

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Morfometría de racimos, frutos y semillas de la Attalea moorei
“shapaja” en tres localidades de la cuenca del Huallaga Central, San
Martín, Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Diego Alonso Sinti Pinedo

Asesor:

Ing. Juana Elizabeth Vásquez Vásquez

Tarapoto, setiembre 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Juana Elizabeth Vásquez Vásquez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Morfometría de racimos, frutos y semillas de la Attalea moorei “shapaja” en tres localidades de la cuenca del Huallaga Central, San Martín, Perú”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Diego Alonso Sinti Pinedo para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 09 días del mes de setiembre del año 2022.



Juana Elizabeth Vásquez Vásquez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a...12... día(s) del mes de... agosto... del año 2022... siendo las... 09:30... horas,
se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la)
presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la)
secretario(a): Mtro. Gelnor Archenti Curitima y los demás miembros:
Ing. Ericka Nayda Perales Domínguez

...y el (la) asesor(a) Ing. Juana Elizabeth Vásquez Vásquez
...con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis
titulado: "Morfometría de frutos de Attalea moorei (Shapaja) en los tipos de bosques del Huallaga Central en tres localidades
de la Región San Martín- 2021"

del(los) bachiller(es): a) Diego Alonso Sinti Pinedo
b)
c)
...conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo
determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las
preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un
receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Diego Alonso Sinti Pinedo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final
y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

RESUMEN

Introducción: El género *Attalea* se distribuye desde las dunas costeras hasta los bosques tropicales subandinos, desarrollándose en diferentes tipos de hábitats. Sin embargo, este género no cuenta con suficientes estudios morfométricos que permitan caracterizar sus especies y poblaciones, sobre todo de las especies que se dan en la Amazonía Occidental. **Objetivo:** Evaluar la morfometría de racimos, frutos y semillas de *Attalea moorei*, describir las estructuras reproductivas para la identificación de la especie y determinar la variabilidad entre poblaciones para la selección de individuos para su aprovechamiento. **Métodos:** Se evaluaron 31 caracteres morfométricos que fueron comparados mediante las pruebas de ANOVA y Kruskal-Wallis, se correlacionaron a través del análisis de Spearman y se proyectaron gráficamente con el uso del Análisis de Componentes Principales (PCA) para observar el comportamiento de los datos y la variabilidad en las poblaciones de los bosques estacionalmente secos de la cuenca central del río Huallaga. **Resultados:** Se encontró que 22 caracteres presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Las mayores correlaciones para los racimos se dieron entre el número total de raquillas y el número de frutos (0.94), y para los frutos, la longitud del raquis y el peso del racimo (0.86). El PCA de frutos y semillas muestra a Limoncillo como la población menos variable y la más diferenciada, mientras que Pucacaca fue la de mayor variabilidad y la de valores medidos más altos. **Conclusiones:** La información demuestra la variabilidad entre las poblaciones de shapaja y ayudan a reconocer las estructuras reproductivas para su identificación taxonómica, además de obtener información que pueda ser aplicada en planes de aprovechamiento sostenible de frutos y semillas para la obtención de aceites.

Palabras clave: shapaja; caracterización; variabilidad; bosque estacionalmente seco; Amazonia Occidental.

ABSTRACT

Introduction: The genus *Attalea* is distributed from coastal dunes to sub-Andean tropical forests, developing in different types of habitats. However, this genus does not have enough morphometric studies to characterize its species and populations, especially the species that occur in the Western Amazon. **Objective:** To evaluate the morphometry of *Attalea moorei* bunches, fruits and seeds, describe the reproductive structures for the identification of the species and determine the variability between populations for the selection of individuals for use. **Methods:** 31 morphometric characters were evaluated and compared using ANOVA and Kruskal-Wallis tests, correlated through Spearman's analysis and graphically projected using Principal Component Analysis (PCA) to observe the behavior of the data. and the variability in the populations of the seasonally dry forests of the central basin of the Huallaga River. **Results:** It was found that 22 characters presented significant differences ($P < 0.05$). The highest correlations for the bunches were between the total number of rachises and the number of fruits (0.94), and for the fruits, the length of the rachis and the weight of the bunch (0.86). The PCA of fruits and seeds shows Limoncillo as the least variable and the most differentiated population, while Pucacaca was the one with the greatest variability and the highest measured values. **Conclusions:** The information demonstrates the variability between the shapaja populations and helps to recognize the reproductive structures for their taxonomic identification, in addition to obtaining information that can be applied in plans for the sustainable use of fruits and seeds to obtain oils.

Keywords: shapaja; characterization; variability; seasonally dry forest; Western Amazon.

Arecaceae es una familia comprendida por alrededor de 2 600 especies repartidas en unos 185 géneros que están distribuidos en regiones cálidas y están bien adaptados al bosque tropical húmedo, donde se desarrollan más del 90 % de ellos. Algunas de sus especies llegan hasta las regiones subtropicales (Bremer, 2000; Barfod et al., 2011; Couvreur et al., 2011), y otras que se han adaptado a ecosistemas con algún nivel de aridez (Mejía et al., 2014).

En Sudamérica existen 130 especies que crecen en ambientes caracterizados por un estrés hídrico temporal o permanente, demostrando su nivel de adaptación en relación al limitado recurso hídrico. En el Perú, el Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) del Huallaga Central y de los valles interandinos propician el desarrollo de especies de palmeras endémicas y de amplia distribución en este tipo de ecosistema (Mejía et al., 2014), los cuales presentan un potencial beneficio para las comunidades locales que aprovechan sus frutos, tallos, hojas y raíces (Flores-Castillo et al., 2020).

La subtribu Attaleinae es un grupo de palmas muy semejantes respecto a sus características vegetativas y considerablemente polimorfa en sus estructuras reproductivas (Higuti et al., 1994). Entre los ocho grupos de esta subtribu, el género *Attalea* es uno de los más notables en el Neotrópico y se distribuye desde dunas de arena costera, bosques premontanos y montanos (Pintaud et al., 2008), bosques tropicales secos tipo sabana, matorrales costeros tropicales, bosques tropicales muy húmedos (Mejía et al., 2014), en vegetación secundaria y estacionalmente inundada, pantanos y otras ecorregiones (Miranda et al., 2003; Miranda & Rabelo, 2008; Moraes & Zenteno-Ruiz, 2017).

