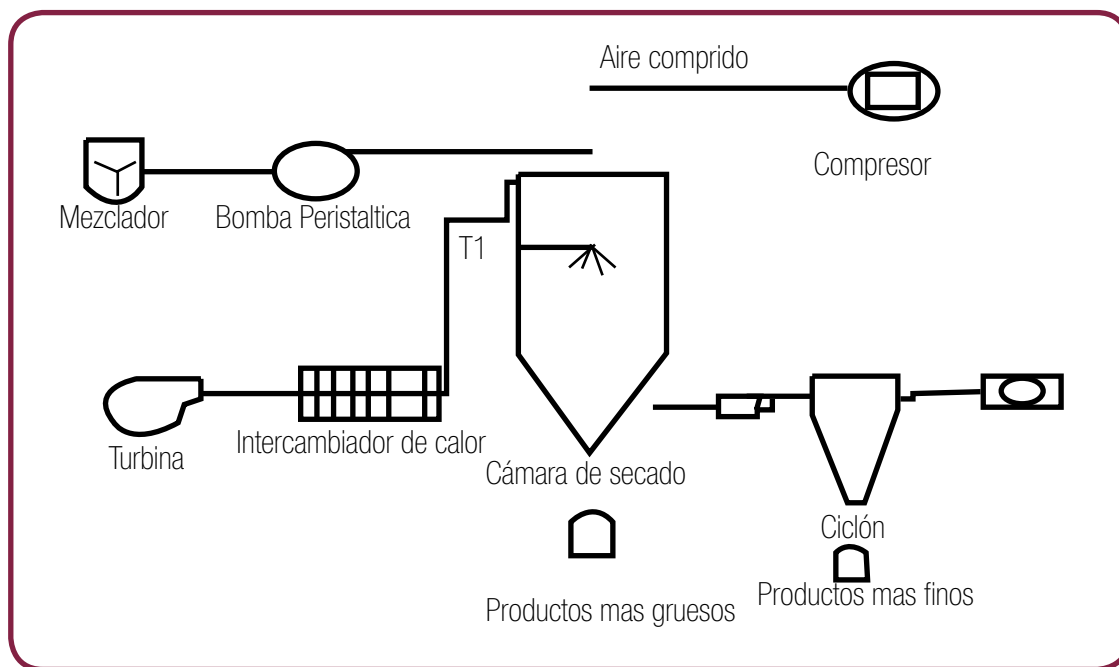


Figura 28. Esquema de equipo de secado por aspersión a escala piloto (Mosquera, 2013)

## Variables del proceso

Los polvos obtenidos por secado por aspersión pueden distinguirse no solo por su composición y microestructura, sino también por su tamaño de partícula, distribución de tamaños de partícula, propiedades físicas y químicas y funcionalidad (Barbosa-Cánovas, Ortega-Rivas *et al.* 2005).

Las propiedades fisicoquímicas de los polvos obtenidos por secado por aspersión dependen de algunas variables de proceso como las características de la alimentación líquida (viscosidad, tamaño de partículas, tasa de flujo) y del aire de secado (temperatura de entrada y salida, presión) así como del tipo de atomizador, el tiempo de residencia en la cámara de secado, y el acondicionamiento de la materia prima. Estas variables se manipulan para optimizar el proceso de secado, con el fin de obtener productos con las mejores características sensoriales y nutricionales y mejor rendimiento de proceso (Tonon-Brabet *et al.* 2008; Parra Huertas 2010).

## Microencapsulación de pulpa de asaí (*E. precatoria*)

El principal producto procesado derivado del aprovechamiento de los frutales amazónicos que se involucra en su cadena de valor son las pulpas de frutas que constituyen un producto altamente perecedero en caso de no contar con condiciones apropiadas para el almacenamiento, como por ejemplo mantener bajas temperaturas. El uso obligatorio de bajas

temperaturas involucra alto costo de energía y dificulta la logística de proveeduría y distribución.

El fruto de asaí (*Euterpe precatoria*), se perfila como fruto de palma de interés para el proceso de secado por aspersión, dado que su pulpa presenta altos contenidos de compuestos antioxidantes, principalmente antocianinas, flavonoides, y otros compuestos termolábiles.

