

Artículo original

Factores climáticos, fenología reproductiva y biometría de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en plantaciones forestales de la Amazonía peruana

[Climatic factors, reproductive phenology and biometry of *Mauritia flexuosa* L.f. (Aguaje) in forest plantations of the Peruvian Amazon]

Luis Freitas Alvarado*¹, Ricardo Bardales Lozano², Mario Pinedo Panduro¹,
Dennis Del Castillo Torres¹, Arístides Vásquez Vásquez¹

1. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ecosistémicos (BOSQUES). Av. A. Quiñones km 2,5, San Juan Bautista, Maynas, Loreto, Perú.
Correos electrónicos: lfreitas@iiap.gob.pe (L. Freitas* Autor para correspondencia), mpinedo@iiap.gob.pe (M. Pinedo), ddelcastillo@iiap.gob.pe (D. Del Castillo).
2. Palmas del Espino S.A. Departamento de Investigación y Desarrollo Agrícola. Palmawasi S/N-Uchiza, Tocache, San Martín, Perú. Correo electrónico: rbardalesl@palmas.com.pe (R. Bardales).

Resumen

El comportamiento fenológico de las plantas se relaciona con los factores climáticos, por lo cual el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de la fenología reproductiva de *Mauritia flexuosa* y la influencia de los factores climáticos en la producción y los parámetros biométricos del fruto. Durante 10 años se realizaron mediciones biométricas de los frutos, se registraron fechas de la aparición de espádices, anthesis, aparición y maduración de frutos; los cuales fueron correlacionados con precipitación y temperatura. La aparición de espádices y frutos presentaron una correlación positiva con la precipitación, temperatura mínima y media; pero fue negativa con la temperatura máxima. La maduración de frutos y anthesis masculina presentaron una correlación positiva con la precipitación. La variable peso de racimos se incrementó notablemente en los años 2016 y 2017, a los 14-15 años de edad de la plantación. El porcentaje del mesocarpo alcanzó promedios de 24,6% en el año 2015 y 24,9% el 2016. El estudio de la fenología y de las características biométricas de los frutos contribuye a entender el comportamiento y a sentar las bases para emprender acciones para el manejo y conservación de esta importante especie.

Palabras clave: Arecaceae, Conservación, Fruto nativo, Jenaro Herrera, Palmera amazónica, Selección genética.

Abstract

The phenological behavior of plants is related to climatic factors, the objective of this research was to evaluate the behavior of reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* and the influence of climatic factors on production and biometric parameters of the fruit. During 10 years, we catalogued the following biometric measurements. Dates of the appearance of spadices, appearance and ripening of fruits, and anthesis were recorded; which were correlated with precipitation and temperature. The appearance of spadices and fruits showed a positive correlation with precipitation, minimum and average temperature; but there was a negative correlation with the maximum temperature. Fruit ripening and male anthesis showed a positive correlation with precipitation. The variable bunch weight increased notably in 2016 and 2017, at 14-15 years of age from the plantation. The percentage of the mesocarp reached averages of 24,6% in 2015 and 24,9% in 2016. The study of the phenology and the biometric characteristics of the fruits contributes to understanding of behavior and laying the foundations to undertake actions for management and conservation of this important species.

Keywords: Amazon palm, Arecaceae, Conservation, Genetic selection, Jenaro Herrera, Native fruit.

INTRODUCCIÓN

Mauritia flexuosa L.f, conocido como aguaje en el Perú, es una palmera nativa de la región central oriental amazónica, abarcando Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Henderson et al., 1995). En la Amazonía peruana ocurre en los departamentos de Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Amazonas, San Martín, Huánuco y Junín. La palmera se desarrolla principalmente en zonas inundables (Trujillo et al., 2011) formando densas poblaciones naturales, localmente llamados "aguajales". Los aguajales son el tipo de bosque más representativo de las turberas en la Amazonía y se distribuyen principalmente en la región noroeste de Loreto (Gumbricht et al., 2017).

Los "aguajales" proporcionan bienes y servicios que son aprovechados principalmente por pobladores rurales de la Amazonía. Sin embargo, en la actualidad el aprovechamiento del "aguaje" se realiza generalmente cortando la palmera, lo que ocasiona graves perjuicios al bosque y la sociedad (Isaza et al., 2017; Horn et al., 2018; Schulz et al., 2019; Lilleskov, 2019). La parte más utilizada de la planta son los frutos cuya pulpa contienen altos niveles de vitaminas A, C y E, así como importantes tipos de aceites que pueden ser aprovechadas por sus propiedades nutraceuticas (Restrepo et al., 2016; Freitas et al., 2017; Speranza et al., 2018). Así mismo, los "aguajales" cumplen funciones ambientales ya que constituyen grandes reservorios de carbono (Hergoualc'h et al., 2017; Griscom et al., 2017; Baker et al., 2019; Bhomia et al., 2019).

Una de las opciones para la conservación del "aguaje" es el manejo de las poblaciones naturales mediante la cosecha sostenible de frutos (Falen y Honorio, 2018). Sin embargo, el establecimiento de plantaciones forestales y agroforestales con material genético superior, o para ser usada en programas de reforestación se presenta como alternativa para aliviar la presión sobre los ecosistemas naturales y mejorar el ingreso económico del poblador Amazónico (Virapongse et al., 2017; Falen y Honorio, 2018).

Al respecto, existen plantaciones experimentales instaladas en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera las cuales se orientan a la domesticación de la especie y provisión de semillas para su sembrío en parcelas de agricultores (IIAP-INCAGRO, 2010; Freitas et al., 2019).

Existe escasa información sobre manejo de plantaciones de la especie, los estudios realizados recientemente, mayormente versan sobre aspectos básicos biológicos, ecológicos, fenológicos y algunas técnicas agronómicas, destacando entre ellos los estudios sobre caracterización biométrica de estructuras vegetativas y reproductivas (Vargas et al. 2013; Caldas 2019) identificación de las principales insectos plaga (Vásquez et al., 2008), identificación del sexo a partir de las inflorescencias (Flores, 2016), entre otras. Los efectos de la densidad de siembra en el desarrollo vegetativo fueron analizados por Freitas et al. (2019). Sin embargo, el conocimiento de los patrones fenológicos y su relación con los factores climáticos en plantaciones es aún insuficiente y falta desarrollar más investigación principalmente para las condiciones de nuestra zona. El conocimiento sobre fenología de la especie proviene principalmente de estudios realizados en poblaciones naturales, resaltando entre ellos los trabajos desarrollados en la Amazonía y Orinoquía Colombiana por Urrego (2016), Núñez y Carreño (2013), Toro-Vanegas (2014) y en Amazonía brasilera sobre biología floral desarrollado por Storti (1993), Khorsand-Rosa y Koptur (2013), Mendes et al., (2017).