La mayoría de los problemas del género *Attalea* se debe a que están circunscritos a Complejos particulares que han sufrido una inclusión o una división excesiva, lo que ha complicado su delimitación debido a que existen especies de los anteriores géneros de *Attalea*, *Maximiliana*, *Orbignya* y *Scheelea* que son idénticos vegetativamente (Pintaud, 2008). Este género cuenta con 56 especies incluidas en las palmeras de América del sur, donde 13 de las 16 especies distribuidas en la Amazonía Occidental están reportadas para el Perú (Pintaud, 2008; Rodríguez et al., 2018). A pesar del progreso constante del estudio taxonómico de los últimos años, sigue siendo un grupo que no es entendido totalmente (Henderson, 1995; Pintaud, 2008), como el caso de *A. moorei* que es incluida como sinónimo de *A. phalerata* (Henderson, 1995; Henderson et al., 1995) y posteriormente como sinónimo de *A. cephalotus* (Henderson, 2020).

Estas palmeras presentan una identificación muy complicada debido a la sobreposición de sus caracteres, a la escasez de colecciones de herbario, ya que las hojas, inflorescencias e infrutescencias presentan gran tamaño, y también una fenología muy estacional, funcional y dioica que no permite la recolección de material botánico completo (Pintaud, 2008; Pintaud et al., 2008; Pintaud et al., 2016). La comprensión sobre el aspecto morfológico de sus órganos reproductivos es escasa, habiendo la necesidad de generar conocimientos sobre los patrones biométricos y morfología de estas estructuras reproductivas (da Silva et al., 2017).

Los estudios de morfometría sobre frutos y semillas constituyen una herramienta sustancial para la separación de especies de un mismo género que se dan en diferentes localidades y el reconocimiento de las variedades de una misma especie (Felippi et al., 2012). Además, permite corroborar los rasgos fenotípicos determinados por los factores ambientales (Botezelli et al., 2000), que dan lugar a estudios de variabilidad genética de poblaciones y permiten establecer planes de conservación y explotación de recursos con alto valor económico (Sanjinez-Argandoña & Chuba, 2011).

A. moorei es conocida vulgarmente como “shapaja” en Perú. Se encuentra en áreas perturbadas y densos rodales naturales conocidos como “shapajales” (Ferreira, 2005; Sotero et al., 2010). Las poblaciones locales utilizan el tronco y sus hojas para la construcción y fines decorativos en eventos festivos, y sus frutos sirven para la alimentación (Balslev, 2008). Sus semillas son empleadas con fines

medicinales, cosméticos y como biocombustible por su alto contenido de aceites (Balslev, 2008; Miranda, 2014).

En esta investigación se pretendió evaluar la morfometría de racimos, frutos y semillas de *A. moorei* que se dan en los bosques estacionalmente secos de la cuenca central del río Huallaga, en la región San Martín (Perú), describir las estructuras reproductivas que ayuden a la identificación de la especie, y determinar la variabilidad interpoblacional para la selección de individuos para el aprovechamiento sostenible o aplicación a planes de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La recolección de las muestras se realizaron en Limoncillo, distrito de Lamas ($6^{\circ}24'3.3''$ S - $76^{\circ}32'33.8''$ W, 684 m s.n.m.), en la Asociación de Bosques para el Futuro Ojos de Agua - ABOFOA, distrito de Pucacaca ($6^{\circ}50'38.9''$ S - $76^{\circ}27'51.39''$ W, 401 m s.n.m.), y en el predio Don Pedrito, distrito de San Pedro de Cumbaza ($6^{\circ}25'25.83''$ S - $76^{\circ}24'0.44''$ W, 444 m s.n.m.), pertenecientes a la región San Martín. Las poblaciones evaluadas se encuentran situadas en la zona ecológica de la cuenca central del río Huallaga, donde las palmeras están pasando por un proceso de cambio de nicho climático y se están adaptando del bosque tropical húmedo al bosque tropical estacionalmente seco, que se caracteriza por estaciones secas muy marcadas (de 4 a 9 meses) y precipitaciones anuales de 300-1 500 mm (Mejía et al., 2014) (Fig. 1).

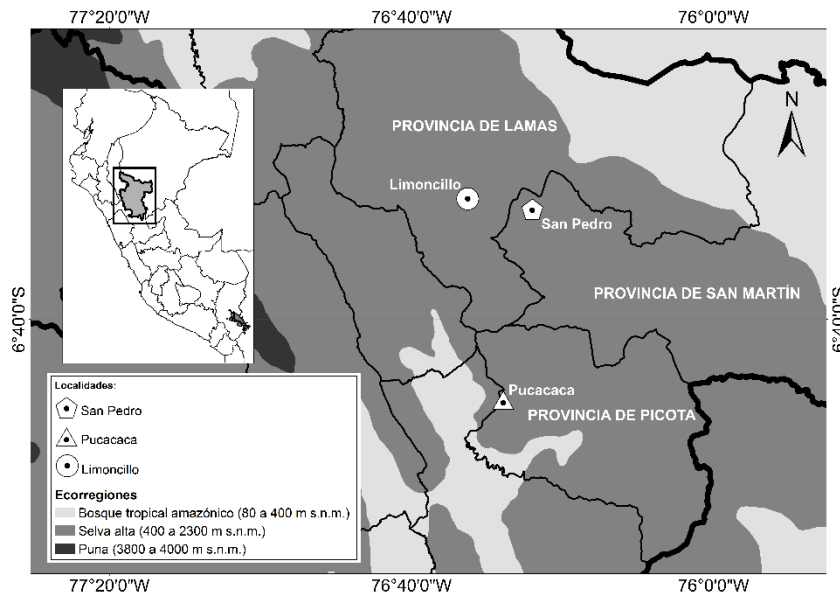


Fig. 1. Localidades de recolección de muestras de *A. moorei*.

Fig. 1. Sampling locations of *A. moorei*.

Recolección y evaluación morfométrica: En cada localidad se recolectaron tres muestras de hojas para ser herborizadas (AmLi 01-03, AmPu 01-03 y AbSP 01-03). La recolección de las infrutescencias se hizo de manera aleatoria por conveniencia, considerando una distancia de 10 metros entre individuos. Se recolectaron cinco racimos por localidad (15 en total) y un racimo por palmera. De cada infrutescencia, se escogieron aleatoriamente 20 frutos de la parte basal, medial y apical, que no presentaban daños o una maduración muy avanzada.

Para la evaluación morfométrica se seleccionaron 31 caracteres de la guía elaborada para el género *Attalea* de Pintaud (2013), relacionadas a las estructuras del racimo, fruto y semilla (Tabla 1). Para efectuar las mediciones se emplearon una cinta métrica y un vernier digital, y para el peso se empleó una balanza romana y una balanza electrónica.

