



UNSE

Universidad Nacional
de Santiago del Estero

**Caracterización morfológica, productiva y ambiental
de poblaciones naturales de *Acronomia acuelata*
(Locq.) Lodd. Ex Mart.) en el Departamento de Itapúa,
Extremos Sur de Paraguay**



Edilia Ramírez Haedo

TESIS DOCTORAL

Facultad de Ciencias Forestales

Santiago del Estero, Argentina
2019



Ramírez Haedo, Edilia

Caracterización morfológica, productiva y ambiental de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* -Locq. Lodd. Ex Mart.- en el Departamento de Itapúa, extremo Sur de Paraguay : Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero / Edilia Ramírez Haedo. - 1a ed. - Santiago del Estero : Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE. Facultad de Ciencias Forestales, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1676-98-9

1. Recursos Vegetales. 2. Genética de Población. 3. Morfología de Suelos. I. Título.
CDD 577.3098



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
Facultad de Ciencias Forestales



FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES
DIRECCIÓN DE POSGRADO



UNSE
Universidad Nacional
de Santiago del Estero

TERMINO DE APROBACION

TESIS DOCTORAL

En la ciudad de Santiago del Estero, a los 06 días del mes de diciembre de 2019, siendo las 09:00 horas, se reúne el Tribunal constituido por los profesores: Dra. Jacqueline Joseau (Universidad Nacional d Córdoba), Dra. Sandra Bravo (Universidad Nacional de Santiago del Estero), y Dr. Diego Meloni (Universidad Nacional de Santiago del Estero), para evaluar la Tesis Doctoral de la Ing. Edila Ramírez Haedo, convocada mediante Resolución CD FCF N°217/19.

La Tesis titulada: "Caracterización morfológica, productiva y ambiental de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* en el departamento de Itapuá, extremo sur de Paraguay", fue dirigida por el Dr. Anibal Verga y codirigida por la Dra. Raquel Negrelle.

Después de evaluar la Tesis e interrogar a la doctoranda, el Jurado deliberó por la APROBACION, con la calificación 7 (Siete).

Jurado de Tesis

Firma

Dra. Jacqueline Joseau

Firma

Dra. Sandra Bravo

Firma

Dr. Diego Meloni

Santiago del Estero, 06 de diciembre de 2019





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
Facultad de Ciencias Forestales



**Caracterización morfológica, productiva y ambiental de
poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* (Locq.)
Lodd. Ex Mart.) en el Departamento de Itapúa,
Extremo Sur de Paraguay**

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS FORESTALES

POR

Edilia Ramírez Haedo

Ingeniera Forestal - Universidad Nacional de Asunción - 1996

Director de tesis: **Dr. Aníbal Ramón Verga**

Codirector: **Dra. Raquel Regiane Bonatto Negrelle**

Santiago del Estero, Argentina.
Año 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Santiago del Estero y su vez al curso de posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, por permitirme realizar el curso de doctorado en Ciencias Forestales; mi gratitud.

Al Dr. Aníbal R. Verga, por dirigir este trabajo de tesis, a la vez de posibilitarme expresar a lo máximo mi capacidad de autogestión. Mi gratitud por siempre.

A la Dra. Raquel Regiane Bonatto Negrelle, por co-dirigir este trabajo; por sus observaciones oportuna y precisa que posibilitaron llegar a buen término el presente trabajo.

Al equipo estadístico de la Dra. Mónica G. Balzarini de la Universidad Nacional de Córdoba, y por extensión al Dr. Mariano Córdoba y la Dra. Andrea Peña por sus invaluable aporte en la evaluación estadística de esta tesis. Especial agradecimiento a la Dra. Mónica Balzarini por la sugerencia de presentación de los datos, su amabilidad y profesionalismo.

Al Dr. Orlando Noldin y al Ing. Agr. MSc. Amalio Mendoza, del Instituto Paraguayo de Tecnologías Agrícolas por su ayuda y sugerencias en la interpretación de resultados.

A la Unidad de Beca de Posgrado de la Itaipú Binacional, por el financiamiento completo del doctorado.

A la Lic. Viviana Figueroa, secretaria del Posgrado de la UNSE, por la inmensa paciencia y su buena predisposición de siempre en responder todas las consultas realizadas.

Al INFONA (Instituto Forestal Nacional) por darme el permiso correspondiente para la realización de este curso.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Hohenau y por ende a la Universidad Católica "Ntra. Sra. de la Asunción" por su apoyo para la cursada del doctorado.

A la Mg. Ing. Agr. Mónica Ramirez, por su invaluable respaldo para realizar el doctorado.

Al Ing. Agr. Pedro Acuña, por permitirme utilizar su finca de Artigas para realizar el muestreo para este trabajo.

Al Ing. Luis López, por su ayuda para conseguir parcelas de mbokaya en Yatyty, además de ayudar en el trabajo de campo.

Al Sr. Joaquín Funes, funcionario del INFONA, por su invaluable trabajo en el muestreo de las diferentes poblaciones de mbokaya en el Dpto. de Itapúa. Gratitud para él.

A la Ing. Agroambiental Johana Rodas por su ayuda en la toma de datos.

A mis compañeros de trabajo del INFONA por su apoyo: Ramón Alvarenga, Wilfrido Penayo.