En el sector forestal, el conocimiento de la relación entre los factores climáticos y la fenología sirve para comprender la dinámica del bosque y, para coleccionar semillas para la repoblación de árboles. Permite también planificar las actividades de producción en viveros porque la mayoría de especies tropicales tienen semillas con periodos de vida corto y no se pueden almacenar (Cabrera y Wallace, 2007). En el caso del "aguaje" favorecería la planificación de la cosecha de frutos y permitirá la organización de procesos posteriores para el suministro y uso en la industria (Rainforest Alliance, 2015).

Esta investigación se enmarca dentro de las actividades del Programa BOSQUES del IIAP, donde el "aguaje" y el ecosistema "aguajal" están considerados dentro de un programa de conservación y manejo. El objetivo principal de esta investigación consiste en evaluar el comportamiento de la fenología reproductiva y la influencia de los factores climáticos en la producción y los parámetros biométricos del fruto en plantaciones forestales. En suma, este estudio permitirá un mayor conocimiento del comportamiento fenológico de la especie como base para el manejo en plantaciones forestales.

MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio

Se realizó en una plantación que se ubica en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), a 2,7 km de Villa Jenaro Herrera, 200 km aguas arriba de la ciudad de Iquitos. La zona de estudio pertenece al distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, departamento Loreto, Perú; y se localiza en las coordenadas: 4° 54' 11,66" S; 73° 40' 8,976" W, a 125 m de altitud (Figura 1). La investigación se desarrolló en una parcela de 5000 m², dividida en dos subparcelas de 2500 m², establecida en el mes de diciembre del 2002, con 137 individuos plantados (Freitas *et al.*, 2019).

El clima de la zona se caracteriza por presentar una temperatura mensual promedio de 26,4 °C con pequeñas fluctuaciones durante el año y la temperatura diaria promedio es de 29,9 °C. 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).

La plantación se sitúa sobre una fisiografía de terraza alta, suelos de color amarillo anaranjado, fuertemente ácidos, con una textura que va de franco areno arcilloso a arcillo arenoso sin fragmentos gruesos y de color pardo oscuro en profundidad. Los suelos presentan una estructura granular con intensa presencia de raíces hasta una profundidad de 60 – 70 cm. La disponibilidad de nutrimentos es muy baja con un 90-95% de Aluminio (Al) intercambiable y la capa superficial de materia orgánica, tiene un espesor menor de 2 cm (López y Freitas, 1990).

La plantación forma parte de un estudio sobre mejoramiento genético que desarrolla el IIAP con el fin de seleccionar genotipos precoces, de el porte bajo y alta producción de pulpa. Las dos subparcelas fueron establecidas con diferente densidad de siembra y germoplasma proveniente de un solo semillero, con el fin de estimar el aporte de la varianza ambiental, teniendo en consideración que la mayor o menor densidad determina una mayor o menor competencia por agua, luz y nutrientes. La planta semillera madre es un individuo de porte bajo (estípite menor de 2,5 m de altura) ubicada en la comunidad de "Varillal" en la zona de la carretera Iquitos-Nauta en las coordenadas: 03° 52' 48,413" S; 73° 20' 49,69" W. La primera subparcela está sembrada con una densidad de 8 m entre plantas y una planta en el centro (Diseño de plantación "Quinconcé") con un total de 85 plantas. La segunda subparcela tiene una densidad de siembra de 7 m entre plantas (diseño de plantación tipo "marco real") con un total de 52 plantas.

Datos climáticos

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación Climatológica Principal Jenaro Herrera y proporcionados mediante coordinaciones institucionales por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Adicionalmente se evaluó la asociación de cada evento fenológico con datos de precipitación promedio de diez años, entre enero del 2008 y julio del 2017.