Análisis de datos: Se aplicó una estadística descriptiva a los caracteres evaluados para obtener la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los 31 caracteres morfométricos fueron sometidos a pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (racimos: $n = 15$) (Alcudia-Aguilar et al., 2016), y Kolmogorov-Smirnov (frutos: $n = 300$) (Araújo & Lopes, 2012). La homogeneidad de varianza fue analizada mediante la prueba de Levene (da Cunha et al., 2020). Para comparar la variabilidad de los caracteres entre las poblaciones se empleó el test de ANOVA (Pérez-Vásquez et al., 2015), para datos con distribución normal. En caso contrario de no haber tenido distribución normal, se empleó el test de Kruskal-Wallis (Costa et al., 2009). En los análisis se utilizó un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$). Posteriormente, se comprobó el resultado de las significancias mediante los análisis *post hoc* (Zamudio et al., 2021). La relación entre los caracteres fue determinado a través del análisis de correlación de Spearman (Jiménez-Morera & García, 2020). Finalmente se empleó el análisis de componentes principales (PCA) para la visualización gráfica de la variabilidad entre las poblaciones y observar el comportamiento de los caracteres y los datos evaluados (Aspajo et al., 2008). Los análisis estadísticos fueron realizados a través del software libre R 4.2.0.

TABLA 1

Caracteres seleccionados para evaluar la morfometría de los racimos, frutos y semillas de *A. moorei* (basado en la guía de Pintaud, 2013)

TABLE 1

Characters selected to evaluate the morphometry of the racimes, fruits and seeds of *A. moorei* (based on the guide of Pintaud, 2013)

Nº	Órgano	Caracter	Código
1	Bráctea peduncular	Longitud sin la punta apical (cm)	LBSP
2		Perímetro externo en el punto más ancho (cm)	PEPAB
3		Ancho máximo de apertura (cm)	AMAB
4		Espesor (cm)	EB
5		Longitud de la punta (cm)	LPAB

6		Diámetro basal de la punta (cm)	DBPB
7	Pedúnculo	Longitud (cm)	LP
8		Longitud incluyendo las raquillas abortadas (cm)	LRIRA
9	Raquis	Longitud de la parte apical estéril (cm)	LPAER
10		Ancho basal (cm)	ABR
11		Altura basal (cm)	AltBR
12		Ancho medial (cm)	AMR

TABLA 1 (Continuación) / TABLE 1 (Continued)

Nº	Órgano	Caracter	Código
13	Raquillas	Número total (n)	NTR
14		Distancia entre raquillas (cm)	DER
15	Racimo	Pesto total (kg)	PR
16		Número de frutos (n)	NF
17	Perianto	Longitud del sépalo (mm)	LSep
18		Ancho máximo del sépalo (mm)	AMSep
19		Longitud del pétalo (mm)	LPet
20		Ancho máximo del pétalo (mm)	AMPet
21	Punta del fruto	Diámetro basal (mm)	DBPAF
22	Exocarpo	Espesor (mm)	EEx
23	Mesocarpo	Espesor (mm)	EMe
24	Endocarpo	Longitud (cm)	LEn
25		Diámetro (cm)	DEn
26		Espesor de las fibras (mm)	EFEEn
27		Distancia entre semillas (mm)	DESem
28	Semilla	Número de semillas por fruto (n)	NSem
29		Peso medio (g)	PMSem
30		Longitud (cm)	LSem
31		Diámetro medial (mm)	DSem

RESULTADOS

Variabilidad morfométrica de las poblaciones: La Tabla 2 muestra los valores de la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los caracteres evaluados en los 15 racimos de *A. moorei*. La comparación de medias entre localidades demostró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el perímetro externo del punto más ancho de la bráctea, espesor de la bráctea, longitud de la punta apical de la bráctea, longitud del pedúnculo, longitud de la parte apical estéril del raquis, altura basal del raquis,

número total de raquillas, peso de racimo y número de frutos. De acuerdo a los análisis *post hoc*, no se encontraron errores de ningún tipo.

La Tabla 3 muestra los valores de la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los caracteres evaluados en los 300 frutos y semillas de *A. moorei*. La comparación de medias demostró que todos los caracteres presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), a excepción de número de semillas y peso medio de las semillas. Los análisis de *post hoc* no demostraron errores de ningún tipo.

El análisis de Spearman para los racimos demostró que la mayoría de caracteres no presentan correlación significativa ($P < 0.05$). Las correlaciones directas más altas se dieron entre número de frutos y número total de raquillas ($\rho = 0.94$), y longitud del raquis incluyendo las raquillas abortadas y peso del racimo ($\rho = 0.86$). En tanto, las correlaciones inversas más altas se dieron entre longitud del pedúnculo y altura basal del raquis ($\rho = -0.81$), y perímetro externo en el punto más ancho de la bráctea y número total de raquillas ($\rho = -0.71$) (Fig. 2).

Por su parte, el análisis de Spearman para los frutos y semillas demostró que existen correlaciones significativas ($p < 0.05$), pero en este caso la mayoría de correlaciones son inversas. Las correlaciones directas más altas se dieron entre el espesor del exocarpo y espesor del mesocarpo

TABLA 2

Datos comparativos de los caracteres morfométricos evaluados para 15 racimos de *A. moorei*

TABLE 2

Comparative data of the morphometric characters evaluated for 15 racimes of *A. moorei*

Caracter	Limoncillo		Pucacaca		San Pedro		Comparación de medias
	$\bar{x} \pm DS$	CV (%)	$\bar{x} \pm DS$	CV (%)	$\bar{x} \pm DS$	CV (%)	
LBSP	153.0 $\pm$ 15.15	9.90	130.6 $\pm$ 28.26	21.64	142.4 $\pm$ 10.33	7.26	0.187
PEPAB	32.4 $\pm$ 1.14	3.52	39.4 $\pm$ 4.16	10.56	33.6 $\pm$ 1.82	5.41	0.003**
AMAB	30.8 $\pm$ 2.77	9.00	26.2 $\pm$ 3.77	14.38	28.8 $\pm$ 2.17	7.53	0.087
EB	2.46 $\pm$ 0.15	5.91	2.27 $\pm$ 0.11	4.93	2.24 $\pm$ 0.14	6.14	0.041*
LPAB	37.6 $\pm$ 1.52	4.03	29.8 $\pm$ 6.30	21.14	31.2 $\pm$ 2.95	9.45	0.020*
DBPB	2.44 $\pm$ 0.39	16.03	2.12 $\pm$ 0.46	21.72	3.68 $\pm$ 1.42	38.69	0.128
LP	50.8 $\pm$ 1.64	3.23	72.4 $\pm$ 25.21	34.81	95.4 $\pm$ 5.64	5.91	0.002**
LRIRA	68.4 $\pm$ 12.42	18.16	62.4 $\pm$ 13.54	21.70	52.2 $\pm$ 3.49	6.69	0.077
LPAER	1.59 $\pm$ 0.17	10.62	1.28 $\pm$ 0.08	6.54	1.29 $\pm$ 0.08	6.51	0.002**
ABR	3.24 $\pm$ 0.24	7.39	4.87 $\pm$ 0.08	2.76	3 $\pm$ 0.26	8.07	0.332
AltBR	4.72 $\pm$ 0.30	6.33	3.57 $\pm$ 0.17	4.67	3.11 $\pm$ 0.14	4.54	1.637e ^{-07***}
AMR	3.06 $\pm$ 0.19	6.32	2.96 $\pm$ 0.43	14.58	2.84 $\pm$ 0.17	5.89	0.185
NTR	365 $\pm$ 17.73	4.86	247.6 $\pm$ 43.45	17.55	301.2 $\pm$ 21.04	6.99	0.004**
DER	7.48 $\pm$ 2.18	29.12	6.13 $\pm$ 0.24	4.00	6.37 $\pm$ 1.10	17.21	0.309
PR	39.8 $\pm$ 6.34	15.93	35.0 $\pm$ 3.39	9.69	30.4 $\pm$ 4.77	15.71	0.036*
NF	372.8 $\pm$ 15.25	4.09	256.8 $\pm$ 45.05	17.54	312.6 $\pm$ 25.28	8.09	0.0003***

