



CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, PRODUCCIÓN Y FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Mauritia flexuosa* L.f. "aguaje" EN PLANTACIONES FORESTALES DE JENARO HERRERA, LORETO, PERÚ

Luis FREITAS ALVARADO^{1*}, Dennis DEL CASTILLO TORRES¹, Carlos
VILLACORTA GONZÁLEZ², Euridice N. HONORIO CORONADO³

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ecosistémicos (BOSQUES), Av. Abelardo Quiñones Km 2.5, San Juan, Loreto, Perú.

² Instituto Tecnológico de la Producción (ITP red CITE). CITE Forestal Maynas, Carretera Iquitos-Nauta Km 3.9, San Juan Bautista, Maynas, Loreto, Perú.

³ School of Geography and Sustainable Development, University of St. Andrews, KY 16 9AL, UK

* Correo electrónico: lfreitas@iiap.gob.pe

RESUMEN

En este estudio, generamos información sobre las características estructurales y la fenología reproductiva del aguaje en seis plantaciones de 11,6 a 17 años establecidas en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera, Loreto, Perú. Realizamos observaciones y mediciones de la supervivencia de las plantas, sus características estructurales y la fenología. Los resultados muestran que la supervivencia de las plantas desde el inicio de la plantación varió desde 66% hasta 96%. La mayoría de las variables evaluadas no mostraron incremento con la edad de la plantación, a excepción de la altura promedio del estípote y la altura total que fueron mayores en las plantaciones de 17 años que en las plantaciones menores. La etapa reproductiva inició a los 6-7 años con la floración de pocos individuos, mostrando un aumento en el número de plantas en floración en todas las plantaciones cada año. La floración y fructificación ocurrió anualmente, con sincronía en la floración de las plantas femeninas y masculinas. Sin embargo, algunas plantas no florecieron durante periodos de 1 a 3 años. El período de floración duró en promedio $58,2 \pm 0,9$ días en las plantas femeninas y $55,1 \pm 0,8$ días en las masculinas, mientras que la

fructificación duró $275,0 \pm 1,6$ días. La información obtenida contribuye al conocimiento silvicultural para el manejo del aguaje en plantaciones.

PALABRAS CLAVE: productos forestales no maderables, palmeras, conservación, silvicultura

STRUCTURAL CHARACTERIZATION, PRODUCTION AND REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF *Mauritia flexuosa* L.f. "aguaje" IN FOREST PLANTATIONS OF JENARO HERRERA, LORETO, PERÚ

ABSTRACT

In this study, we generated information on the structural characteristics and reproductive phenology of aguaje in six plantations from 11,6 to 17 years old established in the Jenaro Herrera Research Centre, Loreto, Peru. We observed and measured plant survival, structural characteristics, and phenology. The results showed that plant survival ranged from 66% to 96%. The majority of the variables did not show an increase with the age of the plantation, except for the mean stem height and total height, which were higher in the 17-year-old plantation than in the younger plantations. The reproductive stage of plants began at 6-7 years with the flowering of a few individuals and showing an increase in the number of flowering plants in the plantations each year. The flowering and fruiting of aguaje plants occurred annually with synchrony in the flowering of male and female plants. However, some plants did not flower for periods of one to three years. The flowering period lasted on average $58,2 \pm 0,9$ days in the female plants and $55,1 \pm 0,8$ days in the male plants, while fruiting lasted $275,0 \pm 1,6$ days. The obtained information contributes to the silvicultural knowledge for the management of aguaje in plantations.

KEY WORDS: non-timber forest products, palms, conservation, silviculture

INTRODUCCIÓN

El aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) es la palmera emblemática de la región Loreto en la Amazonía peruana. Es abundante en bosques naturales pantanosos con suelos mal drenados y conocidos localmente como "aguajales". En plantaciones, el aguaje se adapta muy bien a áreas bien drenadas y a otros ambientes con diferentes tipos de suelo que van desde arenosos con abundante materia orgánica hasta suelos arcillosos y pesados de moderado drenaje (Trujillo *et al.*, 2011). Por lo tanto, es una palmera que puede ser incluida en diversos sistemas de producción en la Amazonía (Correa *et al.*, 2019; González & Torres, 2010; Delgado & Couturier, 2007).

El aguaje es un recurso vegetal clave, de él dependen una serie de organismos vertebrados (van der Hoeck *et al.*, 2019). Sus frutos contienen un alto valor nutracéutico, la pulpa contiene alto contenido de β -caroteno, α -tocoferol, ácido oleico; vitaminas A, C y E, así como importantes tipos de aceite (Vásquez *et al.*, 2010; Restrepo *et al.*, 2016; Speranza *et al.*, 2018). Estas características nutricionales han hecho que en los últimos años haya pasado de ser un alimento aprovechado por pobladores rurales a un producto en proceso de desarrollo industrial, pudiendo considerarse como un "súper alimento" que va ampliando su aceptación en otros mercados, tal como sucedió con la palmera "açai" (*Euterpe oleracea* Mart.) en Brasil.

El descubrimiento del enorme valor nutracéutico del aguaje está propiciando un auge comercial que podría generar consecuencias ambientales negativas. El Gobierno Regional de Loreto está implementando un proyecto para la industrialización del fruto cuyos productos se comercializarán a nivel local, nacional e internacional (Agraria.pe, 2020). Sin embargo, este incremento de la demanda de frutos podría

echar a perder todo lo avanzado en materia de aprovechamiento sostenible de los frutos, tal como lo establece la normativa nacional y regional vigente, y volver al sistema de extracción irracional cortando a las palmeras y causando la muerte de las plantas. La técnica de cosecha de los frutos subiendo a las palmeras todavía no ha sido adoptada por las comunidades a gran escala a pesar de existir proyectos que han fomentado su uso. Por lo tanto, la creciente demanda de los frutos de aguaje y la cosecha cortando a las plantas madres ha alterado las poblaciones naturales de aguaje y su diversidad genética (Horn *et al.*, 2012; Hidalgo *et al.*, 2022). Ante esta situación, el cultivo del aguaje en plantaciones con material genético seleccionado podría ayudar a conservar la especie en medios naturales y cubrir la demanda creciente del recurso (IIAP-INCAGRO, 2010; López *et al.*, 2020).

El estudio del comportamiento de las especies en plantaciones nos sirve para conocer y monitorear el crecimiento, rendimiento de árboles individuales y del rodal, generar información valiosa para establecer estrategias de manejo, desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros. En el caso del aguaje, los estudios en plantación permiten determinar el comportamiento silvicultural, la fenología, rendimiento de la producción de frutos, tamaño de frutos, calidad de frutos, producción de pulpa de las diferentes variedades de aguaje (color de la pulpa) y así seleccionar individuos que produzcan semilla selecta para el establecimiento de plantaciones comerciales (Freitas *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2021).

Aunque actualmente la especie no se considera amenazada según los parámetros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), varios estudios han advertido sobre poblaciones en declive a causa del aprovechamiento destructivo cortando a las

plantas femeninas que producen los frutos y especialmente en áreas cercanas a centros poblados donde la demanda es alta (Padoch, 1988; Vásquez & Gentry, 1989; Horn *et al.*, 2012; Hidalgo *et al.*, 2022). Ignorar el uso de métodos sostenibles como la escalada generaría un ambiente propicio para el desarrollo de una economía de auge y quiebra, agotando el recurso y desplazando el mercado (Bernal *et al.*, 2011).

Los estudios previos se han enfocado en inventariar principalmente las poblaciones naturales y en temáticas como la estructura poblacional del aguaje (Endress *et al.*, 2013; Freitas & Flores 2015), la biometría de las estructuras vegetativas y reproductivas, y la producción de frutos (Urrego, 1987; Freitas *et al.*, 2006; Sampaio *et al.*, 2008; Barbosa *et al.*, 2010; Isaza, *et al.*, 2013; Da Silva & Melo, 2015), la caracterización fisicoquímica de los frutos (Vásquez *et al.*, 2010; Restrepo *et al.*, 2016; Speranza *et al.*, 2018), y estudios socioeconómicos y demográficos (Horn, 2012). Por ejemplo, la densidad del aguaje en aguajales naturales no aprovechados mediante el corte de las palmeras es de 260 a más individuos por hectárea, el dosel está constituido principalmente por las copas de la especie, cuyas palmeras pueden alcanzar los 35 m de altura total, con promedio de altura de los estípites de 22 m y 60 cm de diámetro, y el área basal entre 12 a 14 m² por ha (Endress *et al.*, 2013; Freitas & Flores 2015). Los estudios sobre fenología reproductiva del aguaje en la Amazonía peruana también son escasos e incipientes (Revilla-Chavez *et al.*, 2021). La mayoría de los trabajos se han realizado en la Amazonía del Brasil y Colombia donde se reporta que la aparición de espádices y la floración se presenta en épocas de transición seca-húmeda mientras que la aparición de los frutos se da cuando la precipitación comienza a incrementarse y el desarrollo y maduración en el periodo de mayor precipitación (Ponce,

2002; Urrego *et al.*, 2016).