Aunque la naturaleza precisa de los beneficios a la salud que se pueden adquirir al consumir alimentos ricos en antioxidantes no ha sido aun completamente elucidada, los frutos de asaí (*E. precatoria* y *E. oleraceae*), han sido estudiados recientemente en diferentes estados, no solo como fruto fresco sino también incorporados en bebidas. Tales estudios incluyen metodologías tanto *in vitro* como *in vivo* en las cuales el consumo de bebidas con asaí resultó en la disminución de biomarcadores asociados al estrés oxidativo y la inflamación (Castillo *et al.* 2013; Wootton-Beard & Ryan 2011).

De acuerdo a lo anterior, el asaí en polvo obtenido mediante secado por aspersión se convierte en un producto de alto valor agregado, estable, fácil de almacenar y con usos potenciales en el campo de la nutracéutica.

## Secado por aspersión

El secado por aspersión se realizó a escala piloto en el equipo diseñado y construido por el Instituto SINCHI. Las variables controlables en el equipo son: temperatura de aire de entrada

(°C), flujo de aire de entrada y flujo de corriente de alimentación. Estas variables permiten ajustar la relación de temperaturas de entrada y salida del aire ( $T_e/T_s$ ) cuyo valor máximo debe ser igual a dos para evitar saturación en la cámara de secado. El flujo de aire a la salida de la cámara de secado se ajusta entre 15 y 27 m/s para evitar la pegajosidad en las paredes de la cámara de secado, y garantizar la máxima recuperación del producto.

En un proceso experimental (Cardona *et al.* 2014; Díaz *et al.* 2014; Díaz *et al.* 2016, Carrillo *et al.* 2017) se optimizó en

términos de costo, propiedades fisicoquímicas y retención de compuestos de interés (antocianinas y polifenoles totales) el proceso de obtención de polvo de asaí. Para esto se determinaron las variables de contenido de material de pared en la alimentación, la composición del material de pared, la temperatura y flujo de aire de secado y la presión del aire de aspersión para la obtención de polvos de asaí con las características mostradas en la tabla 15 y apariencia de la figura 29.

**Tabla 15.** Propiedades de los polvos de asaí obtenidos mediante secado por aspersión

Propiedad	Valor
Maltodextrina	90% B.S
Pulpa de asaí	10% B.S
Humedad (%)	5.79 ± 0.43
H101	11.71 ± 0.18
WSI2	97.75 ± 1.34
WAI3	26.06 ± 0.98
DPPH EC504	13.07 ± 2.38
ABTS EC50 5	4.77 ± 0.27
TAC6	48.08 ± 0.32
TPC7	1220.30 ± 23.89

1. Higroscopicidad; g Agua/100g polvo, absorbidos luego de 10 días almacenado a 25°C y 70%HR.
2. Índice de solubilidad en Agua, adimensional
3. Índice de absorción de agua; adimensional
4. DPPH Concentración efectiva 50. Concentración (g/L) de una solución de polvo de asaí en agua que atrapa el 50% de los radicales libres DPPH
5. ABTS Concentración efectiva 50. Concentración (g/L) de una solución de polvo de asaí en agua que atrapa el 50% de los radicales libres DPPH
6. Contenido total de Antocianinas; mg cianidín 3-glucosido/100g polvo
7. Contenido total de polifenoles; mg de ácido gálico /100g de polvo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Pulpa de asaí microencapsulada por secado por aspersión



# BIBLIOGRAFÍA



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, & 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* . sciELO .

Barbosa-Cánovas, G. V., E. Ortega-Rivas, *et al.* (2005). *Food Powders. Physical properties, processing and functionality*. New York, Kluwer Academic / Plenum Publishers.

Brennan, J. G. (2003). DRYING I Spray Drying. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. B. Caballero. Oxford, Academic Press: 1929-1938.