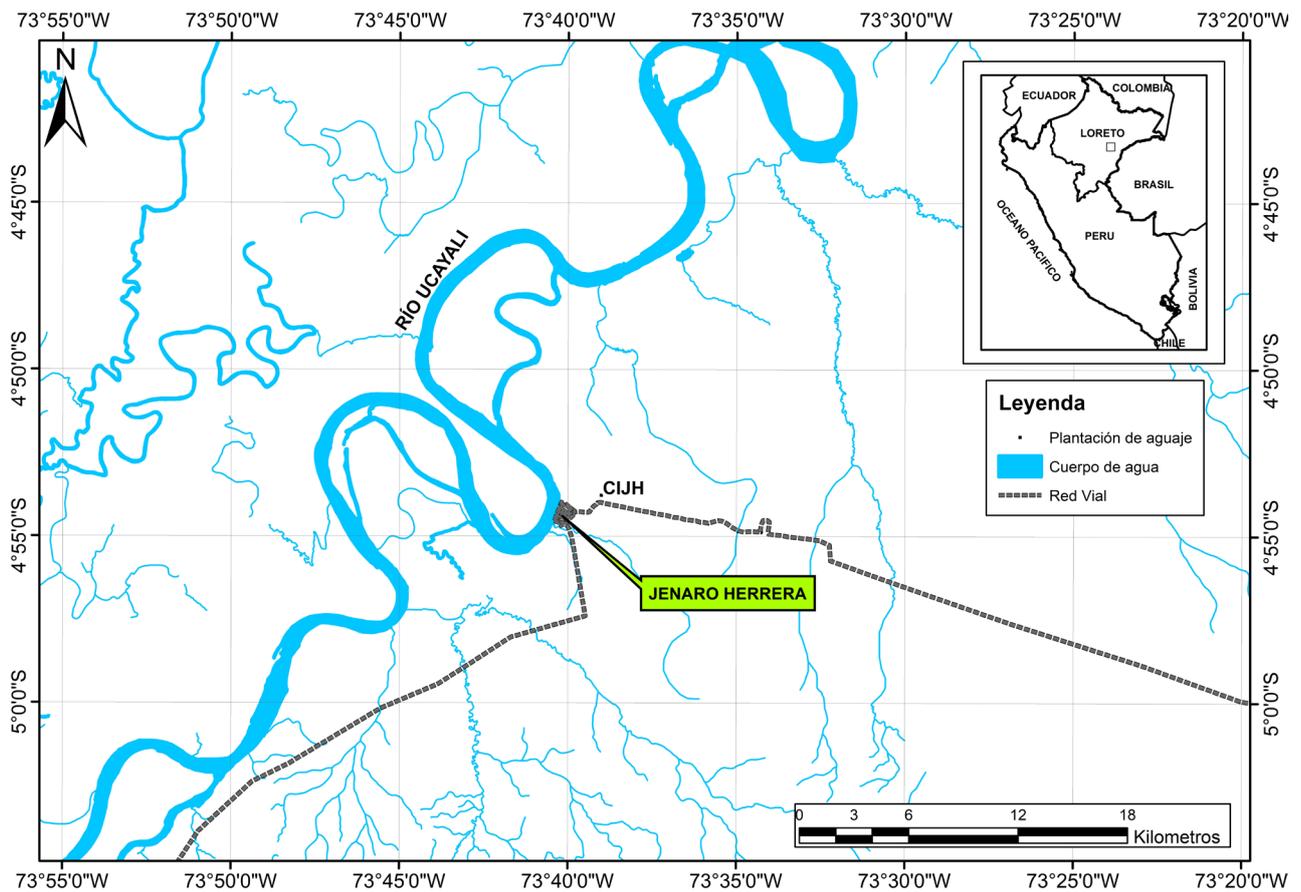


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio y plantación de *Mauritia flexuosa* (“aguaje”), cercano a Jenaro Herrera, en la cuenca del río Ucayali, departamento de Loreto, Perú.

Registro de la fenología y biometría reproductiva

Las plantas de “aguaje” fueron numeradas para su identificación en la parcela, y el periodo de observaciones fenológicas comprende a partir de enero del 2008 hasta julio del 2017. Los eventos fenológicos reproductivos fueron registrados mensualmente, las observaciones se realizaron en forma visual en plantas de alturas menores que 5 m y con ayuda de binoculares para alturas mayores, comprende los siguientes episodios para las plantas femeninas: (1) fecha de inicio de aparición del espádice, (2) fecha de aparición de los frutos, (3) fecha de maduración de los frutos, época en que los frutos están aptos para la cosecha y presentan una coloración marrón rojizo. Para los individuos masculinos se tomó información sobre: (1) fecha de aparición del espádice y (2) fecha de inicio de la antesis. La información sobre mediciones biométricas comprende: número promedio de racimos por

planta, peso promedio de frutos del primer racimo (kg), masa del fruto (g), largo y ancho del fruto (cm), largo y ancho de la semilla (cm) tomados a partir del promedio de 10 frutos. Así mismo se calculó la masa porcentual de los componentes del fruto, exocarpo, mesocarpo, semilla y episperma, también a partir del promedio de 10 frutos.

Análisis de la información

Los datos fueron introducidos a una base de datos Excel y el procesamiento de la información se realizó mediante el uso del programa estadístico R versión 3.6.3 paquete Rcmdr (Paradis, 2003). Se determinó el porcentaje promedio mensual de los eventos fenológicos dividiendo el número de ocurrencias de cada evento, en cada mes para el período estudiado, por el número total de ocurrencias, multiplicado por cien (Rojas y Alencar, 2004). Las relaciones entre precipitación media mensual, temperatura me-

dia mensual, temperatura mínima mensual y la proporción media mensual de individuos con los episodios de aparición de espádices, aparición de frutos, maduración de frutos y antesis de individuos masculinos, se determinaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) a tres niveles de probabilidad 5 %, 1 % y 0,1 %. Las variables respuesta fueron paramétricas, cuantitativas y continuas. Las mismas que estuvieron relacionadas con los eventos reproductivos (floración y fructificación).

Así mismo se calculó información biométrica y los intervalos de confianza para el largo y ancho de frutos y semillas, peso y porcentaje de los componentes del fruto: exocarpo, mesocarpo, semilla y episperma, los cuales fueron calculados a partir del peso promedio de diez frutos y diez semillas.

RESULTADOS

Análisis del clima en Jenaro Herrera

La precipitación media anual y media mensual del 2008 al 2017 fue de 2442,24 mm y 203,52 mm respectivamente. El período de mayor precipitación se dio entre los meses de diciembre a mayo con valores superiores a 210 mm, por debajo de este valor se presentan los meses de junio a noviembre, siendo julio el mes de menor precipitación con 125 mm y marzo el de mayor precipitación con 280 mm (Figura 2).

Los meses con la menor temperatura mínima en el período fueron julio con 21,39 °C y agosto con 21,84 °C, y puede variar hasta los 23,1 °C en el mes marzo. La temperatura media mensual varió entre 26,59 °C y 27,64 °C los promedios superiores a 27 °C ocurren entre los meses de agosto a marzo, en forma general no existe altas variaciones de la temperatura media mensual, mientras que la temperatura máxima osciló entre 31,13 °C en el mes de julio y 33,04 °C en setiembre, los meses más bajos corresponden entre los meses de diciembre a mayo menores de 32 °C.

Fenología reproductiva de *Mauritia flexuosa* en plantaciones

La ocurrencia de las fenofases estudiadas fue entre los meses de junio a diciembre. Así, la aparición de espádices tanto para individuos masculinos y femeninos se inició en el mes de julio, prolongándose hasta el mes de octubre con una mayor ocurrencia en el mes de agosto 40,6% y setiembre 38,1 % coincidentemente con el inicio de la época de menos lluvia. La aparición de frutos se inician con escasa ocurrencia en agosto y se prolonga hasta el mes de diciembre con los porcentajes más altos de ocurrencia en octubre 41,9% y 44,3% en noviembre (Tabla 1).

En cuanto a la época de cosecha de los frutos, comprende desde junio a agosto con una mayor ocurrencia durante el mes de julio con 45,8% y agosto con 30,5%, finalizando en el mes de setiembre con una ocurrencia de 3,4%. La aparición de la antesis masculina se inicia con una escasa ocurrencia en el mes de julio 0,5% y con mayores ocurrencias en agosto 30,9% y setiembre 47,8% prolongándose hasta octubre 20,6% (Tabla 1). Sin embargo, la aparición de frutos ocurre hasta el mes de diciembre, lo que sugiere que el polen podría proceder de plantas cercanas a la parcela de estudio.