(*) = $P < 0.05$; (**) = $P < 0.01$; (***) = $P < 0.001$.

Datos comparativos de los caracteres morfométricos evaluados de 300 frutos y semillas de *A. moorei*

Comparative data of the morphometric characters evaluated from 300 fruits and seeds of *A. moorei*

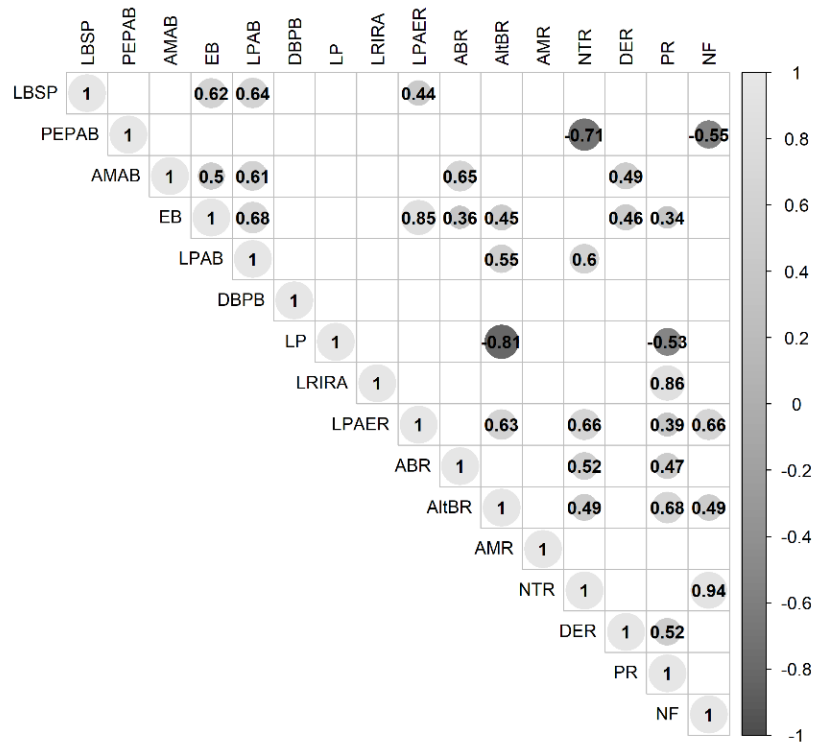
$$(***) = P < 0.0001$$


Fig. 2. Correlación de Spearman de 16 caracteres de racimos de *A. moorei*.

Fig. 2. Spearman's correlation graph of 16 characters of racimes of *A. moorei*.

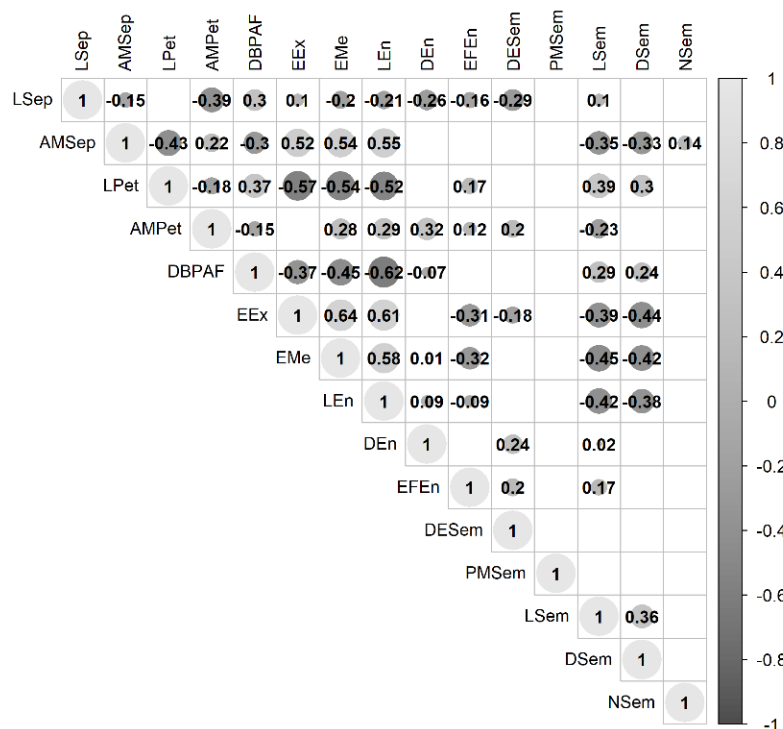


Fig. 3. Correlación de Spearman de 15 caracteres de frutos y semillas de *A. moorei*.

Fig. 3. Spearman's correlation graph of 15 characters of fruits and seeds of *A. moorei*.

($\rho = 0.64$), y longitud del endocarpo y espesor del mesocarpo ($\rho = 0.61$). Mientras que las correlaciones inversas más altas se dieron entre diámetro basal de la punta apical del fruto y longitud del endocarpo ($\rho = -0.62$), y longitud del pétalo y espesor del exocarpo ($\rho = -0.57$) (Fig. 3).

El PCA de los racimos resumió el 56.79 % de toda la variación encontrada para estos datos, teniendo una varianza acumulada relativamente baja (Tabla 4). El comportamiento de los caracteres conforme a la proyección de las flechas, indicaron que AMR, AltBR, LRIRA, LPAER, LBSP, EB, LPAB, PR, NTR, NF y DER están relacionadas con Limoncillo y demostraron que es la población con mayor variabilidad y la que presenta los datos con valores más altos. Mientras que PEPAB, LP y DBPB presentaron valores más altos para San Pedro y Pucacaca, al observar los cuadrados y los triángulos más relacionados con estas, siendo esta última la población con menor variabilidad (Fig. 4). Los caracteres EB, LPAER, AltBR, NTR y NF presentaron mayor correlación con el componente 1 (valor > 0.7) (Tabla 4). En el caso de DBPB es la única que presentó mayor correlación con el componente 2 (valor > 0.7) (Tabla 4).