En cuanto al cultivo del aguaje en plantaciones existe escasa información. Los pocos estudios existentes se enfocan en la caracterización de suelos, estimaciones de la producción de frutos, efecto de la densidad de siembra y biometría (Vargas *et al.*, 2013; Flores, 2016; Caldas, 2019; Freitas *et al.*, 2019). Sin embargo, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) ha liderado el desarrollo de investigaciones sobre el comportamiento ecológico y silvicultural del aguaje en plantaciones forestales, habiéndose presentado el avance de los resultados de una plantación de aguaje de 12 años (Freitas *et al.*, 2019). El presente trabajo presenta información ampliada de las investigaciones con reportes sobre fenología reproductiva de 2 plantaciones de 11 y 15 años, así como información sobre la estructura de plantaciones con edades entre 11,6 y 17 años. En este contexto el objetivo de la presente investigación fue aportar información sobre la estructura de la población y la fenología reproductiva del aguaje en plantaciones forestales, así como evaluar las estructuras vegetativas y reproductivas de las plantas a través de descriptores morfológicos de caracterización de la especie como altura total, altura de estípite, diámetro, entre otras.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado a 2,7 km de Villa Jenaro Herrera, capital del distrito de Jenaro Herrera en la provincia de Requena, departamento de Loreto, Perú. La zona de estudio se localiza en las coordenadas: 4° 54' 11,66" S y 73° 40' 8,976" W, a 125 m de altitud (Figura 1).

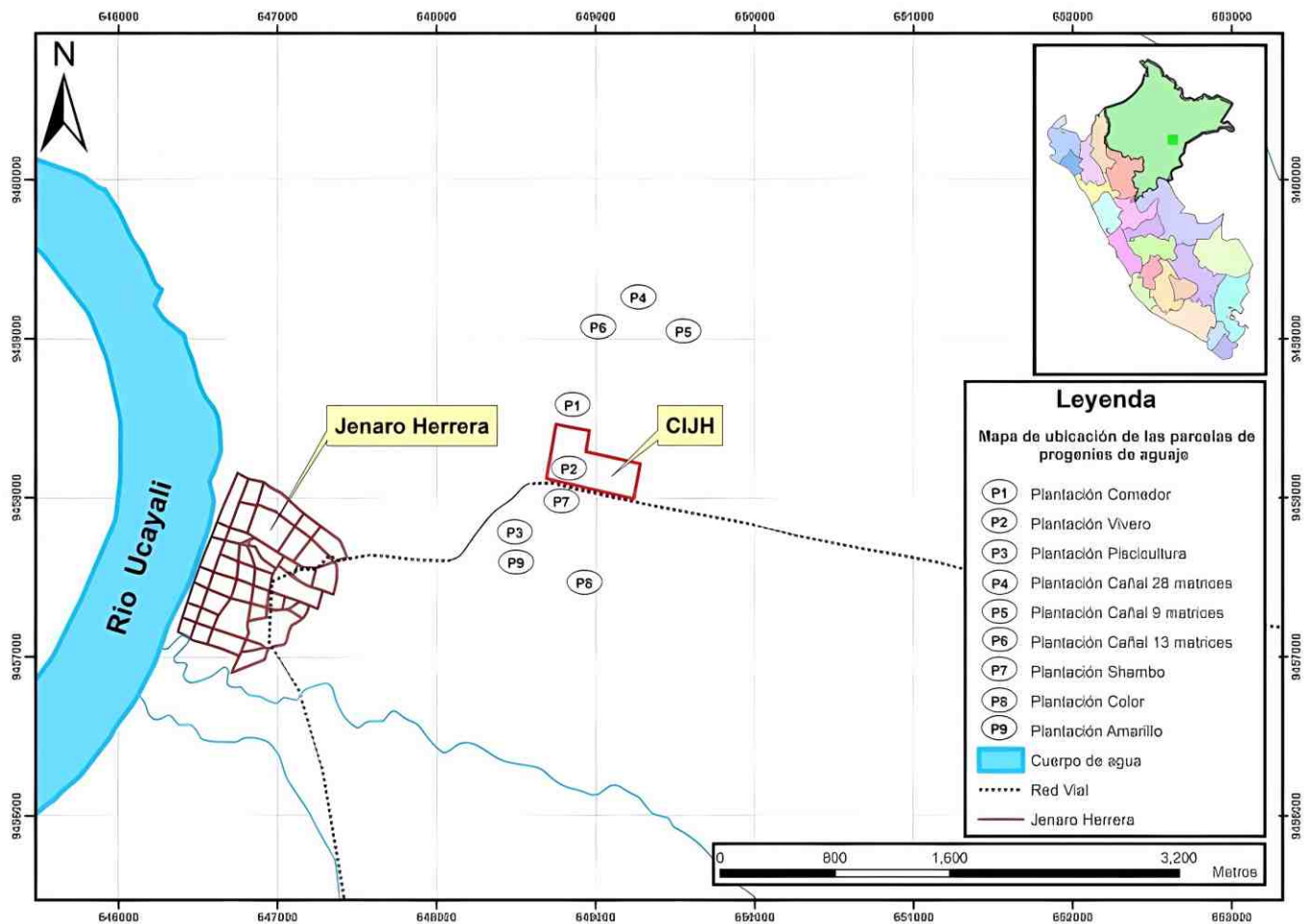


Figura 1. Ubicación de las plantaciones forestales de aguaje, establecidas en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH), Loreto, Perú.

La temperatura mensual promedio de la zona es de 26,4 °C con pequeñas fluctuaciones durante el año y la temperatura media diaria es de 29,9 °C (Baluarte, 2012). Las temperaturas absolutas más elevadas se registran de enero a marzo y de agosto a octubre; las más bajas generalmente ocurren en julio. La precipitación media anual es de 2730 mm, con lluvias constantes durante casi todos los meses del año. Abril es el mes de mayor precipitación con 294,3 mm y julio el de menor llegando a 155,2 mm. El período más lluvioso comprende los meses de octubre a mayo y el período de menor precipitación comprende los meses de junio a setiembre (Baluarte, 2012).

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A partir del año 2002, se establecieron nueve plantaciones de aguaje en el CIJH (Figura 1), presentando en el presente estudio los resultados de seis de ellas con una superficie total de 7,31 ha y 896 individuos total estudiados:

Plantación "comedor" establecida en el año 2002, conformada por dos subparcelas continuas con una superficie de 2500 m cada una ("comedor 1" y "comedor 2"), generada con germoplasma de "aguaje de porte bajo", estípites menor de 2,5 m de altura proveniente de una misma planta madre (IIAP-INCAGRO, 2010). Se diferencian por la densidad de siembra, la pri-

mera con un distanciamiento entre plantas de 8 m más una planta en el centro (diseño de plantación quinconcé), la segunda fue establecida con distancias entre plantas de 7 m (diseño de plantación tipo marco real) (Calzada, 1993).

Plantación "vivero" establecida el año 2005 con germoplasma proveniente de 9 procedencias obtenidas mediante polinización controlada entre individuos de "aguaje de porte bajo". Se establecieron entre 15 a 20 plantas por procedencia (153 plantas) con una distancia de 6 m entre plantas más una planta en el centro (diseño de plantación quinconcé) en 1 ha de superficie.

Plantación "piscicultura" establecida el año 2006 con germoplasma proveniente de 31 procedencias de "aguaje de porte bajo". Se establecieron 10 plantas por procedencia sembradas en dos filas de cinco plantas cada una, con distancias de 8 m entre plantas (diseño de plantación tipo marco real) en una superficie de 2,1 ha.

Las plantaciones "cañal 1" con 2 ha de superficie y "cañal 2" (P6) con 1 ha de superficie fueron plantadas el año 2008. El germoplasma proviene de 28 y 13 plantas matrices de "aguaje común" ecotipo "Aucayo", respectivamente. Fueron establecidas de igual forma que la plantación "piscicultura".

La plantación "cañal 3" de 0,71 ha, plantada el año 2008, generada a partir de germoplasma obtenido mediante polinización controlada entre plantas de "porte bajo" de nueve matrices, y fue establecida de igual forma que la plantación "piscicultura".

El mantenimiento de las plantaciones fue bastante irregular y enfocada a los dos primeros años cuando se realizaron limpiezas alrededor de la planta en un radio de 1,5 m, y posteriormente se realizaron algunas limpiezas en toda la plantación. Las plantaciones "comedor 1" y "comedor 2" sufrieron un ataque de la

plaga del aguaje *Euphalamides cyparisi* y plantaciones como "piscicultura" y "vivero" tuvieron una fuerte influencia de borde lo que perjudicó la sobrevivencia de plantas.

REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Se realizaron mediciones de los descriptores de caracterización y evaluación que considera variables vegetativas y reproductivas (Freitas *et al.*, 2006). La información dasométrica de campo fue registrada en el mes de diciembre del año 2019 donde se midieron todos los individuos en cada plantación, mientras que la fenología reproductiva corresponde al periodo del 2008 al 2018 y la biometría de los frutos corresponde al periodo del 2013 al 2017.

Las variables medidas fueron: supervivencia de las plantas (desde el inicio de la plantación), diámetro del estípite medido a 0,5 m de la base de la planta (m), altura total medida desde la base hasta el ápice de la planta (m), altura del estípite medida desde la base hasta la primera hoja funcional (m), diámetro de proyección de copa medido de manera cruzada en las direcciones E-O y N-S (m), número de hojas, longitud de entrenudos considerado como el promedio de la medición de cinco entrenudos (cm), y número de plantas según visibilidad y formas del estípite.

La visibilidad del estípite se clasificó en: (1) estípite visible totalmente libre o desnudo de hojas, (2) estípite no visible y no presenta desnudación de las hojas; mientras la forma del estípite fue: (1) recto, (2) cónico, (3) cono inverso, (4) ensanchado basal, (5) ensanchado medio, (6) ensanchado superior y (7) irregular (Figura 2).

La floración y fructificación de todas las plantas en las plantaciones "comedor 1" y "comedor 2" se registró desde la primera floración que ocurrió en agosto del 2008 hasta la última fructificación observada en Julio del 2018. Mostra-

mos también la información parcial obtenida en la plantación "piscicultura" con registros del 2013 al 2017 y "cañal 1" con información para el año 2017. En todas estas plantaciones, se registró la fecha del inicio de la floración, el inicio de la formación y la maduración de los frutos en las plantas femeninas, y la antesis en las plantas masculinas (Figura 2). A cada planta

también se le registró el número de racimos, tamaño de racimos (m), producción y número de frutos por racimo. La masa promedio del fruto (g), largo y ancho promedio del fruto y la semilla (cm), masa promedio del exocarpo, mesocarpo, semilla y episperma fueron evaluados a partir de la medición de 10 frutos.

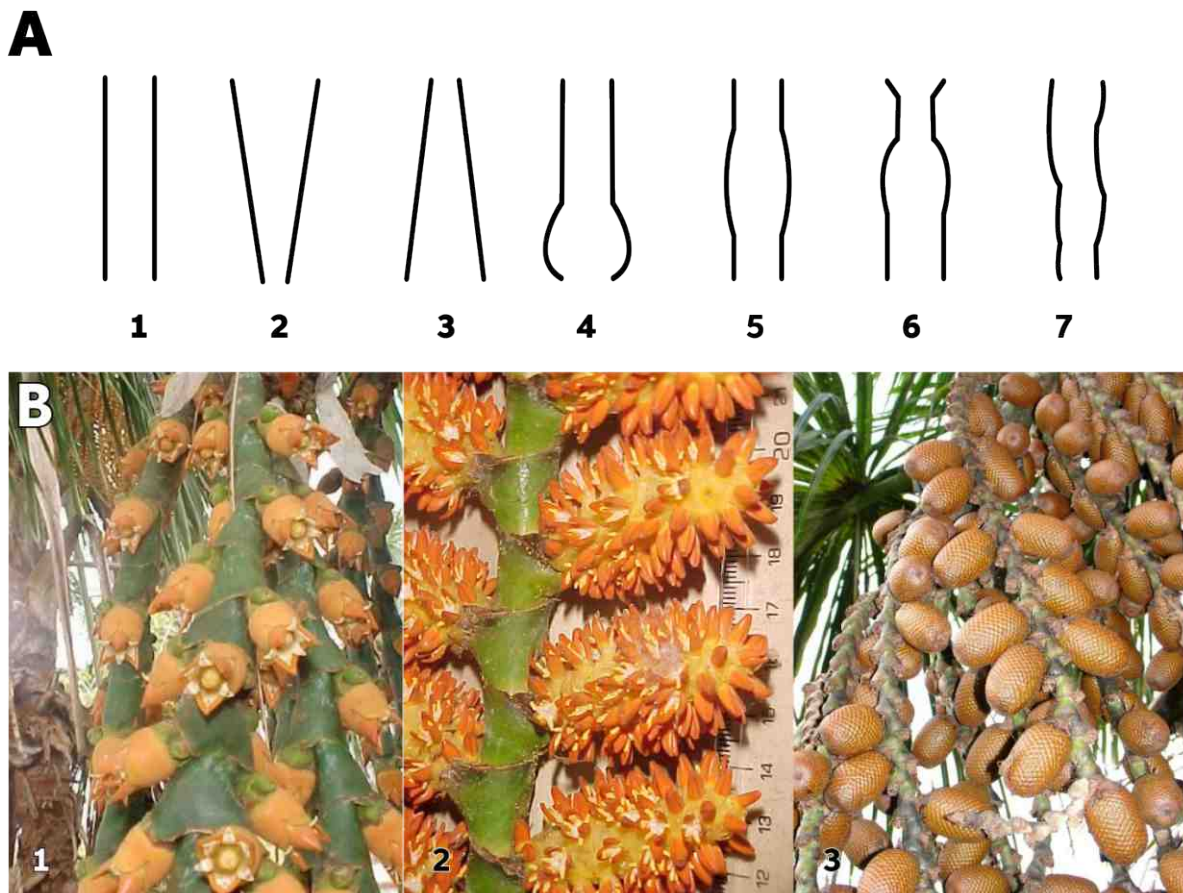


Figura 2. A. Forma del estípote: 1. Recto, 2. Cónico, 3. Cono inverso, 4. Ensanchado basal, 5. Ensanchado medio, 6. Ensanchado superior, 7. Irregular. B. Estados fenológicos evaluados en las plantaciones de aguaje del CIJH: 1. Floración en plantas femeninas, 2. Antesis en plantas masculinas, 3. Maduración de frutos .

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos de campo fueron evaluados mediante análisis descriptivo, con estimaciones del promedio y el error estándar de las observaciones para las variables diámetros del estípote, número de plantas y área basal por clases

diamétricas, diámetro proyección de copa, distancia de entrenudos, número de hojas, altura total y altura del estípote.

El número de plantas vivas y según visibilidad y formas del estípote, así como el número de plantas por clases diamétricas se realizaron mediante un conteo de las observaciones. El área

basal de un árbol fue calculada mediante la siguiente fórmula: $g = (\pi/4) \times d^2$; donde: g = área basal de un árbol, d = diámetro de la planta. La suma de las áreas basales individuales constituye el área basal total de la plantación.

Los datos de las variables altura total, altura del estípote, diámetro del estípote, número de hojas y longitud de entrenudos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, con el fin de analizar la hipótesis nula de una distribución normal en los datos. Las relaciones entre las variables se determinaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) a tres niveles de probabilidad 0,0001; 0,001 y 0,005.

Los tiempos de floración y fructificación expresados en días fueron calculados para cada planta y promediados para cada año de evaluación. También se realizaron estimaciones del promedio y el error estándar de las observaciones para las variables número de racimos, número de frutos por racimo, producción de frutos por planta, masa del fruto, longitud y diámetro del fruto, longitud y diámetro de la semilla, así como la proporción del exocarpo, mesocarpo, semilla y episperma con relación a la masa total del fruto.

Las relaciones entre la producción anual de frutos (número de individuos con producción de frutos o número de racimos producidos) y las variables climáticas, tales como la precipitación anual acumulada y temperaturas promedio mínima y máxima, fueron estimadas utilizando ecuaciones lineares y polinómicas. La época de producción de frutos fue considerada de Setiembre a Agosto para los años comprendidos entre el 2008 y 2017. Los valores climáticos también corresponden a los mismos periodos de evaluación y fueron obtenidos de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

RESULTADOS

ESTRUCTURA DE LAS PLANTACIONES

Las plantaciones tuvieron una supervivencia promedio de plantas de $84 \pm 4\%$ desde el inicio de la plantación, con la menor supervivencia reportada en la plantación "vivero" (66%) y la mayor supervivencia en la plantación "cañal 3" (96%). Las plantaciones de mayor edad son las que presentan mayor porcentaje de individuos con estípote visible: "comedor 1", "comedor 2" y "vivero" (>75%), ocurriendo lo contrario en las plantaciones de menor edad como "cañal 2" y "cañal 3" donde aún las plantas no tienen estípote visible. La forma del estípote generalmente fue recto, y en menor proporción las plantas mostraron estípotes cónicos o conos inversos (Tabla 1).