Las fenofases: aparición de espádices y aparición de frutos, presentaron una correlación positiva altamente significativa ($r^2= 0,37$ a $0,67$) con la precipitación, temperatura mínima y media. Mientras que tal correlación fue altamente significativa negativa con la temperatura máxima ($r^2=-0,80$ a $-0,81$). Las fenofases maduración de frutos y la antesis masculina presentaron una correlación positiva altamente significativa ($r^2=0,1$), solamente con la precipitación ($r^2=0,30$ a $0,49$), ver la Tabla 2 para mayores detalles.

Biometría de los frutos

La masa de los componentes del fruto evaluadas presentan una alta variación interanual, así, la masa de frutos por racimo mostró un aumento con la edad de la plantación variando entre

Tabla 1. Porcentaje medio mensual de las fenofases de *Mauritia flexuosa* entre enero del 2008 y diciembre del 2017, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú.

Fenofase	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aparición de espádices	0	0	0	0	0	0	17,9	40,6	38,1	3,5	0	0
Aparición de frutos	0	0	0	0	0	0	0	0,7	10,7	41,9	44,3	2,3
Maduración de frutos	0	0	0	0	0	20,3	45,8	30,5	3,4	0	0	0
Antesis masculina	0	0	0	0	0	0	0,5	30,9	47,8	20,6	0	0

Tabla 2. Relaciones entre parámetros climáticos y fenológicos mediante el coeficiente de correlación de Pearson en Jenaro Herrera, Loreto, Perú. Donde AFLO= año de floración, FAE= aparición de espádices, FAF= aparición de frutos, FMF= maduración de frutos, PP= precipitación, TMIN= temperatura mínima, TMAX= Temperatura máxima, TMED= temperatura media. * Nivel de significancia= 0,1 %, ** Nivel de significancia= 0,25 % y *** Nivel de significancia= 0,5 %.

VARIABLE	AFLO	FAE	FAF	FMF	FAM	PP	TMIN	TMAX	TMED
AFLO	1								
FAE	1,00***	1							
FAF	0,99***	1,00***							
FMF	0,09 Ns	0,08Ns	0,10Ns	1					
FAM	0,23**	0,31***	0,31***	0,1Ns	1				
PP	0,38***	0,37***	0,40***	0,49***	0,30***	1			
TMIN	0,67***	0,67***	0,66***	-0,15Ns	0,00Ns	-0,18*	1		
TMAX	0,81***	-0,81***	-0,80***	0,00Ns	-0,11Ns	-0,15Ns	0,26***	1	
TMED	0,46***	0,46***	0,46***	0,07Ns	0,06Ns	0,12Ns	0,80***	0,08Ns	1

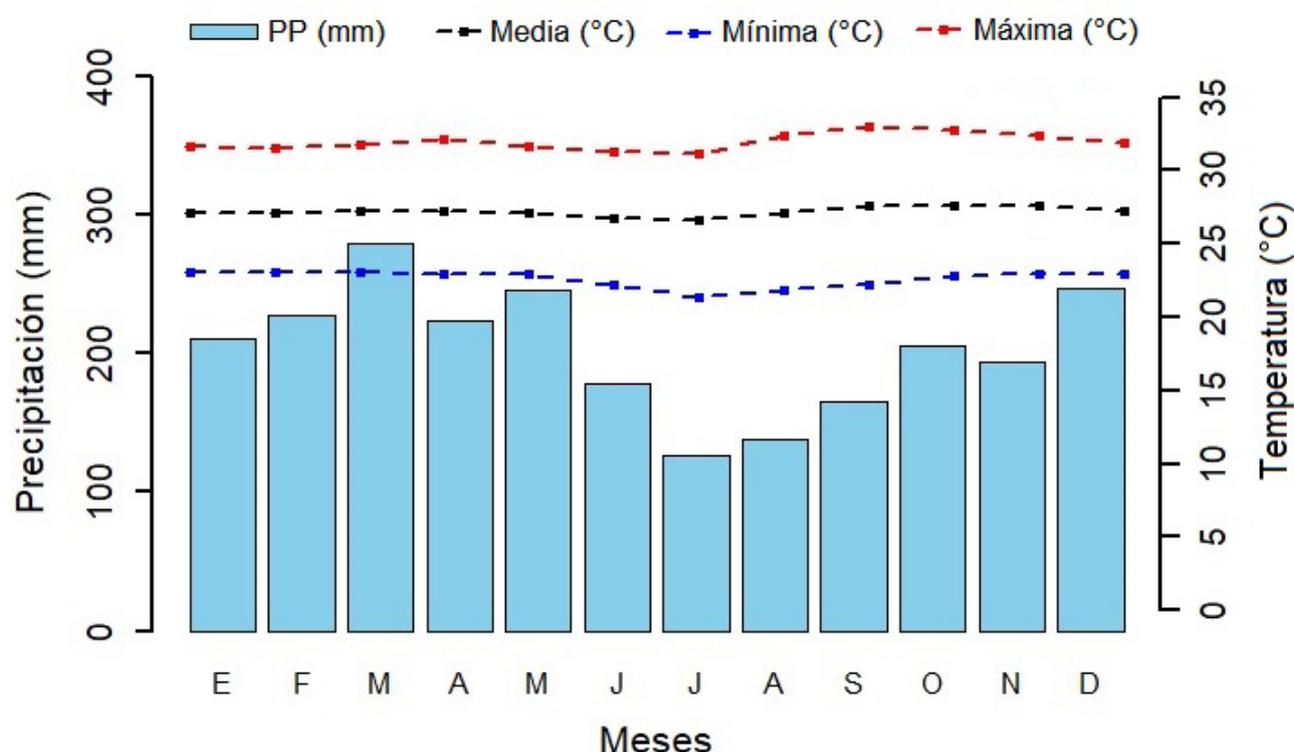


Figura 2. Distribución promedio mensual de las variables meteorológicas en el período enero 2008 y julio 2017 en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera, Loreto, Perú.