TABLA 4

Varianza y dos primeros componentes para establecer los vectores de caracteres morfométricos de los racimos. Los valores en negrita indican una fuerte correlación con cada componente (valor > 0.7)

TABLE 4

Variance and first two components to establish the vectors of morphometric characters of racimes. Bold values indicate strong correlation with each component (value > 0.7)

Caracteres	PC1	corr. 1	PC2	corr. 2
LBSP	-0.214	-0.556	0.106	0.162
PEPAB	0.194	0.504	0.039	0.060
AMAB	-0.237	-0.616	-0.331	-0.506
EB	-0.321	-0.835	0.080	0.122
LPAB	-0.287	-0.745	0.016	0.024
DBPB	-0.004	-0.010	-0.568	-0.868
LP	0.204	0.529	-0.200	-0.306
LRIRA	-0.228	-0.592	0.221	0.338
LPAER	-0.320	-0.831	0.120	0.184
ABR	-0.236	-0.614	-0.392	-0.600
AltBR	-0.300	-0.778	0.215	0.329
AMR	-0.113	-0.294	0.438	0.669
NTR	-0.308	-0.799	-0.108	-0.166
DER	-0.254	-0.660	-0.154	-0.236
PR	-0.263	-0.684	-0.015	-0.023
NF	-0.304	-0.789	-0.130	-0.198
% de variación	42.19 %		14.60 %	
% acumulado	42.19 %		56.79 %	

El PCA de los caracteres de frutos y semillas resumió el 43.55 % de toda la variación encontrada para estos datos, teniendo una varianza acumulada baja (Tabla 5). Se observa por el comportamiento de los caracteres según la dirección de las flechas, que la mayoría están relacionadas a Pucacaca, siendo la población que presenta mayor variabilidad y los valores evaluados más altos, debido a la relación de los

triángulos con EEx, AMSep, EMe, LEn, AMPet, DEn, DESem, EFEn, PMSem y NSem. Mientras que Limoncillo es la población con menor variabilidad y presentan valores más altos para DBRAF, LSem, LPet y DSem, al estar sus puntos más relacionados con este cluster. Los caracteres EB, LPAER, AltBR, NTR y NF son las que presentaron mayor correlación con el componente 1 (valor > 0.7) (Tabla 5). En el caso de la componente 2, ninguna variable presentó correlación con esta (valor < 0.7) (Tabla 5).

TABLA 5

Varianza y dos primeros componentes para establecer los vectores de caracteres morfométricos de frutos y semillas. Los valores en negrita indican una fuerte correlación con cada componente (valor > 0.7)

TABLE 5

Variance and first two components to establish the vectors of morphometric characters of fruits and seeds. Bold values indicate strong correlation with each component (value > 0.7)

Caracteres	PC1	corr. 1	PC2	corr. 2
LSep	-0.231	-0.472	0.453	0.695
AMSep	0.313	0.641	0.100	0.153
LPet	-0.282	-0.576	-0.236	-0.361
AMPet	0.299	0.611	-0.324	-0.497
DBPAF	-0.332	-0.679	0.054	0.083
EEx	0.296	0.605	0.339	0.520
Eme	0.396	0.809	0.121	0.185
Len	0.409	0.837	-0.078	-0.119
Den	0.193	0.396	-0.376	-0.577
EFEn	-0.036	-0.073	-0.314	-0.482
DESem	-0.027	0.056	-0.425	-0.651
PMSem	-0.255	-0.522	-0.106	0.031
LSem	-0.226	-0.463	-0.230	-0.163
DSem	-0.040	0.082	0.006	-0.352
NSem	-0.026	-0.053	0.020	0.009
% de variación	27.88 %		15.67 %	
% acumulado	27.88 %		43.55 %	

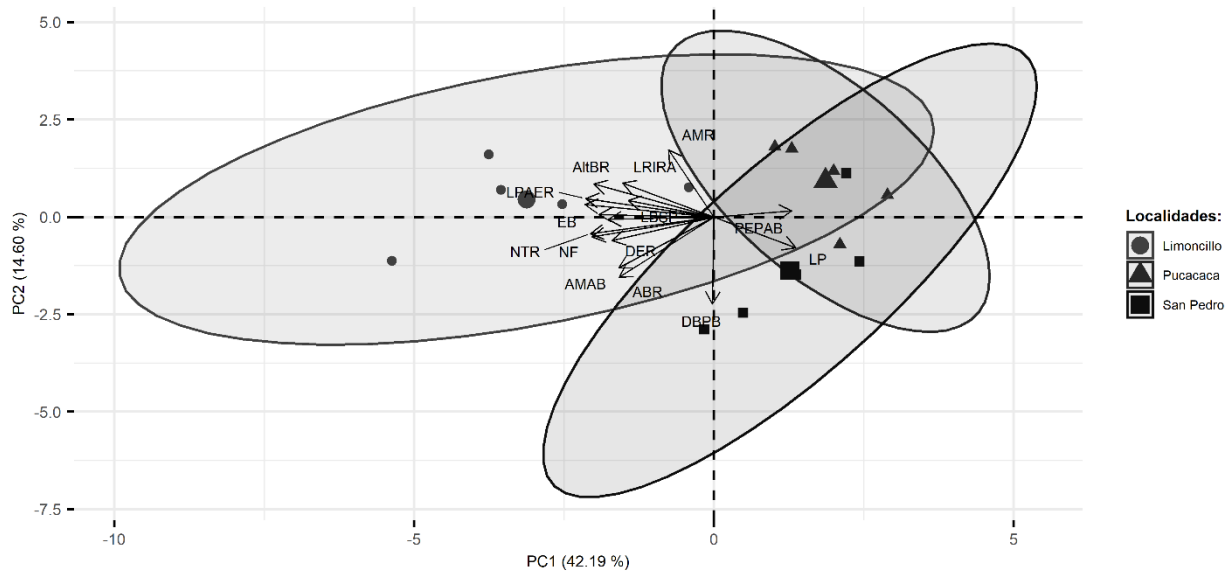


Fig. 4. Análisis de componentes principales, variación de los datos y comportamiento de los caracteres morfométricos de los racimos de *A. moorei*.

Fig. 4. Principal component analysis, data variation and behavior of morphometric parameters of the racimes of *A. moorei*.