La mayoría de las otras variables evaluadas no mostraron incremento con la edad de la plantación, a excepción de la altura promedio del estípote y la altura total (Tabla 2). Las plantas fueron más altas en las plantaciones de 17 años como "comedor 1" ($8,6 \pm 2,8$ m y $14,4 \pm 3,3$) y "comedor 2" ($7,6 \pm 2,6$ y $13,4 \pm 3,2$) y menos altas en plantaciones de 11,6 años como las plantaciones "cañal 1" ($5,8 \pm 2,9$ y $13,0 \pm 3,7$), "cañal 2" ($4,2 \pm 2,7$ y $11,7 \pm 3,5$) y "cañal 3" ($3,5 \pm 2,7$ y $10,3 \pm 4,5$).

El número de hojas por planta varió de $6,3 \pm 3,7$ en la plantación "vivero" a $9,7 \pm 3,4$ hojas en "cañal 1" (Tabla 2). La plantación "cañal 1" presentó el mayor diámetro promedio del estípote con $53,4 \pm 11,1$ cm, mientras que "comedor 1", "comedor 2", "piscicultura" y "vivero" presentaron diámetros que varían entre $47,3 \pm 10,6$ cm y $49,8 \pm 10,6$ cm. Solamente dos plantaciones no presentaron el desnudamiento de las hojas, "cañal 2" y "cañal 3", por tal razón no contamos con datos de la medición de los diámetros (Tabla 2).

Las plantaciones "comedor 1", "comedor 2", "piscicultura" y "cañal 1" presentaron mayores proyecciones de copa, que van desde $7,7 \pm 2,6$ m a $8,6 \pm 2,6$, mientras que en las plantaciones "cañal 2", "cañal 3" y "vivero" tuvieron proyecciones de copa menores, con valores que van entre $6,6 \pm 3,6$ y $7,0 \pm 3,1$ m. En cuanto a la longitud de los entrenudos foliares estos son similares en las plantaciones "comedor 1", "comedor 2", "vivero" y "cañal 1", variando entre $16,1 \pm 3,9$ cm y $17,7 \pm 5,2$ cm. Un aspecto para resaltar es la menor longitud de los entrenudos en la plantación piscicultura que es de $13,7 \pm 4,6$ cm (Tabla 2).

En la Tabla 3, se presenta la distribución del número de plantas y el área basal por clases diamétricas con un intervalo de 10 cm. Los individuos se distribuyen en cuatro clases diamétricas, donde las categorías 40-49,9 y 50-59,9 presentan el mayor número de plantas, particularmente plantaciones como "comedor 1", "comedor 2" y "piscicultura" concentran el mayor número entre 50-59,9 cm variando entre 23 y 41 plantas, mientras que "vivero" y "cañal 1" concentran ente 40-49,9 cm con 13 y 42 plantas, respectivamente. Existen pocas plantas en las categorías diamétricas entre 30-39,9 cm y solamente las plantaciones "vivero", "comedor 2" y "piscicultura" cuentan con un individuo superior a 60 cm donde el máximo diámetro en-

contrado fue de 60,4 cm.

Del mismo modo que el número de plantas, la distribución del área basal muestra la misma tendencia, pero esta depende de la cantidad de individuos en cada plantación. De este modo en la categoría diamétrica 40-49,9 cm, las plantaciones "piscicultura" y "vivero" presentaron valores de $6,71 \text{ m}^2$ y $7,06 \text{ m}^2$ respectivamente; y en la categoría 50-59,9 cm, "comedor 1" tuvo $8,05 \text{ m}^2$ y "piscicultura" $9,19 \text{ m}^2$. Las áreas basales para las categorías 30-39,9 cm y mayor que 60 cm son las más bajas debido al escaso número de plantas existentes en estas categorías.

Las relaciones entre las variables estudiadas mediante el coeficiente de correlación de Pearson muestran que con $p < 0,0001$, la altura del estípite, número de hojas y longitud de entrenudos presentan una correlación positiva significativa con la altura total ($r^2 = 0,64$ a $0,87$), del mismo modo el número de hojas y longitud de entrenudos con la altura del estípite ($r^2 = 0,61$ y $0,71$); mientras que la correlación entre la longitud de entrenudos y el diámetro del estípite fue negativa ($r^2 = -0,48$). Con $p < 0,001$, las variables diámetro del estípite y la altura del estípite presentan relaciones significativas negativas con la altura total y el diámetro del estípite, respectivamente ($r^2 = -0,37$ y $-0,36$; Tabla 4).

Tabla 1. Número de plantas según visibilidad y formas del estípite evaluados en diciembre del 2019 en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú.

Plantación	Edad (años)	N° plantas sembradas	N° plantas vivas	Supervivencia (%)	Con visibilidad del fuste		Forma del estípite						
					N	%	1	2	3	4	5	6	7
Comedor 1	17	85	74	87	72	97	66	6	2	0	0	0	0
Comedor 2	17	52	45	87	45	100	34	9	1	1	0	0	0
Vivero	14,7	153	101	66	79	78	65	14	0	0	0	0	0
Piscicultura	13,7	310	220	71	84	38	66	11	6	0	1	0	0
Cañal 1	11,6	280	252	90	22	9	19	3	0	0	0	0	0
Cañal 2	11,6	130	118	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cañal 3	11,6	90	86	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Valores promedios y errores estándar de las variables vegetativas evaluadas en diciembre del 2019 en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú.

Plantación	Edad (años)	N° de plantas	N° de hojas	Diámetro estípite (cm)	Altura estípite (m)	Altura total (m)	Proyección copa 1 (m)	Proyección copa 2 (m)	Longitud entrenudos (cm)
Comedor 1	17	74	8,2 ± 3,3	48,3 ± 11,7	8,6 ± 2,8	14,4 ± 3,3	8,6 ± 2,6	8,6 ± 2,5	17,3 ± 4,6
Comedor 2	17	45	8,4 ± 3,2	49,7 ± 8,7	7,6 ± 2,6	13,4 ± 3,2	8,4 ± 2,3	8,5 ± 2,5	16,2 ± 4,3
Vivero	14,7	101	6,3 ± 3,7	47,3 ± 10,6	7,4 ± 3,1	12,5 ± 6,1	6,9 ± 3,8	6,6 ± 3,6	16,1 ± 3,9
Piscicultura	13,7	220	9,6 ± 4,1	49,8 ± 10,6	4,2 ± 2,7	10,8 ± 3,9	8,1 ± 3,5	7,9 ± 3,5	13,7 ± 4,6
Cañal 1	11,6	252	9,7 ± 3,4	53,4 ± 11,1	5,8 ± 2,9	13,0 ± 3,7	8,1 ± 3,0	7,7 ± 2,6	17,7 ± 5,2
Cañal 2	11,6	118	9,6 ± 3,4	-	4,2 ± 2,7	11,7 ± 3,5	7,0 ± 3,1	6,7 ± 2,9	-
Cañal 3	11,6	86	8,7 ± 4,1	-	3,5 ± 2,7	10,3 ± 4,5	6,5 ± 3,5	6,3 ± 3,3	-

Tabla 3. Distribución del número de plantas y área basal por clase diamétrica en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú.

Plantación	Variable	Edad (años)	Clase diamétrica (cm)			
			30-39,9	40-49,9	50-59,9	>60
Comedor 1	N° plantas	17	5	31	36	0
	Área basal		0,56	5,11	8,05	0
Comedor 2	N° plantas	17	1	20	23	1
	Área basal		0,10	3,30	5,12	0,29
Piscicultura	N° plantas	13,7	0	39	41	1
	Área basal		0	6,71	9,19	0,32
Vivero	N° plantas	14,7	12	42	24	1
	Área basal		1,32	7,06	5,46	0,29
Cañal 1	N° plantas	11,6	6	13	3	0
	Área basal		1,01	3,07	0,67	0

Tabla 4. Relaciones entre parámetros dasométricos mediante el coeficiente de correlación de Pearson en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú. Donde ALTO= altura total, DIAMESTIP= diámetro del estípite, ALTESTIP= altura del estípite, NUMHOJ= número de hojas, LENTREN= longitud de entrenudos. ****Nivel de significancia= 0,0001, ***Nivel de significancia= 0,001 y ** Nivel de significancia= 0.01 y *Nivel de significancia= 0,05.

Variable	ALTO	DIAMESTIP	ALTESTIP	NUMHOJ	LENTREN
ALTO	1				
DIAMESTIP	-0,37***	1			
ALTESTIP	0,87****	-0,36***	1		
NUMHOJ	0,64****	0,06	0,61****	1	
LENTREN	0,68****	-0,48****	0,71****	0,06	1

FENOLOGÍA DE LAS PLANTACIONES

La etapa reproductiva en la plantación "comedor" inició a los 6 años con la floración de tres plantas masculinas y una femenina, mientras en la plantación "piscicultura" inició a los 7 años con la floración de tres plantas masculinas. En los años siguientes, se observa un aumento en la floración de individuos de ambos sexos, llegando al año 2017 con individuos femeninos y masculinos en similar proporción en ambas plantaciones (Tabla 5).