Cardona, J.E.C, Hernández G., M.S., Díaz S., R.O. Carrillo, M.P., Gutiérrez B., R.H., Lares, M., & Fernández-Trujillo, J.P. 2014. Antioxidant capacity in mycroencapsulated dehydrated amazonian fruits. *Acta Horticulturae* 1047 p.281-286

Carrillo, M. P; Cardona; J.E.C, Díaz, R. O; Orduz, L. L; Mosquera, L. E; Hernández Gómez, M. S. y Peña Rojas, Luisa Fernanda. 2017. Los ingredientes naturales de la Amazonia colombiana, sus aplicaciones y especificaciones técnicas. *Natural ingredients from Amazonian plant species, uses and technical specifications*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI. ISBN: 958-97950-7-2.

Castillo, Y.M., Lares, M. & Hernández G., M.S., 2013. Evaluation of a Powdered Drink with Antioxidant Properties from Asaí Fruit ( *Euterpe precatoria* ). *Acta Horticulturae*, p.15.

Castro-R, S. Y.; Barrera García, J. A.; Carrillo, M. P.; Hernández Gomez, M. S. 2015. Asaí (*Euterpe precatoria*): Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi. ISBN-e 978-958-8317-89-2.

Del Pozo-Insfran, D., C. Brenes, *et al.* (2004). "Phytochemical composition and pigment stability of Acai (*Euterpe oleracea* Mart.)." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(6): 1539-1545.

Díaz S., R.O., Cardona, J.E.C, Carrillo B., M. P., Gutierréz, R.H. & Hernández G., M. S. 2014. Maltodextrin addition level effect on asaí powder chemical properties and costs. *Revista Facultad Nacional de Agronomía –Medellín*. 67(2) p.367-369

Díaz S., R.O., Gutiérrez, R. H., Hernández G., M.S. 2016. Physicochemical properties and microestructure of Asaí (*Euterpe precatoria*) powder obtained with different carrier agents. *Agronomía Colombiana*. 34 (1 Supl) p.1225-1228

Ferrari, C. C., C. P. Ribeiro, *et al.* (2012). "Spray drying of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent." *Brazilian Journal of Food Technology*15(2): 157-165.

López Camacho, R.; Navarro López, J. A; Montero González, M. I.; Amaya Vecht, Rodríguez Castañeda, M; Polania Barboza, A. 2006. *Manual de identificación de especies no maderables del corregimiento de Tarapacá, Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI- (editor).ISBN: 958-97950-7-2.

Mishra, P., Mishra, S. & Mahanta, C.L., 2014. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 92(3), pp.252–258. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.003>.

Montero, Martín Iván, Barrera, Jaime Alberto, Giraldo, Bernardo, Lucena, Armando. 2016. *Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal en la Amazonia colombiana*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI- (editor).

Montufar, R., A. Laffargue, *et al.* (2010). "OenocarpusbatauaMart. (Arecaceae): rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia." *Journal of the American Oil Chemists Society* 87 167-172.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2004. *Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico manual para multiplicadores*.

Organización Panamericana de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Manual para manipuladores de alimentos*. Instructor. Washington, DC: OPS, 2016. ISBN: 978-92-75-31902-4. ISBN: 978-92-5-309320-5 (FAO).

Parra, R., 2011. Revisión : Microencapsulación de Alimentos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 63(2), pp.5669–5684.

Paterson, A. H. J. and U. Bröckel (2015). "Caking Development in Lemon Juice Powder." *Procedia Engineering*102(0): 142-149.