7 ± 3,2 kg en el año 2012 a 27,2 ± 7,4 kg en el año 2017, la tendencia es que la producción individual de frutos se incrementa con la edad de las plantas. Las evaluaciones de la masa promedio de frutos varió entre 30,2 ± 6,7 g y 35,8 ± 10,1 g ocurridos en los años 2016 y 2017 respectivamente, así mismo el largo del fruto fue variable, alcanzó 5,0 ± 0,5 cm en el año 2017 y 5,6 ± 0,3 cm en el 2013, mientras que el diámetro tuvo una variación de 3,1 ± 0,3 cm en los años 2016 y 2017 y 3,4 ± 0,2 cm en el 2012. La semilla presentó longitudes promedios de 3,6 ± 0,3 cm en los años 2013 y 2014, y 3,8 ± 0,2 cm en el 2012. También la composición porcentual promedio de los componentes del fruto presenta variaciones, así: la semilla tuvo promedios de 45,1 ± 1,3 % el 2013 y 43,4 ± 4,4 % en el 2014, la proporción promedio del mesocarpo fue de 22,2 ± 0,4 % en el 2013 y de 24,9 ± 3,1 % el 2016; y el porcentaje de episperma representó el 7,9 ± 1,8 % en el 2014 y 9,0 ± 1,4 % el 2017. En la Tabla 3, se presenta las características físicas de los frutos y semillas.

DISCUSIÓN

El periodo de ocurrencia de aparición de espádice ocurre en los meses que presentaron los más altos niveles de temperatura máxima, coincidiendo con lo reportado por Urrego (1987), quien manifiesta que dichas fenofases están muy relacionadas con las temperaturas extremas. La aparición de frutos se da en el período cuando la precipitación comienza a incrementarse hacia los meses más húmedos (diciembre-mayo) que es el periodo donde se da el proceso de desarrollo de los frutos. Dichos resultados, concuerdan con los de Peres (1994) y Ponce (2002), quienes manifiestan que los frutos desarrollan y maduran durante la temporada de lluvias o periodo de mayor precipitación.

El período desde la antesis hasta la maduración de los frutos, tiene una duración aproximadamente superior a los nueve meses pudiendo prolongarse hasta los doce meses. Milanez *et al.* (2016), manifiestan que esta fase ocurre 210 días después de la antesis floral; mientras que

otros autores manifiestan que la fructificación puede demorar de nueve a doce meses después de la floración (Storti, 1993; Urrego *et al.*, 2016).

El comportamiento fenológico observado, resultó similar a los de poblaciones naturales de la Amazonía brasilera y boliviana, en las cuales la floración se presentó en las épocas de transición seca-húmeda, en los meses de setiembre-noviembre (Storti, 1993; Ponce, 2002; Cabrera y Wallace, 2007). En la Amazonía colombiana, se observó que la floración de *Mauritia flexuosa* correspondió a la estación seca, con precipitaciones mínimas (Urrego, 1987; Vélez, 1992; Urrego, 2016). Así también, Toro-Vanegas (2014), en una población de *Mauritia flexuosa*, de terra-

zas bajas en el Sur de la Amazonía colombiana, encontró correlaciones positivas y significativas de las fenofases florales espádices en formación, espádices abiertos, flores en botón, flores abiertas, con la temperatura máxima.

Nuestros resultados muestran que existe relación entre la fenología y las variables meteorológicas, sin embargo es importante mencionar que el comportamiento fenológico de las palmeras en general están ligados a variables meteorológicas particulares de cada zona (Storti, 1993; Seres y Ramírez, 1993; Peres, 1994; Haugaasen y Peres, 2005; Cabrera y Wallace, 2007; Sampaio, 2008; Núñez y Carreño, 2013). Mendes, *et al.* (2017), mencionan que las fenofases de *Mauritia flexuosa* se correlacionan

Tabla 3. Biometría de frutos de *Mauritia flexuosa* en plantaciones forestales evaluadas entre los años 2012 al 2017, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú.

Año	Nº racimos	Masa racimo con frutos (kg)	Masa fruto (g)	Largo fruto (cm)	Ancho fruto (cm)	Largo semilla (cm)	Ancho semilla (cm)
2012	2,2 (± 2,5)	7,0 (± 3,2)	33,2 (± 0,9)	5,4 (± 0,5)	3,4 (± 0,2)	3,8 (± 0,2)	2,4 (± 0,1)
2013	2,1 (± 2,3)	8,0 (± 5,0)	33,1 (± 1,8)	5,6 (± 0,3)	3,2 (± 0,0)	3,6 (± 0,3)	2,4 (± 0,1)
2014	3,0 (± 2,3)	8,5 (± 4,4)	32,2 (± 6,9)	5,4 (± 0,3)	3,2 (± 0,2)	3,6 (± 0,3)	2,4 (± 0,3)
2016	2,9 (± 2,1)	13,9 (± 5,4)	30,2 (± 6,7)	5,1 (± 0,3)	3,1 (± 0,3)	3,7 (± 0,3)	2,2 (± 0,2)
2017	2,9 (± 2,1)	27,2 (± 7,4)	35,8 (± 10,1)	5,0 (± 0,5)	3,1 (± 0,5)	3,7 (± 0,5)	2,1 (± 0,4)

Tabla 4. Biometría de los componentes del fruto de *Mauritia flexuosa* en plantaciones forestales evaluadas entre los años 2012 al 2017, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú.

Año	Masa exocarpo (g)	% Exocarpo	Masa mesocarpo (g)	% mesocarpo	Masa semilla (g)	% semilla	Masa episperma (g)	% episperma
2012	7,8 (± 0,4)	23,5 (± 0,8)	7,74 (± 0,3)	23,3 (± 0,6)	14,7 (± 0,4)	44,2 (± 0,2)	2,9 (± 0,0)	8,9 (± 0,3)
2013	8,2 (± 0,2)	24,6 (± 0,7)	7,4 (± 0,3)	22,2 (± 0,4)	14,9 (± 1,3)	45,1 (± 1,3)	2,7 (± 0,1)	8,1 (± 0,2)
2014	7,7 (± 1,4)	24,1 (± 2,3)	7,8 (± 0,4)	24,6 (± 3,2)	14,1 (± 4,0)	43,4 (± 4,4)	2,6 (± 0,9)	7,9 (± 1,8)
2016	6,7 (± 1,3)	22,5 (± 3,2)	7,5 (± 1,8)	24,9 (± 3,1)	13,4 (± 3,7)	43,9 (± 3,7)	2,6 (± 0,8)	8,5 (± 1,9)
2017	8,0 (± 1,8)	22,7 (± 1,7)	8,1 (± 2,5)	22,8 (± 3,5)	16,5 (± 5,4)	45,5 (± 3,7)	3,2 (± 1,0)	9,0 (± 1,4)

significativamente con la radiación solar, tanto durante el mes actual como en los meses anteriores. Lo que indica que este factor es de importancia primordial para la reproducción de la especie. *Mauritia flexuosa* produce flores y frutos durante el período de mayor radiación solar, es decir, cuando la energía solar alcanza su punto máximo. Estudios realizados por Revilla-Chavez et al. (2021) en plantaciones con el fin de determinar los efectos de los factores climáticos en el desarrollo fenológico del “aguaje” en Pucallpa, Amazonía peruana, encontraron que no existe asociación entre ellos; esta investigación incluye información fenológica de dos años, por lo que mencionan la necesidad de contar con mayor información dado a que están ocurriendo cambios en el clima de la Amazonía, lo que permitiría evaluar la influencia de estos factores para una mejor planificación del manejo y conservación de la especie.