La producción total de frutos de las plantaciones evaluadas incrementó con el tiempo, debido al mayor número de individuos femeninos fructificando cada año y el mayor número de frutos producidos generalmente con el tiempo (Tabla 5). También observamos variaciones en la producción de frutos en el periodo de evaluación. Por ejemplo, en la plantación "comedor", el número de racimos en las plantas femeninas fue menor en los años 2011 ($1,6 \pm 0,2$ racimos), 2013 ($1,5 \pm 0,2$ racimos) y 2015 ($1,5 \pm 0,5$ racimos), mientras la producción promedio de racimos fue hasta más de 2 veces mayor en los otros años de evaluación. Una tendencia similar se observó en el número de racimos en las plantas masculinas, con valores menores observados en los años 2011 ($1,6 \pm 0,3$ racimos) y 2015 ($1,7 \pm 0,3$ racimos), mientras el número de racimos en los otros años fue igual o mayor a 2,5 racimos (Tabla 5). La producción de frutos fue menor en las plantas que florecieron en el 2010 ($89,2 \pm 16,0$ frutos por racimo) y los frutos no se formaron en aquellas dos plantas que florecieron en el 2015. En los otros años de evaluación, las plantas que florecieron produjeron en promedio entre 100 y 300 frutos por racimo (Tabla 5).

En la plantación "piscicultura", las plantas femeninas produjeron entre 2,7 y 3,6 racimos por planta, mientras las plantas masculinas produ-

jeron entre 2,0 y 3,8 racimos en el periodo 2013-2017. Las plantas que florecieron produjeron en promedio entre 240 y 500 frutos por racimo (Tabla 5).

La Figura 3 muestra el ciclo de floración y fructificación del aguaje donde se observa sincronía en la floración de las plantas masculinas y femeninas durante los 10 años de evaluación. La floración se observó entre julio y noviembre para ambos sexos de plantas, mientras la formación de los frutos inició generalmente en octubre y la maduración se logró en julio y agosto del siguiente año. El periodo de floración duró en promedio $58,2 \pm 0,9$ días en las plantas femeninas (rango: 36-97 días) y $55,1 \pm 0,8$ días en las plantas masculinas (rango: 30-91 días). La fructificación en las plantas femeninas duró en promedio $275,0 \pm 1,6$ días (rango: 220-321 días).

Las únicas dos plantas femeninas en floración del 2015 no lograron fructificar y esto conllevó a la nula observación de fructificación en el periodo de octubre 2015 a agosto 2016 (Figura 3). Otras 20 plantas femeninas se observaron sin formación de frutos en los años 2009 (1 planta), 2010 (9 plantas), 2011 (4 plantas), 2012 (5 plantas) y 2016 (1 planta). También se observó que las plantas son capaces de florecer anualmente, sin embargo, periodos de no floración de 1 a 3 años fueron bastante comunes. Debido a esto, el número de plantas en floración cada año fue generalmente menor al total de plantas adultas identificadas (Tabla 5).

Los resultados también muestran que existe una relación bastante fuerte entre el número de racimos producidos anualmente (periodo Setiembre a Agosto) y el número de individuos en producción, con 3 racimos en promedio por individuo (Figura 4). Asimismo, el número de racimos producidos anualmente varió en función a las condiciones climáticas. La relación entre la producción y la precipitación anual fue polinó-

mica, es decir, se observó menor producción de frutos después de años con muy baja o muy alta precipitación, mientras la producción de frutos fue mayor posterior a años con precipitación de 2500 mm. La relación fue polinomial con las temperaturas mínima y máxima, mostrando también la forma de la U invertida, con producción mayor en años con temperatura mínima de 22.6°C y máxima de 31.9°C (Figura 4). En la Tabla 6 se presentan los valores biométricos de la masa y tamaño de los frutos. Las plantaciones "comedor 1" con 35,3 ± 6,5 g y "comedor 2" con 35,0 ± 10,8 g presentaron los promedios más bajos de masa, mientras que en "piscicultura" y "cañal 1" los promedios fueron superiores alcanzando 45,2 ± 5,8 g y 45,1 ± 19,3 g, respectivamente. La longitud de los frutos supera ligeramente los 5 cm con poca variabilidad en-

tre las plantaciones, así mismo la longitud de las semillas varió entre 3,6 y 3,9 cm y presentó poca variación. El ancho de los frutos y semillas son superiores en las plantaciones "piscicultura" y "cañal 1" (Tabla 6).

La Tabla 7 muestra los valores biométricos proporcionales de los componentes del fruto. Los frutos de la plantación "cañal 1" presentaron la menor proporción de exocarpo con 21,3 ± 2,7%, siendo mayor en "comedor 1" con 25,6 ± 8,2%. El mesocarpo presenta variaciones entre 20,3 ± 4,9% en "comedor 1" y 24,1 ± 6,3% en "comedor 2", la proporción de semilla es mayor en "piscicultura" con 47,9 ± 9,2% y menor en "comedor 2" con 44,1 ± 6,6%. El episperma presenta los menores pesos proporcionales que van desde 7,2 ± 2,1% en "comedor 2" hasta 10,2 ± 4,2% en "cañal 1".

Tabla 5. Número de plantas según el sexo, plantas en floración, racimos y frutos en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú.

Plantación	Año	Nº de plantas femeninas	Nº de plantas masculinas	Nº de plantas feme. en floración	Nº de plantas masc. en floración	Nº de racimos en plantas femeninas	Nº de racimos en plantas masculinas	Nº de frutos por racimo en plantas femeninas
Comedor	2008	1	3	1	3	5,0 ± NA	2,7 ± 0,9	298,0 ± NA
	2009	6	9	6	9	2,2 ± 0,6	2,6 ± 0,4	259,5 ± 47,7
	2010	20	27	20	27	3,2 ± 0,3	2,9 ± 0,4	89,2 ± 16,0
	2011	22	29	9	12	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,3	103,6 ± 22,8
	2012	24	29	13	2	2,8 ± 0,4	2,5 ± 1,5	142,1 ± 35,8
	2013	26	33	11	20	1,5 ± 0,2	2,5 ± 0,3	212,3 ± 51,8
	2014	34	37	32	34	3,2 ± 0,2	2,8 ± 0,2	258,3 ± 27,1
	2015	34	37	2	7	1,5 ± 0,5	1,7 ± 0,3	0
	2016	36	42	24	38	3,3 ± 0,3	2,9 ± 0,2	294,9 ± 19,7
2017	41	45	20	34	2,4 ± 0,2	3,2 ± 0,2	233,0 ± 27,9	
Piscicultura	2013	0	3	0	3	NA	2,0 ± 0,00	-
	2014	8	8	4	8	3,0 ± 0,4	3,1 ± 0,2	243,5 ± 34,5
	2015	13	6	NA	6	2,7 ± 0,4	3,8 ± 0,4	NA
	2016	21	25	10	25	3,6 ± 0,3	3,6 ± 0,2	329,3 ± 38,8
	2017	35	32	27	32	3,0 ± 0,2	3,3 ± 0,2	504,1 ± 32,3

Tabla 6. Valores biométricos de los frutos de aguaje en plantaciones forestales en el CIJH, Loreto, Perú.

Plantación	Edad (años)	Peso de fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Longitud de semilla (cm)	Diámetro de semilla (cm)
Comedor 1	17	35,3 ± 6,5	5,4 ± 0,4	3,2 ± 0,5	3,9 ± 0,5	2,3 ± 0,3
Comedor 2	17	35,0 ± 10,8	5,3 ± 0,7	3,3 ± 0,5	3,6 ± 0,6	2,1 ± 0,4
Piscicultura	13,7	45,2 ± 5,8	5,1 ± 0,9	3,6 ± 0,5	3,8 ± 0,8	2,7 ± 0,6
Cañal 1	11,6	45,1 ± 19,3	5,4 ± 0,9	3,7 ± 0,6	3,9 ± 0,8	2,6 ± 0,6

Tabla 7. Valores promedios porcentuales y error estandar de los componentes del fruto en plantaciones forestales de aguaje en el CIJH, Loreto, Perú, año 2019.

Plantación	Edad (años)	% Exocarpo	% Mesocarpo	% Semilla	% Episperma
Comedor 1	17	25,6 ± 8,2	20,3 ± 4,9	45,3 ± 7,1	8,8 ± 2,1
Comedor 2	17	24,6 ± 3,8	24,1 ± 6,3	44,1 ± 6,6	7,2 ± 2,1
Piscicultura	13,7	20,9 ± 5,3	22,2 ± 4,9	47,9 ± 9,2	8,9 ± 3,5
Cañal 1	11,6	21,3 ± 2,7	21,7 ± 7,4	46,8 ± 9,7	10,2 ± 4,2

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que el número de plantas productivas de aguaje aumentan con el tiempo en las plantaciones, y por lo tanto la producción total de frutos, haciendo posible el manejo de esta especie fuera de los bosques naturales. En particular, es posible manejar un mayor número de individuos de aguaje por área en las plantaciones en comparación con el bosque natural. Por ejemplo, la plantación "comedor" presenta 238 plantas/ha y 45,06 m² de área basal/ha. Estos valores son superiores a los valores reportados de poblaciones naturales de aguaje por Endress *et al.* (2013) quienes registraron 127,5 individuos de aguaje/ha y 11,7 m²/ha y Freitas & Flores (2015) quienes registraron 189 plantas de aguaje/ha y 14,05 m²/ha.