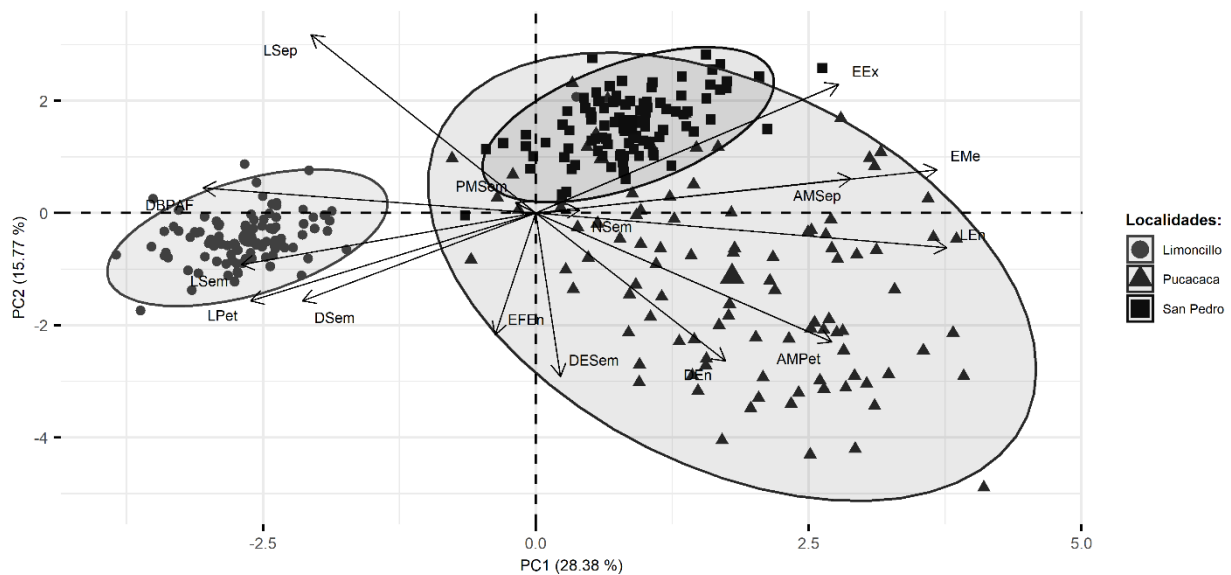


Fig. 5. Análisis de componentes principales y comportamiento de los parámetros morfométricos de frutos y semillas medidos en las tres localidades.

Fig. 5. Principal component analysis and behavior of morphometric parameters of fruits and seeds measured at the three localities.

DISCUSIÓN

Attalea es un género complicado que aún no es comprendido de manera completa. Sus especies forman un grupo natural que fueron divididas en seis géneros (*Attalea*, *Markleya*, *Maximiliana*, *Orbignya*, *Parascheelea* y *Scheelea*) que se diferencian por las flores estaminadas y que los demás caracteres de la planta, incluidos los frutos, no se correlacionan con la morfología de estas flores (Henderson & Balick, 1991). A pesar de la identificación del tipo de flor estaminada, los conflictos en los tratamientos y los conceptos de género, entorpecen la elección del nombre apropiado para una palmera en particular (Pintaud, 2008). En el presente estudio, las descripciones de los 31 caracteres morfométricos de racimos, frutos y semillas de *A. moorei* nos dan nociones sobre estas estructuras y nos permiten la diferenciación de esta especie.

En este estudio se pudo verificar que las infrutescencias de *A. moorei* presentan una bráctea peduncular grande, leñosa, surcada y gruesa, que se desarrollan entre las hojas, siendo de menor tamaño que estas, y que encierran a los racimos. Esto concuerda con las características de la bráctea peduncular descritas para el género *Attalea* según Galeano & Bernal (2010) y De Nevers (1897).

Los racimos *A. moorei* descritos en este estudio exhiben una longitud de 79–190 cm, una bráctea peduncular de 131–208 cm de longitud, espesor de la bráctea de 2.07–2.59 cm, número total de raquillas 225–387, números de frutos de 225–392 que están angulados y compactados entre sí. Los frutos presentan un espesor de exocarpo de 1.09–4.03 mm, espesor de mesocarpo de 1.23–4.56 mm, espesor de las fibras del endocarpo de 2.47–8.32 mm, que se agrupan alrededor del endospermo. Las semillas pesan 1.06–5.48 g, de 1.02–4.42 cm de longitud, 0.13–0.8 cm de diámetro, con 3–5 semillas por frutos. Estos caracteres son comparados con la descripción de otras especies consideradas en el complejo de *A. phalerata* (Pintaud, 2008), tales como *A. phalerata* (Glassman, 1999; Miranda et al., 2001, Galeano & Bernal, 2010) y *A. weberbaueri* (Glassman, 1999); con especies del complejo *A. macrolepis*, por presentar una combinación de caracteres entre los complejos *A. phalerata* y *A. butyracea* (Pintaud, 2008), considerando a especies como *A. bassleriana* (Glassman, 1999; Moraes, 2020; Rodríguez, 2020) y *A. huebneri* (Glassman, 1999; Macedo, 2015); y con la especie *A. cephalotus* (Glassman, 1999; Henderson, 2020) (Anexo 1).

La correlación de caracteres son un soporte para el reconocimiento de parámetros de interés botánico-agronómico que ayudan en la identificación de la variabilidad y la selección indirecta de frutos y semillas, para estudios de viabilidad económica y para el manejo sostenible de las especies vegetales (Kahn & de Granville, 1992; Moreira et al., 2016). Por eso en este estudio, la correlación de importancia que se obtuvo de los caracteres de los racimos se dio entre el número de frutos y número total de raquillas ($\rho = 0.94$), lo que nos permite saber que mientras mayor número de raquillas presente el racimo, habrá mayor número de frutos. Para el caso de las semillas, se considera como la correlación más importante a la relación entre la longitud de la semilla y el diámetro de la semilla ($\rho = 0.36$), ya que al conocer esto podemos escoger semillas con mayores dimensiones para temas de extracción de aceites y el aprovechamiento como recurso.

El PCA para los racimos demuestra que existe variabilidad entre las poblaciones, donde destaca Pucaca como la menos variable y Limoncillo como la de mayor variabilidad, presentando los caracteres con

valores evaluados más altos, donde se pudieran aprovechar a los caracteres de número de frutos y número total de raquillas. Mientras que el PCA para frutos y semillas, destaca a Limoncillo como la población más diferenciada y la de menor variabilidad, donde se pudieran aprovechar los caracteres de longitud y diámetro de semillas. En contraste, Pucaca es la población con valores evaluados más altos y la que presenta mayor variabilidad.