Existen también otros factores como los eventos climáticos extremos, los cuales pueden afectar no solo los ciclos reproductivos de las especies y la productividad de los ecosistemas, así, Urrego (2018) en la Amazonía colombiana, encontró que el mayor índice de actividad de la floración se presentó con valores máximos de temperatura y mínimos de precipitación mensual registrados de agosto a noviembre de 2011 y de 2012, siendo significativamente más acentuados en el 2011. Por el contrario, la formación de frutos fue significativamente mayor en el 2012 y se asoció con los mayores valores de precipitación mensual.

El abastecimiento de frutos al mercado de Iquitos, principal centro de consumo en la región, proviene de la producción de varias cuencas principalmente de las cuencas baja y media del río Marañón, cuenca baja y media del Amazonas, cuenca del río Tigre; Horn et al. (2018) encontró que existe una variación espacio-temporal del abastecimiento proveniente de estos lugares y menciona que esto refleja la variación regional en la fenología de fructificación de *M. flexuosa* en toda la región. Esta variación podría estar relacionada con lo mencionado por Korsand-Rosa et al. (2014) quien basado en

estudios realizados en el norte de la Amazonía en Brasil, indica que la dinámica reproductiva de *Mauritia flexuosa* se ve afectada por factores abióticos entre ellos las variaciones de micro-hábitats así como la disponibilidad de humedad y factores bióticos como los atributos vegetativos de los individuos. Así mismo, Korsand-Rosa et al. (2013) menciona que la variación climática a corto plazo puede influir en la fenología con implicaciones para los patrones de distribución y conservación de la especie.

La producción de frutos del “aguaje” presenta variaciones interanuales, esta especie como muchos frutales amazónicos presenta el fenómeno de alternancia o vecería (alternancia anual de fructificación), la producción del 2017 puede considerarse baja, la cual puede ser debido a causas externas o genéticas de la planta. Ponce (2002) menciona que la producción de frutos es variable y que existen diferencias entre periodos reproductivos. Urrego et al. (2016), encuentran que en un periodo de dos años el número de frutos por racimo varió de 315 a 527.

La información sobre biología reproductiva es clave para los programas de domesticación, manejo y conservación de *Mauritia flexuosa*, es necesario recalcar que el desarrollo de estudios sobre este tema es realmente incipiente en la Amazonía peruana. La mayoría de investigaciones se han desarrollado principalmente en Brasil (Storti, 1993; Peres, 1994; Korsand-Rosa y Koptur, 2013; Méndez et al. 2017) y Colombia (Urrego, 1987; Nuñez y Carreño, 2013; Toro-Vanegas, 2014; Urrego et al., 2016) enfatizando en temas sobre morfología floral, fenología reproductiva, biología floral, ecología de la polinización y eficiencia reproductiva. Sin embargo, existen todavía grandes vacíos de investigación, que ameritan el desarrollo de estudios detallados para profundizar el conocimiento actual, como por ejemplo, estudios a largo plazo que relacionen los eventos de floración y fructificación con la variación climática interanual y su influencia en la producción de frutos, así como estudios sobre la biología y dinámica de los principales polinizadores del “aguaje”, sus ciclos reproductivos relacionados con el clima y esta-

do fenológico de las plantas, sexo, ecología de la polinización, etc. Un fenómeno que merece especial atención es la influencia de los friajes en la zona, debido a que en los últimos años se ha observado una marcada caída de frutos de "aguaje" lo cual se atribuye al aumento y frecuencia de estos.

La masa de frutos y semillas así como el largo y ancho de la semilla también presenta variaciones interanuales. Los valores de la masa promedio de frutos son inferiores a los resultados que presenta Flores (1997) que encuentra una variación entre 40 y 85 g, y a los reportados por Freitas (2011) y Gonzales *et al.* (2006) que presentan promedios de 51,6 g y 58,08 g respectivamente. Los registros del largo del fruto son similares a los presentados por Flores (1997) y Gonzales *et al.* (2006) entre otros; quienes reportan variaciones de frutos que van entre 5 a 7 cm de longitud y 4 a 5 cm de diámetro, mientras que Urrego *et al.* (2016) reporta medidas de 5 cm de largo por 4 cm de ancho. El largo y ancho de la semilla muestra resultados similares a los obtenidos por Gonzales *et al.* (2006) quien reporta longitudes promedio de 4 cm y diámetros de 2,91 cm.

La masa del fruto y la semilla es muy variable los cuales dependen de factores genéticos y ambientales. La mayor variación que presenta la masa del fruto, se podría explicar por ser un carácter biológicamente muy variable, su constitución genética, la influencia de los factores ambientales y la interacción de estos con el genotipo. En el caso de la masa de la semilla, del mismo modo depende del tipo genético u origen y la acción del medio ambiente que interactúa con el genotipo, podemos decir que esta variabilidad sea también cualidad inherente de cada población (Krarup, 1984).

En cuánto a los promedios porcentuales de los componentes del fruto, la semilla presenta valores similares a los encontrados por Flores (1997) quien indica que el porcentaje de la semilla con relación al fruto esta entre 40 y 44,5 %, el mesocarpo presenta valores similares a los obtenidos por Gonzales *et al.* (2006) quien

reporta 26,41 %; pero superiores a los de Flores (1997) quien manifiesta que el mesocarpo corresponde entre 10 a 21 % del fruto.