Las plantaciones presentaron también un bajo número promedio de hojas (6,3 a 9,7), en comparación a los valores encontrados en poblaciones naturales donde se reportaron promedios entre 8,2 y 14,6 hojas (Vásquez, 2007; Freitas & Flores, 2015), o entre 13,1 y 15,8 ho-

jas en las plantaciones forestales de 11 años ubicadas en Tingo María y mencionadas anteriormente (Caldas, 2019). La producción de un bajo número de hojas de nuestras plantaciones se podría atribuir al menor distanciamiento de siembra utilizado en comparación con los más de 10 m entre plantas utilizado en las plantaciones de Tingo María. A menor distanciamiento de siembra, las plantas tienen mayor competencia entre sus copas y menor ingreso de luz solar, lo cual influye sobre la función fotosintética en la producción de hojas, así como de otros componentes como la producción de frutos (Sampaio *et al.*, 2008; Khorsand-Rosa *et al.*, 2013; Toro, 2014).

Durante los 10 años de evaluación, observamos un incremento en el número de plantas femeninas y masculinas en floración, llegando a tener casi una proporción similar de individuos masculinos y femeninos en las plantaciones, y como se reporta en las poblaciones naturales no perturbadas (Kahn & Granville, 1992). Para mantener la producción de frutos, por lo tanto, es necesario utilizar técnicas de aprovechamiento

to sostenible utilizando escaleras o subidores para evitar matar a la planta y mantener la producción de frutos (Hidalgo Pizango *et al.*, 2022). Sin embargo, cabe notar que el aprovechamiento de los frutos en plantaciones ocurre por más de una década con plantas de porte bajo. Para maximizar la producción anual, se podría incrementar el número de plantas femeninas en las plantaciones. Sin embargo, otros estudios son

requeridos para conocer el número mínimo requerido de plantas masculinas necesarias para polinizar una plantación y el uso de la biotecnología para identificar las plántulas femeninas antes de la madurez sexual, el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa (para clonar hembras), como ahora es posible en la palmera datilera (Intha & Chaiprasart, 2018).

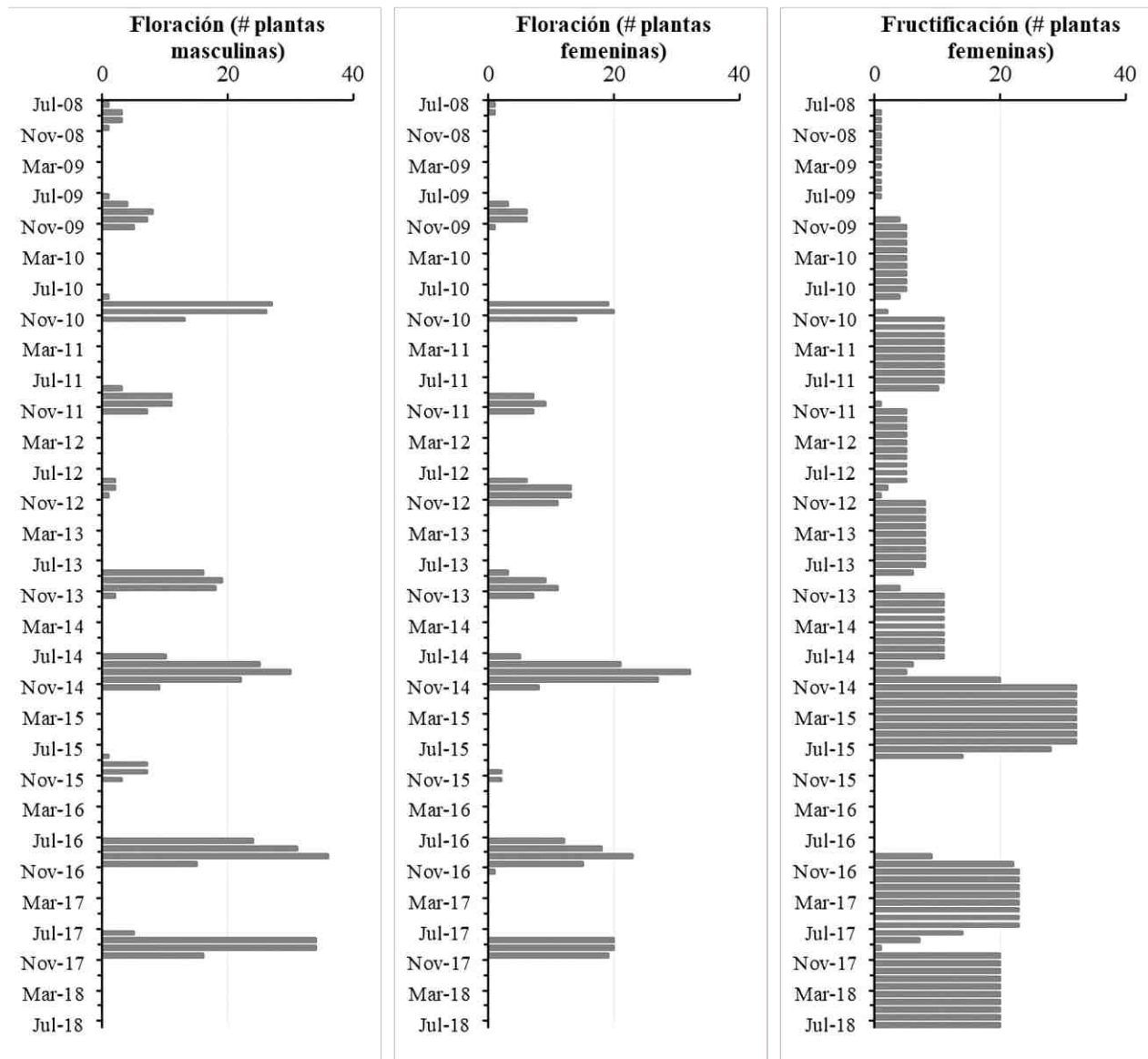


Figura 3. Ciclo de floración y fructificación de las plantas de aguaje evaluadas en la plantación “comedor” en el CIJH, Loreto, Perú.

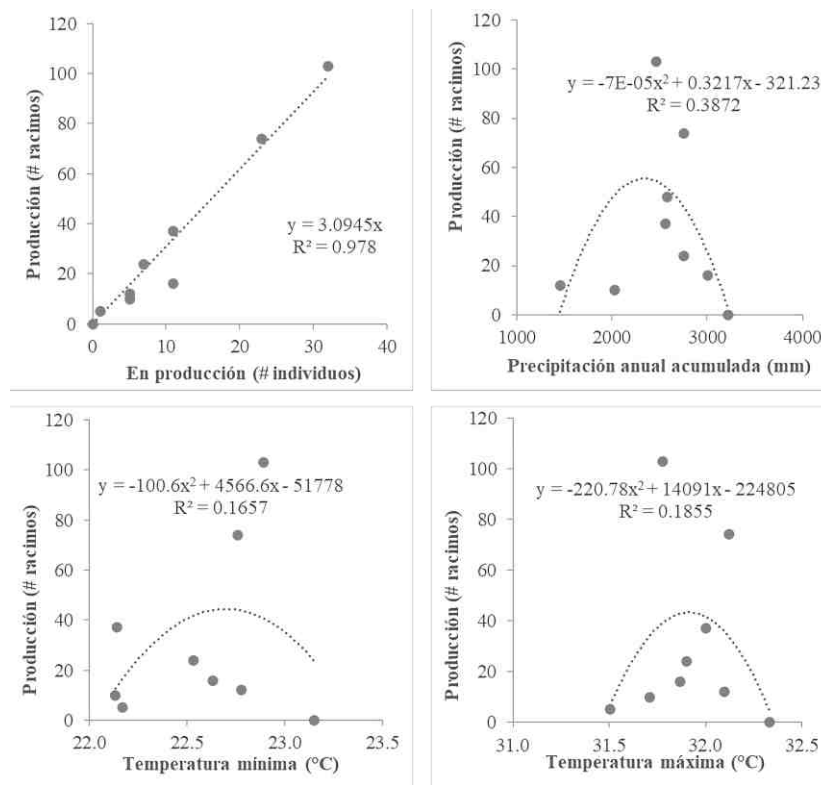


Figura 4. Relaciones entre la producción anual de frutos (número de individuos con producción de frutos o número de racimos producidos) con las variables climáticas, tales como precipitación anual acumulada (año previo a la fructificación), temperaturas promedio mínima y máxima (mismo año de la fructificación). La época de producción de frutos fue considerada de Setiembre a Agosto para los años comprendidos entre el 2008 y 2017.