En síntesis, el presente estudio demuestra la variabilidad en la morfometría de los racimos, frutos y semillas de *A. moorei* entre poblaciones evaluadas en el bosque estacionalmente seco de la cuenca central del río Huallaga de la región San Martín de Perú. Los caracteres descritos para *A. moorei* nos permiten diferenciarlo de otras especies del género *Attalea*. Asimismo, la morfometría de la especie estudiada nos ofrece información sobre las características de las estructuras reproductivas que pueden ser incluidas en planes de manejo, conservación o mejoramiento genético para el aprovechamiento de los aceites de las semillas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Wildoro Huansi por permitir el ingreso y ejecución de la investigación en el predio ubicado en el distrito de San Pedro de Cumbaza. A Pablo Escudero y la Asociación Bosques del Futuro Ojos de Agua (ABOFOA) por permitir el acceso a la concesión localizada en el distrito de Pucacaca. A Wilmer Estela y Agroindustrias Horizonte Verde por el ingreso al fundo Limoncillo, distrito de Lamas. También agradecemos a Ani Cruz, Alejandra Romero, Jer Saavedra, Ricardo Zañartu, quienes ayudaron en la recolección del material biológico en las localidades de muestreo.

REFERENCIAS

- Alcudia-Aguilar, A., van der Wal, H., Suárez-Sánchez, J., Álvarez-Solis, D., & Tovilla-Hernández, C. (2016). Salinidad, composición botánica y crecimiento de especies frutales en huertos familiares de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 1–12. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.691>
- Araújo, F. R., & Lopes, M. A. (2012). Diversity of use and local knowledge of palms (Arecaceae) in eastern Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, 21(2), 487–501. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0195-9>
- Aspajo, F., Rodríguez, Á., Corazón-Guivin, M., Freitas, L., Del-Castillo, D., Castro, D., García, M., Renno, J.-F., & García-Dávila, C. (2008). Caracterización fenotípica de los frutos de *Mauritia flexuosa* L.F. (Arecaceae) “aguaje”, de nueve comunidades del Datem del Maraón - Región Loreto, Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 4(2), 75–82. <https://doi.org/10.24841/fa.v17i1-2.270>
- Balslev, H., Grandez, C., Paniagua Zambrana, N. Y., Møller, A. L., & Hansen, S. L. (2014). Palmas (Arecaceae) útiles en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 15(3), 121–132. <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i3.3343>
- Barfod, A. S., Hagen, M., & Borchsenius, F. (2011). Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). *Annals of Botany*, 108, 1503–1516. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr192>
- Botezelli, L., Davide, A. C., & Malavasi, M. M. (2000). Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). *CERNE*, 6(1), 9–18.
- Bremer, K. (2000). Early Cretaceous lineages of monocot flowering plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(9), 4707–4711. <https://doi.org/10.1073/pnas.080421597>
- Costa, J. R., Mitja, D., & Fontes, J. R. A. (2009). Bancos de sementes de plantas daninhas em cultivos de mandioca na Amazônia Central. *Planta Daninha*, 27(4), 665–671. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582009000400004>
- Couvreur, T. L. P., Forest, F., & Baker, W. J. (2011). Origin and global diversification patterns of tropical rain forests: inferences from a complete genus-level phylogeny of palms. *BMC Biology*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-9-44>
- da Cunha, I. R. G., Ribeiro, L. M., Mercadante-Simões, M. O., Pajehú, L. F., Lopes, P. S. N., & Pimenta, M. A. S. (2020). Ontogenesis and responses to shading of *Attalea vitrivir* (Arecaceae) eophyll. *Flora*, 272, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151693>
- da Silva, A. da C. D., Smiderle, O. J., & Oliveira, J. M. F. (2017). Biometria de pirênos e emergência de plântulas de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. *Colloquium Agrariae*, 13(3), 1–13. <https://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.n3.a169>
- De Nevers, G. C. (1987). The Genus *Attalea* (Palmae) in Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(3), 505–510. <https://doi.org/10.2307/2399318>

- Felippi, M., Maffra, C. R. B., Cantarelli, E. B., Araújo, M. M., & Longhi, S. J. (2012). Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. *Ciência Florestal*, 22(3), 477–491. <https://doi.org/10.5902/198050986616>
- Ferreira, E. L. (2005). *Manual das palmeiras do Acre, Brasil*. Instituto Nacional de Pesquisas. Universidade Federal do Acre.
- Flores-Castillo, G., Nieto-Ramos, C., & Garate-Quispe, J. (2020). Caracterización morfológica de *Euterpe precatoria* Mart. (huasaí) en dos tipos de bosque en el suroeste de la Amazonia peruana (Madre de Dios). *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 70–84.
- Galeano, G., & Bernal, R. (2010). Palmas de Colombia. Guía de Campo. In Universidad Nacional de Colombia (Ed.), 2010. Universidad Nacional de Colombia. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(08\)76425-X](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(08)76425-X)
- Glassman, S. F. (1999). A Taxonomic Treatment of the Palm Subtribe Attaleinae (Tribe Cocoseae) (Illinois Biological Monographs Committee (ed.)).
- Henderson, A. (1995). *The Palms of the Amazon (Illustrated)*. Oxford University Press.
- Henderson, A. (2020). A revision of *Attalea* (Arecaceae, Arecoideae, Cocoseae, Attaleinae). *Phytotaxa*, 444(1), 1–76. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.444.1.1>
- Henderson, A., & Balick, M. (1991). *Attalea crassispata*, a rare and endemic Haitian palm. *Brittonia*, 43(4), 189–194. <https://doi.org/10.2307/2807059>
- Henderson, A., Galeano, G., & Bernal, R. (1995). *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvczzzd>
- Higuti, K. O., Graziano, T. T., & Demattê, M. E. S. P. (1994). Morphological Characterization of Palms (Arecaceae) of *Attaleinae* Subtribe from the Collection of Experimental Nursery of FCAV-UNESP. *Acta Horticulturae* 360, 35–40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.360.4>
- Jiménez-Morera, I., & García, N. (2020). Phenology, biometrics and fruits production of *Attalea nucifera* (Arecaceae) in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 104–111. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.77701>
- Kahn, F., & de Granville, J.-J. (1992). Palms in Forest Ecosystems of Amazonia. In *Palms and Forest Management in Amazonia* (pp. 155–167).
- Macedo, N. L. (2015). *Caracterización morfológica y ecológica de dos poblaciones de Attalea huebneri, en la cuenca baja del río Ucayali, Loreto - Perú* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4978>
- Mejía, K., Pintaud, J.-C., Rodríguez, Á. M., Santa Cruz, L., Rojas-Fox, J., Jiménez, V., & Ramírez, R. (2014). Del bosque húmedo al bosque seco: adaptabilidad de las palmeras al cambio climático. In *El Perú frente al cambio climático: resultados de investigaciones franco-peruanas* (pp. 101–111).
- Miranda, I.P.de A., Guillaumet, J.L., Barbosa, E.M., Rodrigues, M.R.L., Silva, M.F.F. (2003). Ecossistemas Florestais em Áreas Manejadas na Amazônia. INPA/IRD/MPEG/Embrapa/ PPG7. Manaus, Amazonas, Brazil 305p.