En cuánto a la biometría de los componentes del fruto, el mesocarpo es la parte principal en la producción del "aguaje" pues esta es la sección aprovechable del fruto por lo que es importante mencionar que a pesar de que los promedios totales anuales pueden alcanzar el 25 %, existen individuos que pueden contener hasta un 28 %, los cuales deben ser seleccionados para integrarlos a un plan de mejoramiento genético de la especie. Así mismo la producción de frutos es importante para la alimentación de algunos guacamayos y loros (Psittacidae) y otras especies animales, por lo que la conservación de estas especies constituye una razón más para la conservación y manejo del aguaje (Da Silva y Melho, 2015). Además, al menos 53 especies de vertebrados se alimentan de los frutos del "aguaje" (Van Der Hoek *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

La presente investigación constituye uno de los primeros trabajos documentados realizados en la Amazonía peruana que cubre información multitemporal sobre fenología reproductiva y su relación con los factores climáticos desarrollado en plantaciones, información importante en el proceso de domesticación de la especie.

Existe relación entre las variables fenológicas y meteorológicas de la zona de estudio, concentrándose entre los meses de junio a diciembre. La aparición de espádices tiene una mayor ocurrencia en el mes de agosto durante la época seca, la aparición de frutos tiene mayor ocurrencia en octubre y noviembre coincidentemente con el inicio de la época lluviosa, mientras que la maduración de frutos o época de cosecha se concentra en los meses secos de julio y agosto.

La aparición de espádices y frutos presentan una correlación positiva altamente significativa con la precipitación, temperatura mínima y

media; y una correlación altamente significativa negativa con la temperatura máxima. La maduración de frutos y la antesis masculina presentan una correlación positiva altamente significativa con la precipitación.

La producción de frutos así como el peso de frutos por racimo aumenta con la edad de la plantación, así mismo el peso promedio de frutos y semillas, como el tamaño en longitud y ancho, varían anualmente.

AGRADECIMIENTO

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi), por proporcionar la información climática de la zona correspondiente a las fechas de ejecución del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baluart, J. (2012) *Modelización del crecimiento de quince especies forestales comerciales del bosque aluvial inundable de la Amazonía Peruana* (Tesis Doctoral). Universidad de Santiago de Compostela. Santiago.
- Baker, T., Del Castillo, D., Honorio, E., Lawson, I., Montoya, M. y Roucoux, K. (2019) The challenges for achieving conservation and sustainable development within the wetlands of the Pastaza - Marañón basin, Peru. En: Chirif Tirado, Alberto (Ed). Peru: Deforestation in times of climate change. Lima: *IWGIA*, 155-174.
- Bhomia, R., Van Lent, J., Grandez, J., Hergoualc'h, K., Honorio, E., Murdiyarsa, D. (2019) Impacts of *Mauritia flexuosa* degradation on the carbon stocks of fresh water peatlands in the Pastaza-Marañón river basin of the Peruvian Amazon. *Mitig Adapt strategy glob change*, 24: 645-668. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9809-9>
- Cabrera, W., Wallace, R., (2007) Patrones fenológicos de ocho especies de palmeras en un bosque amazónico de Bolivia. *Revista Bolivia de Ecología y Conservación Ambiental*, 21: 1-18.
- Caldas, B. (2019) *Caracterización de plantaciones experimentales de *Mauritia flexuosa* "aguaje en Tingo María, Perú* (Tesis postgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú.
- Da Silva, P., Melho, C. (2015) Variação na abundância do maracanã-do-buriti *Orthopsittaca manilatus* (Psittacidae) e produção de frutos no buriti *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). *Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 11 (3): 611-628. DOI:10.5935/ambiencia.2015.03.07
- Falen, L., Honorio, E. (2018) Evaluación de las técnicas de aprovechamiento de frutos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en el distrito de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 27 (2): 131-150. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v27i2.443>
- Flores, S. (1997) *Cultivo de frutales nativos amazónicos*; manual para el extensionista. Tratado de Cooperación Amazónica.
- 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 pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.
- 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: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i2.1637>
- Freitas, L., Ochoa, M., Del Castillo, D. (2011) Variabilidad morfométrica de las estructuras reproductivas del aguaje *Mauritia flexuosa* L.f. en tres poblaciones naturales de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 20 (1-2): 101-109. <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.358>
- Freitas, M., Chisté, R., Polachini, T., Sardella, L., Aranha, C., Ribeiro, A., Nicoletti, V. (2017) Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Grasas y Aceites*, 68 (4): 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0557171>
- 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. <https://doi.org/10.24841/fa.v15i1-2>
- Griscom, B., Adams, J., Ellis, P., Houghton, R., Lomax, G., Miteva, D., Fargione, J. (2017) Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114: 11645-11650.
- Gumbrecht, T., Roman, R., Verchot, L., Herold, M., Wittmann, F., Householder, E., Herold, N., Murdiyarsa, D. (2017) 'An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor', *Global Change Biology*, 23: 3581-3599. DOI: 10.1111/gcb.13689
- Haugaasen, T., Peres, C. (2005) Tree phenology in adjacent Amazonian flooded and unflooded forests. *Biotropica*, 37: 620-630. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00079.x>
- Henderson, A., Galeano, G., Bernal, R. (1995) *Field guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press, New Jersey.
- Hergoualc'h, K., Gutiérrez, V., Menton, M., Verchot, L. (2017) Characterizing degradation of palm swamp peatlands from space and on the ground: An exploratory study in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 393: 63-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.016>
- Horn, C., Gilmore, M., Vargas, V., Endress, B. (2018) Spatio-temporal patterns of *Mauritia flexuosa* fruit extraction in the Peruvian Amazon: Implications for conservation and sustainability. *Applied Geography*, 97: 98-108. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.05.004>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Innovación y Competitividad para el Agro Peruano (IIAP-INCAGRO). (2010) *Programa de mejoramiento genético del aguaje periodo 2010-2020*. Iquitos, Perú.
- Isaza, C., Bernal, R., Galeano, G., Martorell, C. (2017) Demography of *Euterpe precatoria* and *Mauritia flexuosa* un the Amzon: Application of integral projection models for their harvest. *Biotropica*, 49 (5): 653-664. <https://doi.org/10.1111/btp.12424>
- Khorsand-Rosa, R., Barbosa, R., Koptur, S. (2014) Which factors explain reproductive output of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in forest and savanna habitats of northern Amazonia?. *International Journal of Plant Sciences*, 175 (3): 307-318.
- 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): 255-259.
- Khorsand-Rosa, R., Koptur, S. (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. doi:10.3732/ajb.1200446
- Krurup, H. (1984) *Organización de la variabilidad genética en poblaciones de plantas*. En: Anales. Simposio sobre recursos filogenéticos. Universidad Austral de Chile e IBPGR. Valdivia. Chile.
- Lilleskov, E., McCullough, K., Hergoualc'h, K., Del Castillo, D., Chimner, R., Murdiyarsa, D., et al. (2019) Is Indonesian peatland loss a cautionary tale for Peru? A two-country comparison of the magnitude and causes of tropical peatland degradation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24: 591-623. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9790-3>
- López, J., Freitas, D. (1990) Geographical aspects of forested wetlands in the lower Ucayali, Peruvian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 33/34: 157-168. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(90\)90190-M](https://doi.org/10.1016/0378-1127(90)90190-M)
- Mendes, F., Valente, R., Rego, M., Esposito, M. (2017) Reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae) in a coastal resting environment in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 77 (1): 29-37.
- Milanez, J., Neves, L., Silva, P., Bastos, V., Shahab, M., Colombo, R., Roberto, S. (2016) Pre-harvest studies of buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), a brazilian native fruit, for the characterization of ideal harvest point and ripening stages. *Scientia Horticultu-*