Nuestros datos también muestran que el número de racimos por planta en las plantaciones (1,6-3,8 racimos) está entre los rangos encontrados en poblaciones naturales por Urrego *et al.* (2016) con 2,6 a 3,6 racimos, por Izasa *et al.* (2013) con 3,2-3,3 racimos, ambos en Colombia, y por Barbosa *et al.* (2010) que encontró un promedio de 3,2 racimos en Brasil. Sin embargo, estos valores son inferiores a los reportados en plantaciones de 11 años en Tingo María, Perú por Caldas (2019) con promedios de 3,7 a 4,6 racimos, donde los suelos presentaron fertilidad media. El número de frutos por racimo (228 ± 35) fue también menor a los 315 y 527 frutos por racimo presentados por Urrego *et al.* (2016), a los 392,3 y 432,9 frutos por racimo registros en dos años consecutivos por Izasa *et al.* (2013) y a los 415 de Barbosa *et al.* (2010),

posiblemente debido a la corta edad de las plantaciones en comparación con las plantas maduras encontradas en bosques naturales.

En cuanto a los promedios porcentuales de los componentes del fruto, los resultados para la semilla son similares a los encontrados por FAO (1987) y Flores (1997) quienes indican que el porcentaje de la semilla con relación al peso total del fruto está entre 40 y 44,5%; el mesocarpo presentó valores similares a los obtenidos por FAO (1987) y Barbosa *et al.* (2010), quienes reportaron 21% y 24,25%, respectivamente, pero estos valores fueron inferiores a los de Gonzales *et al.* (2006) quien reportó 26,41%. El exocarpo presentó valores similares a los 22,07% reportados por Barbosa *et al.* (2010). Si bien es cierto que las semillas contienen una concentración considerable de ácido linoleico y

potasio (Vásquez *et al.*, 2010), el mesocarpo en la actualidad es considerado el componente más importante del fruto por su alto contenido de β -caroteno, α -tocoferol, ácido oleico; así como importantes tipos de aceites que pueden ser utilizadas en la industria nutraceutica (Vásquez *et al.*, 2010; Restrepo *et al.*, 2016; Speranza *et al.*, 2018), por esta razón es importante producir principalmente individuos con alto rendimiento de mesocarpo independientemente del tamaño, peso y forma de los frutos (IIAP-INCAGRO, 2010).

El monitoreo de la fenología reproductiva del aguaje en las plantaciones también mostró que la producción anual de frutos de aguaje fue variable, siguiendo un patrón similar al observado en las poblaciones naturales en la Amazonía colombiana (Urrego *et al.*, 2016) y brasileña (Ponce, 2002), con algunos años de mayor producción y otros de menor producción. En el periodo de fructificación 2015-2016, observamos muy baja producción de frutos en las plantaciones, asemejándose posiblemente a la baja producción de frutos documentada en bosques naturales en los años 1984 y 2006, y cuya escasez incrementó el precio de los frutos en el mercado de Iquitos (Padoch, 1988; Hofmeijer *et al.*, 2013). Estos periodos de fructificación coinciden con años previos de sequías severas reportadas en la Amazonía (Marengo & Espinoza, 2016) y que podrían haber afectado la floración que coincide con los meses de menor precipitación en la zona (Junio-Septiembre, SENAMHI). Asimismo, observamos que la producción de frutos se vio afectada posterior a un año con precipitación de más de 3000 mm (Figura 4). Esto implicaría que las sequías y las inundaciones severas podrían afectar gravemente la oferta de frutos en los mercados si éstas se vuelven más frecuentes (Korsand-Rosa *et al.*, 2013; Gloor *et al.*, 2013).

Este estudio nos ha permitido seleccionar 17

individuos (masculinos y femeninos) que iniciaron la etapa reproductiva de manera precoz, es decir entre los 6 y 8 años. Estos individuos tienen distancia de entrenudos cortos menores de 7 cm y un promedio de altura total de 8 m y altos porcentajes de pulpa entre 22 y 28% con relación al peso total del fruto. Los individuos han sido seleccionados para el programa de mejoramiento genético de la especie (IIAP-INCAGRO, 2010), y se les denomina plantas de "porte bajo" por presentar bajas alturas al inicio de su etapa reproductiva.

Los trabajos de investigación sobre la estructura y fenología reproductiva del aguaje en la Amazonía peruana son incipientes, por lo que es necesario complementar información sobre estructura poblacional de las plantaciones relacionando la posición de las copas a diferentes alturas, el distanciamiento óptimo entre plantas con la floración y la producción de frutos. Así mismo en temas de fenología reproductiva, ecología de la polinización y eficiencia reproductiva; priorizando estudios a largo plazo que relacionen los eventos de floración y fructificación con el cambio climático y su influencia en la producción de frutos, especial atención merece la aparición frecuente de los "frijales" a los que se atribuye la caída de los frutos, situación que influye en la producción. Otro aspecto importante es el estudio de la biología y dinámica de los polinizadores del aguaje, el comportamiento reproductivo de las plantas, es decir, el estado fenológico de la planta en relación con la variación climática.

Finalmente, la información generada sobre las características estructurales y la fenología reproductiva del aguaje es una contribución importante para incrementar el conocimiento silvicultural de la especie, y en particular para su manejo en plantaciones forestales. Asimismo, esperamos que este estudio también contribuya a la promoción del uso de la especie en zonas

agrícolas en las comunidades contribuyendo así al bienestar local.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue liderada por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, con financiación propia y a través de proyectos financiados por INCAGRO (contratos N° 09-2002-AG-INCAGRO/FDSE y 2006-0281-AG-INCAGRO/FTA/FDSE). E.N.H.C. agradece también el apoyo recibido de la beca NERC de Intercambio de Conocimientos (subvención No. NE/V018760/1).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agraria.pe. 2020. *Loreto: lanzan proyecto aguaje para dar el salto a la industrialización*. (<https://agraria.pe/noticias/loreto-lanzan-proyecto-para-dar-el-salto-a-la-industr-22455>). Acceso: 19/05/2022.

Baluarte, J.R. 2012. *Modelización del crecimiento de quince especies forestales comerciales del bosque aluvial inundable de la Amazonía Peruana*. Tesis Doctoral, Escola Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Enxeñaría Agroforestal. 231pp.

Barbosa, R.I.; Lima, A.D.; Mourão Júnior, M. 2010. Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* LF-Arecaceae): produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima. *Amazonia: Ciência e Desenvolvimento*, 5(10): 71-85.

Bernal, R.; Torres, M.; García, N.; Isaza, C.; Navarro, J.; Vallejo, M.; Galeano, G.; Balslev, H. 2011. Palm management in South America. *Botanical Review*, 77: 607-646. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12229-011-9088-6>

Caldas, B.A. 2019. *Caracterización de*

plantaciones experimentales de Mauritia flexuosa "aguaje en Tingo María, Perú. Tesis para el optar el grado de Magister Scientiae en bosques y gestión de recursos forestales. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 62 pp.

Calzada, J. 1993. *143 Frutales Nativos*. Ed. EdiAgraria, Univ. Nac. Agraria, La Molina, Lima. 366pp.

Correa, V.E.; Del castillo, D.; Inga, H.; Paredes, E.J.; Pinedo, M.H.; Freitas, L. 2019. *Agroforestería familiar inundable y procesos de adaptación al medio ambiente en Loreto*. Ministerio del Ambiente, Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. 164pp.

Da Silva, P.; Melo, C. 2015. Variação na abundância do maracanã-do-buriti *Orthopsittaca manilatus* (Psittacidae) e produção de frutos no buriti *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). *Ambiência*, 11(3): 611-628. DOI: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2015.03.07>

Delgado, C.; Couturier, G.; Mejia, K. 2007. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. *Fruits*, 62(3): 157-169. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2007011>

Endress, B.A.; Horn, C.M.; Gilmore, M.P. 2013. *Mauritia flexuosa* palm swamps: composition, structure and implications for conservation and management. *Forest ecology and management*, 302: 346-353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.051>

Flores, J. 2016. *Identificación del sexo en plantaciones de aguaje (Mauritia flexuosa L.f) a partir de las inflorescencias*, en José Crespo y Castillo. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 131 pp.

Flores, S. 1997. *Cultivo de frutales nativos amazónicos; manual para el extensionista*.