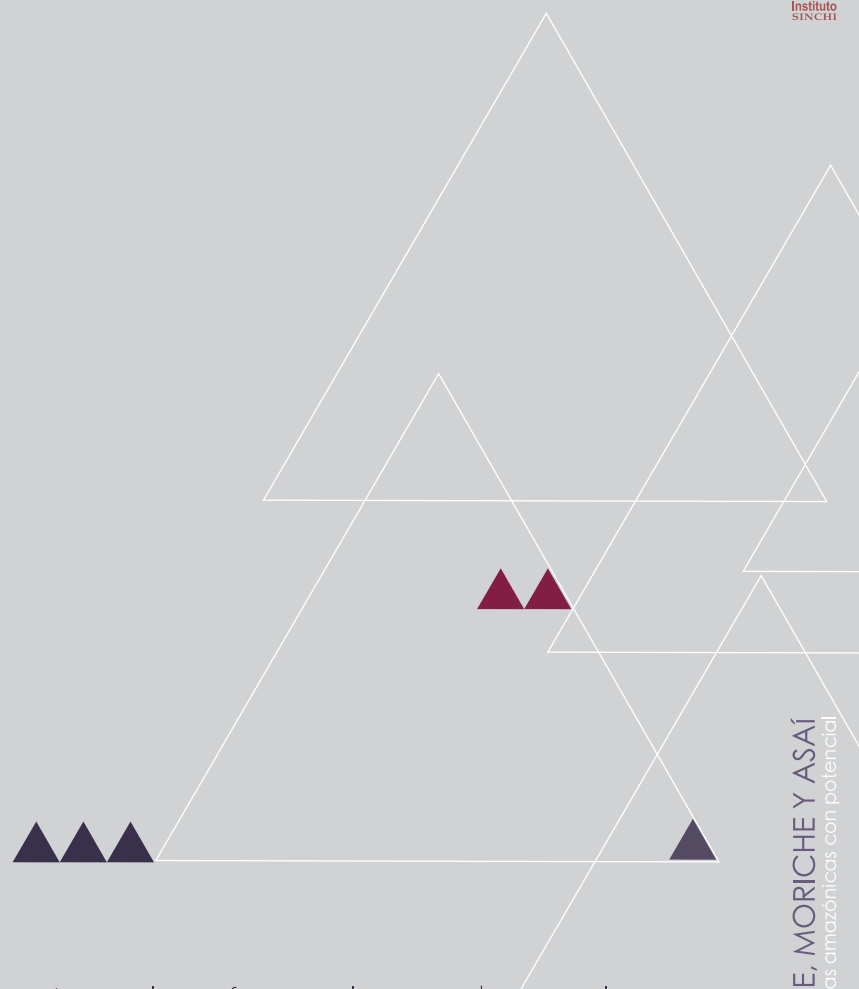
Saikia, S., N. K. Mahnot, *et al.* (2015). "Optimisation of phenolic extraction from Averrhoa carambola pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying." *Food Chemistry*171(0): 144-152.

Tonon, R. V., Brabet, C. & Hubinger, M.D., 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43(3), pp.907–914. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.12.013>.

Vidovi, S.S. *et al.*, 2014. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in Satureja montana dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology*, 258, pp.209–215.

Wootton-Beard, P.C. & Ryan, L., 2011. Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*, 44(10), pp.3135–3148. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.015>.

Zhao, Q. *et al.*, 2015. Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant activities of wolfberry (*Lycium barbarum*) polysaccharide. , 127, pp.176–181.



Asaj, moriche y seje, tres palmas del bosque húmedo neotropical que fueron seleccionadas para la gestión de nuevo conocimiento en el proyecto “Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sostenible de productos no maderables del bosque (palmas de Asaj, seje, moriche) en las unidades productivas de productores agroambientales del Guaviare municipios de San José del Guaviare y El Retorno”. Esta obra, de tres partes, identificó varios aspectos que al compilarse en la presente publicación permiten que productores, transformadores y público en general encuentren bases claras para el uso, el aprovechamiento o simplemente el conocimiento de estas tres especies sobresalientes por su desempeño en el bosque, por su abundancia natural y por su aptitud tecnológica para su transformación, como alimentos e ingredientes naturales de valor excepcional.

La literatura reciente de obras completas sobre palmas americanas no incluye el conjunto de información multidisciplinar como la que se encuentra en la presente publicación, por eso, la presente compilación se singulariza particularmente. Esta nueva publicación del Instituto SINCHI, en un esfuerzo del grupo de Sostenibilidad e Intervención por recoger su experiencia en el manejo de esas especies en los bosques del Guaviare, es una apuesta por la conservación, ya que las palmas del bosque son tan altamente productivas y económicamente rentables que desestiman los procesos de intervención inadecuadas. Y es además una contribución a la gestión de la toma de decisión de las instancias locales, para una nueva visión de la productividad amazónica.

Esperamos que después de esta publicación, la realidad y el imaginario sobre las palmas americanas de nuestros bosques guaviarenses sea brillante, distinta y particularmente exitosa para cadenas de productos no maderables de alto impacto económico.