- rae, 202: 77-82. DOI: 10.1016/J.Scienta.2016.02.026
- Nuñez, L., Carreño, J. (2013) *Biología reproductiva de Mauritia flexuosa en Casanare, Orinoquia colombiana*. Capítulo 9: 121-152. En: Lasso, C., Rial A., González-Boscán. V (Editores). 2013. VII. Morichales y canangunchales 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.
- Paridis, E. (2003) R para principiantes. Institute des Sciences de l'evolution. Universit Montpellier II. Traducido por Jorge A. Ahumada. 60 p. https://cran.r-project.org/doc/contrib/rdebut_es.pdf
- Peres, C. (1994) Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in a Amazonian terra firme forest. *Biotropica*, 26 (3): 285-294. DOI: 10.2307/2388849
- Ponce, M. (2002) Patrón de caída de frutos en *Mauritia flexuosa* L. f. y fauna involucrada en los procesos de remoción de semillas. *Acta Botánica de Venezuela*, 25: 119-142.
- Rainforest Alliance. (2015) *Evaluación participativa de la fenología de las palmeras aguaje (Mauritia flexuosa) y ungurahui (Oenocarpus bataua) en la comunidad nativa Tres Islas, Madre de Dios*. Autores: Juan Díaz Gonzales, Consultor Rainforest Alliance, Manuel Paredes, Consultor Rainforest Alliance, Javier Martinez, Rainforest. Lima-Perú. 36.
- 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-Chávez, J., García-Soria, D., Pinedo-Ramírez, R., Casas-Reátegui, R., López-Galán, E., Abanto-Rodríguez, C. (2021). Efecto de los factores climáticos en las fases fenológicas de *Mauritia flexuosa* Lf. 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>
- Rojas, R., Da Cruz Alencar, J. (2004) Comportamiento fenológico da palmeira pataua (Oenocarpus bataua) na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 34 (4): 553-558. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000400007>
- Schulz, C., Martín, M., Núñez, C., Del Aguila, M., Laurie, N., Lawson, I., Roucoux, K. (2019) Peatland and wetland ecosystems in Peruvian Amazonia: indigenous classifications and perspectives. *Ecology and Society* 24 (2): 12. <https://www.ecologyandsociety.org/vol24/iss2/art12/>
- 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: 10.1007/s12231-008-9017-8
- Speranza, P., Leaoa, K., Narcizo, T., Reisa, L., Rodriguez, A., Macedo, J., Ribeiro, A., Macedo, G. (2018) Improving the chemical properties of Buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) by enzymatic interesterification. *Grasas y aceites*, 69 (4): 1-8. <https://doi.org/10.5751/ES-10886-240212>
- Storti, E. (1993) Biología floral de *Mauritia flexuosa* L. f. na regio de Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazonica*, 23 (4): 371-381. <https://doi.org/10.1590/1809-43921993234381>
- Seres, A., Ramirez, N. (1993) Floración y fructificación de monocotiledóneas en un bosque nublado Venezolano. *Rev. Biol. Trop.*, 41: 27-36.
- Toro-Vanegas E. (2014) *Fenología y producción de frutos de Mauritia flexuosa L.f. en canangunchales del sur de la Amazonía Colombiana*. (Tesis posgrado) Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín. Facultad de ciencias agropecuarias Departamento de ciencias forestales, Posgrado en bosques y conservación ambiental.
- Trujillo, J., Torres, M., Santana, E. (2011) La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* L.f.) un ecosistema estratégico. *Ori-*

- noquia*, 15 (1): 62-70. <https://doi.org/10.22579/20112629.43>
- Urrego, L. (2018) Cananguchales y manglares: humedales forestales de las zonas bajas tropicales, tan semejantes como contrastantes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 42 (162): 80-95. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.553>
- Urrego, L., Galeano, A., Peñuela, C., Sánchez, M., Toro, E. (2016) Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecol.*, 217: 1207-1218. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0575-z>
- Urrego, L. (1987) Estudio preliminar de la fenología de la canangucha (*Mauritia flexuosa* L.F.). *Colombia Amazónica*, 2 (2): 57-81.
- van der Hoek, Y., Solas, S., Peñuela, M. (2019). The palm *Mauritia flexuosa*, a keystone plant resource on multiple fronts. *Biodiversity and Conservation*, 28 (3): 539-551.
- 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.
- Vasquez, J., Delgado, C., Couturier, G., Freitas, L. (2008) Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. *Fruits*, 63: 227-238.
- Velez, G. (1992) Estudio fenológico de diecinueve frutales silvestres utilizados por las comunidades indígenas de la región de Araucara, Amazonia Colombiana. *Colombia Amazónica*, 6 (1): 135-186.
- Virapongse, A., Endres, B., Gilmore, M., Horn, C., Romulo, Ch. (2017) Ecology, livelihoods, and management of the *Mauritia flexuosa* palm in south America. *Global ecology and conservation*, 10: 70-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2016.12.005>

Conflicto de interés

Los autores de la presente investigación y publicación, declaramos que no incurrimos en conflictos de intereses.