- Tratado de Cooperación Amazónica. 370 pp.
- Food Agriculture Organization (FAO) (1987) *Mauritia flexuosa* L. f. En: *Especies forestales productoras de frutos y otros alimentos. 3. Ejemplos de América Latina*. p.145-147.
- Freitas, L.; Bardales, R.; Pinedo, M.; Del Castillo, D.; Vásques, A. 2021. Factores climáticos, biología reproductiva y biometría de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en plantaciones forestales de la Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica Iquitos*, 9(1): 17-30. DOI: <https://dx.doi.org/10.22386/ca.v9i1.317>
- Freitas, L.; Zárate, R.; Bardales, R.; Del Castillo, D. 2019. Efecto de la densidad de siembra en el desarrollo vegetativo del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en plantaciones forestales. *Revista Peruana de Biología*, 26(2): 227-234. DOI: <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16378>
- Freitas, L.; Flores, H. 2015. Condición silvicultural de la palmera *Mauritia flexuosa* Lf en el ecosistema "Aguajal" de Parinari, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 24: (2), 155-162. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v24i2.73>
- Freitas, L.; Pinedo, M.; Linares, C.; Del Castillo, D. 2006. *Descriptores del aguaje (Mauritia flexuosa L.f.)*. Documento Técnico N° 30, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. 33pp.
- Gloor, M.; Brienen, R.J.W.; Galbraith, D.; Feldpausch, T.R.; Schöngart, J.; Guyot, J. L.; Espinoza, J.C.; Phillips, O. L. 2013. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. *Geophysical Research Letters*, 40(9): 1729-1733. DOI: <https://doi.org/10.1002/grl.50377>
- González, A.; Torres, G. 2010. *Manual cultivo de aguaje*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. 38pp.
- Gonzalez, A.; Jarama, A.; Chuquival, G.; Vargas, R. 2006. Colección y evaluación de germoplasma de (*Mauritia flexuosa* L. f.) aguaje en la Amazonía peruana. *Folia amazónica*, 15(1-2): 19-28. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v15i1-2.222>
- Hidalgo Pizango, C.G.; Honorio Coronado, E.N.; del Águila-Pasquel, J.; Flores Llampazo, G.; de Jong, J.; Córdova Oroche, C.J.; Reyna Huaymacari, J.M.; Carver, S.J.; del Castillo Torres, D.; Draper, F.C.; Philips, O.L.; Roucoux, K.H.; de Bruin, S.; Peña-Claros M.; van der Zon, M.; Mitchell, G.; Lovett, J.; García Mendoza, G.; Gatica Saboya, L.; Irarica Pacaya, J.; Martín Brañas, M.; Ramírez Paredes, E.; Baker, T.R. 2022. Sustainable palm fruit harvesting as a pathway to conserve Amazon peatland forests. *Nature Sustainability*, 5: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00858-z>
- Hofmeijer, I.; Ford, J.D.; Berrang-Ford, L.; Zavaleta, C.; Carcamo, C.; Llanos, E.; Carhuaz, C.; Edge, V.; Lwasa, S.; Namanya, D. 2013. Community vulnerability to the health effects of climate change among indigenous populations in the Peruvian Amazon: a case study from Panaillo and Nuevo Progreso. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(7): 957-978. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9402-6>
- Horn, C.M.; Gilmore, M.P.; Endress, B.A. 2012. Ecological and socio-economic factors influencing aguaje (*Mauritia flexuosa*) resource management in two indigenous communities in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 267: 93-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.040>
- IIAP-INCAGRO. 2010. *Programa de mejoramiento genético del aguaje periodo 2010-2020*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Innovación y Competitividad para el Agro Peruano. Iquitos, Perú. 56pp.
- Intha, N.; Chaiprasart, P. 2018. Sex determination in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by PCR based marker analysis.

- Scientia horticultrae*, 236: 251-255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.039>
- Isaza, C.; Galeano, G.; Bernal, R. 2013. Manejo actual de *Mauritia flexuosa* para la producción de frutos en el sur de la Amazonia colombiana. En: Lasso, C.A.; Rial, A.; González-Boscán, V. (Eds). *VII Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia—Venezuela, 1st edn.* Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH), Bogotá. 243–273 pp.
- Kahn, F.; Granville, J.J.D. 1992. Palm communities in the forest ecosystems of Amazonia. En: *Palms in Forest Ecosystems of Amazonia*. Springer, Berlin, Heidelberg. 41-89 pp.
- Khorsand-Rosa, R.; Barbosa, R.; Koptur, S. 2013. How do habitat and climate variation affect phenology of the Amazonian palm, *Mauritia flexuosa*? *Journal of tropical ecology*, 29(3): 255-259. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0266467413000242>
- López, M.; Hergoualc'h, K.; Angulo, Ó.; Baker, T.; Chimner, R.; del Águila, J.; del Castillo, D.; Freitas, L.; Fuentealba, B.; García, E.; Honorio Delgado, E.; Kazuyo, H.; Lilleskov, E.; Málaga Durán, N.; Maldonado Fonkén, M.; Martín Brañas, M.; Mori Vargas, T.; Planas Carke, A.M.; Roucoux, K.; Vacalla Ochoa, F. 2020. *¿Qué sabemos sobre las turberas peruanas?* Documentos Ocasionales 208. Bogor, Indonesia: CIFOR. 25pp.
- Marengo, J. A.; Espinoza, J.C. 2016. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36(3): 1033-1050. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4420>
- Padoch, C. 1988. Aguaje *Mauritia flexuosa* L.f. in the economy of Iquitos, Peru. *Advances in Economic Botany*, 6: 214-224.
- Ponce, M. 2002. Patrones de Caída de frutos en *Mauritia flexuosa* L.f y fauna involucrada en los procesos de remoción de semillas. *Acta Botánica Venezolana*, 25: 119–142.
- Restrepo, J.; Arias, N.; Madriñan, C. 2016. Determination of the nutritional value, Fatty acid Profile and antioxidant Capacity of Aguaje Pulp (*Mauritia flexuosa*). *Ciencias*, 20 (1): 71-78.
- Revilla-Chavez, J.; García-Soria, D.; Pinedo-Ramirez, R.; Casas-Reátegui, R.; López-Galán, E.; Abanto-Rodríguez, C. 2021. Efecto de los factores climáticos en las fases fenológicas de *Mauritia flexuosa* L.f. en plantaciones de terraza baja en Ucayali, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12(2): 213-219. DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.024>
- Sampaio, M.; Belloni, I.; Benedetti, I. 2008. Harvesting Effects and Population Ecology of the Buriti Palm (*Mauritia flexuosa* L. f., Arecaceae) in the Jalapão Region, Central Brazil. *Economic Botany*, 62(2): 171–181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-008-9017-8>
- Speranza, P.; Leaoa, K.; M.; Narcizo, T.S.; Reisa, L.V.; Rodriguez, A.P.; Macedo, J.; Ribeiro, A.P.; Macedo, G. 2018. Improving the chemical properties of Buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) by enzymatic interesterification. *Grasas y aceites*, 69(4): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.0229181>
- Trujillo, J.; Torres, M.; Santana, E. 2011. La palma de moriche (*Mauritia flexuosa* L. f.) un ecosistema estratégico. *Colombia Orinoquia*, 15(1): 62-70. DOI: <https://doi.org/10.22579/20112629.43>
- Toro, E. 2014. *Fenología y Producción de Frutos de Mauritia flexuosa L.f. en Canangunchales del Sur de la Amazonía Colombiana*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín-Colombia. 37pp.

- Urrego, L. 1987. Estudio preliminar de la fenología de la canangucha (*Mauritia flexuosa* L.f.). *Colombia amazónica*, 2(2): 57-81.
- Urrego, L. E.; Galeano, A.; Peñuela, C.; Sanchez, M.; Toro, E. 2016. Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecology*. 217: 1207-1218. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0647-0>
- Vargas, Y.; Puerta, R.; Palomino, F. 2013. Comportamiento de los descriptores de caracterización del aguaje *Mauritia flexuosa* L.F. en plantaciones en fajas de enriquecimiento en Tingo María. *Revista Investigación y Amazonía*, 3(2): 71-76.
- Vásquez, P.; Freitas, L.; Sotero, V.; Paván, R.; Mancini-Filho, J. 2010. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L.f. from the Peruvian Amazon. *Grasas y Aceites*, 61(4): 390-397. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.010110>
- Vasquez, R.; Gentry, A.H. 1989. Use and misuse of forest-harvested fruits in the Iquitos area. *Conservation biology*, 3(4): 350-361.
- Vásquez, R.C. 2007. *Caracterización de la variación geográfica-fenotípica de Mauritia flexuosa L.f. (aguaje) en tres sectores de la región Ucayali-Perú*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 147 pp.
- Van der Hoek, Y.; Solas, S.Á.; Peñuela, M.C. 2019. The palm *Mauritia flexuosa*, a keystone plant resource on multiple fronts. *Biodiversity and Conservation*, 28(3): 539-551. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-01686-4>

Recibido: 17 de febrero de 2023 **Aceptado para publicación:** 05 de junio de 2023