- Miranda, I.P.de A., Rabelo, A. (2008). Guia de Identificação das Palmeiras de Porto Trombetas (Pará). MRN/EDUA/INPA, Manaus, Amazonas, Brazil. 365p.
- Miranda, I. P. de A., Rabelo, A., Bueno, C. R., Barbosa, E. M., & Ribeiro, M. N. S. (2001). *Frutos de palmeiras da Amazônia*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Miranda, I.P.de A. (2014). Recursos agroenergéticos a partir de palmeiras nativas para a agricultura familiar na Amazônia brasileira, 107-117. In: Finco, M.V.A & Bailis, R. Agroenergia e Stakeholders na Amazônia Legal Brasileira. Eds. 136p. PUBLIT. Rio de Janeiro, Brazil.
- Moraes R., M. (2020). Flora de palmeras de Bolivia. Segunda edición. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Plural editores.
- Moraes R., M., & Zenteno-Ruiz, F. S. (2017). El género *Attalea* (Arecaceae) de Bolivia: Afinidades con sistemas ecológicos regionales. *Revista Peruana de Biología*, 24(3), 273–282. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i3.13913>
- Moreira, W. K. O., Oliveira, S. S., Reis, J. dos S., Paraense, L. R. C., Guimarães, A. T., & da Silva, R. T. L. (2016). Análise de correlação em frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Global Science and Technology*, 9(3), 106–115.
- Pérez-Vásquez, N. del S., Arias-Ríos, J., & Quirós-Rodríguez, J. A. (2015). Variación espacio-temporal de plantas vasculares acuáticas en el complejo cenagoso del bajo Sinú, Córdoba, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 155–165. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.45380>
- Pintaud, J.-C. (2008). An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología*, 15(3), 55–63. <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i3.2968>
- Pintaud, J.-C. (2013). The *Attalea* Project. Lista de caracteres morfológicos para la caracterización taxonómica de especies de *Attalea* (Arecaceae).
- Pintaud, J.-C., Galeano, G., Balslev, H., Bernal, R., Borchsenius, F., Ferreira, E., De Granville, J. J., Mejía, K., Millán, B., Moraes, M., Noblick, L., Stauffer, F. W., & Kahn, F. (2008). Las palmeras de América del Sur: Diversidad, distribución e historia Evolutiva. *Revista Peruana de Biología*, 15(3), 5–28. <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i3.2662>
- Pintaud, J.-C., Rodríguez del Castillo, Á. M., Ferreira, E. J. L., Moraes R., M., & Mejía, K. (2016). Towards a Revision of *Attalea* in Western Amazonia. *Palms*, 60(2), 57–77.
- Rodríguez, E. H. C. (2020). *Caracterización morfológica y biométrica de racimos, frutos y semillas de Attalea bassleriana (Burret) Zona en la provincia de Alto Amazonas, Loreto, Perú* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7489>
- Rodríguez, Á. M., Mejía Carhuana, K., Rojas-Fox, J., Moraes Ramírez, M., Sánchez-Márquez, M., & Pintaud, J.-C. (2018). Diversidad de especies de *Attalea* (Arecaceae) en el Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Universidad Mayor de San Andrés. Institut de Recherche pour le Développement.

- Sanjinez-Argandoña, E. J., & Chuba, C. A. M. (2011). Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 1023–1028. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452011000300040>
- Sotero, V., Merino, C., Dávila, E., Mejía, K., Vela, J., & García, D. (2010). Caracterización de la fracción insaponificable y estabilidad del aceite de tres palmeras del género *Attalea*. *Folia Amazónica*, 19(1–2), 33–40. <https://doi.org/10.24841/fa.v19i1-2.341>
- Zamudio, F., Gatti, M. G., Hilgert, N. I., Álvarez, L. J., Mulieri, P., Aguilar, R., & Ashworth, L. (2021). Insects or Wind? New findings on the pollination system of *Euterpe edulis* (Arecaceae). *Arthropod-Plant Interactions*. <https://doi.org/10.1007/s11829-021-09836-2>

Anexo 1. Comparación de caracteres de racimos, frutos y semillas de *A. moorei* hacia otras especies del género *Attalea*.

Annex 1. Comparison of the characters of racimes, fruits and seeds of *A. moorei* with other species of the genus *Attalea*.

Caracter	<i>A. moorei</i>	<i>A. moorei</i> x Glassman (1999)	<i>A. phalerata</i> x Glassman (1999); Miranda (2001); Galeano & Bernal (2010)	<i>A. weberbaueri</i> x Glassman (1999)	<i>A. bassleriana</i> x Glassman (1999); Moraes (2020), Rodríguez (2020)	<i>A. huebneri</i> x Glassman (1999); Macedo (2015)	<i>A. cephalotus</i> x Glassman (1999); Henderson (2020)
LP + LRIRA	79–190 cm	~113 cm	~89 cm	~106 cm	~311 cm	~206 cm	45–100 cm
LP	31–104 cm	73 cm	~50 cm	26 cm	83.6–189 cm	120–150 cm	-
LRIRA	48–86 cm	33–40 cm	39 cm	80 cm	74.8–122 cm	52–56 cm	-
LBSP + LPAB	131–208 cm	-	~50 cm	-	163.20–234 cm	80–100 cm	125–164 cm
EB	2.07–2.59 cm	3 cm	0.7–1.1 cm	-	0.52–1.25 cm	2.5–4 cm	-
NTR	225–387	numerosas	numerosas	numerosas	84–159	179–256	numerosas
PR	23–47 kg	-	-	-	17.21–73.66 kg	-	-
Disposición de los frutos	angulados y compactados	compactados	-	-	no compactados	no compactados	alargados y angulados por presión mutua
NF	225–392	-	-	-	100–247	267–352	-
EEx	1.09–4.03 mm	1–2 mm	~2 mm	1–2 mm	1.96–7.20 mm	1–3.8 mm	1–2 mm
EMe	1.23–4.56 mm	2–4 mm	~2 mm	~0.5 mm	1.22–6.98 mm	1–7 mm	-
EFEn	2.47–8.32 mm	8–15 mm	4–6 mm	10–13 mm	-	-	-

Fibras del endocarpo	agrupadas alrededor del endospermo	agrupadas y dispuestas en círculos	dos grupos de fibras formando un círculo	blanquecinas agrupadas conspicuas	dispersas alrededor del endocarpo	agrupadas	paquetes de fibras desiguales (Glassman), paquetes regulares (Henderson)
NSem	3–5	3–5	2–4	1–2	1–3	1–6	1–4
PMSem	1.06–5.48	-	-	-	0.94–4.27 g	-	-
LSem	1.02–4.42 cm	4.5–6.0 cm	3.0–3.3 cm	-	2.26–4.88 cm	4.38–4.9 cm	-
DSem	0.13–0.8 cm	0.6–0.8 cm	0.8–1.0 cm	-	0.90–1.86 cm	0.7–1.15 cm	-