Al Lic. Rodrigo Servían, del INFONA por su ayuda inestimable en el formateado del informe final.

A Perla Daria Benegas de la FUCAI por su apoyo en la provisión de la tabla Munzel.

A mis compañeras de trabajo de la FCA-UCI, Ing. Verónica Sosa y Lic. Lilian E. Benítez F, por el aliento de siempre.

A mis hijo/as: Fernando Javier, Kathia Esmeralda y Natalia Noemí, por la tolerancia de una madre de eterna viajera.

A mi papá Severiano Ramirez (†) y mi mamá Eulogia Haedo (†).

A mis hermanos: Cayo Ramón, Eduvigis, Lucilo, Perfecto (†), José del Carmen y Delia.

Os dedico.

INDICE GENERAL

Capítulo	Página
1.	1
2.	4
2.1 Descripción botánica de la especie	4
2.2 Taxonomía de la especie	5
2.3 Área de distribución	8
2.3.1 Distribución en Paraguay	9
2.4 Usos de la especie	11
3.	11
3.1 Localización	12
3.2 Taxonomía numérica	14
3.3 Caracterización morfológicas de poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i>	14
3.4 Ecotipo de <i>A. aculeata</i>	18
3.5 Caracterización ambiental	19
3.6 Caracterización productiva	19
3.6.1 Cosecha de frutos	19
3.6.2 Caracterización física de los frutos	20
3.7 Evaluaciones estadísticas	20
4.	23
4.1 Caracterización morfológica	22
<i>Hoja</i>	23
<i>Estipite</i>	25
<i>Infrutescencia</i>	25
<i>Fruto</i>	25
4.2. Correlación de caracteres morfológicos de hojas, estípite y frutos	28
4.3 Variabilidad de caracteres morfológicos	32
4.4 Ecotipo de <i>Acrocomia aculeata</i>	34
4.5 Caracterización ambiental	37
4.5.1 Características físicas del suelo	39
4.5.2 Características químicas del suelo	41
4.6 Caracterización productiva	43

4.6.1	Caracterización agronómica de los frutos	43
4.6.2	Caracterización física de los frutos	44
5.	47	
	Infrutescencia	46
	Especie o ecotipo de <i>Acrocomia</i>	47
	Caracterización ambiental	47
6.	50	
8.	51	
9.	58	

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Dimensiones de frutos de <i>A. aculeata</i> según diferentes autores	5
Tabla 2. Variables consideradas en la caracterización morfológica de las hojas, estípites y frutos de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2015	15
Tabla 3. Medidas de resumen de los caracteres morfológicos de hojas, estípites y frutos de poblaciones de <i>A. aculeata</i> , Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay	22
Tabla 4. Comparaciones de medias de caracteres morfológicos de <i>A. aculeata</i> del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2015	23
Tabla 5. Comparaciones de medias de variable continua de poblaciones de <i>A. aculeata</i> del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay	26
Tabla 6. Porcentaje de participación de los caracteres categorizados de las variables morfológicas de estípites y frutos de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay	27
Tabla 7. Correlación de Pearson entre los caracteres morfológicos de hoja, estípites, y los caracteres productivos en poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i> , Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2019.	31
Tabla 8. Componente de varianza dentro, entre y la relación entre/dentro de las poblaciones para los caracteres morfológicos y productivos de <i>A. aculeata</i>	33
Tabla 9. Estimación de valores esperados para los caracteres morfológicos y productivos en palmares de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay y comparación con reportes bibliográficos.	35
Tabla 10. Características de las áreas con poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay	37
Tabla 11. Taxonomía y características físicas de los suelos de las poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, basado en Soil Taxonomy (1994)	40

Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico del suelo en la capa de 0 - 20 cm de profundidad en área de distribución natural de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay	41
Tabla 13. Características productivas de las poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i> en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay	45

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Distribución de especies del género <i>Acrocomia</i> en el Brasil.	7
Figura 2. Las subespecies de <i>A. aculeata</i> . Fuente: Manfio <i>et al.</i> (2011)	7
Figura 3. Distribución de <i>A. aculeata</i> en el Paraguay (Fuente: Gauto, 2009)	10
Figura 4. Localización del área de estudio de poblaciones naturales de <i>A. aculeata</i> , Departamento de Itapúa - Paraguay	12
Figura 5. Localización de las poblaciones de <i>A. aculeata</i> analizadas en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2015	13
Figura 6. Población de <i>A. aculeata</i> asociados a pastura de <i>Cynodon dactylon</i> y <i>Brachiaria brizantha</i> en Artiga - Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay	14
Figura 7. Secciones de la pina de <i>A. aculeata</i>	17
Figura 8. Foliolo M2 escaneado para la determinación de longitud, ancho y superficie foliar	18
Figura 9. Análisis de Componente Principal basada en los caracteres morfológicos de hojas, estípites y de frutos de las poblaciones de <i>A. aculeata</i>	29
Figura 10. Datos climáticos de Temperatura promedio anual del Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay, entre 2002 - 2012	38
Figura 11. Datos climáticos de Precipitación promedio anual del Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay, entre 2002 - 2012	39
Figura 12. Hoja M2 escaneada para la determinación del largo, ancho y superficie foliar de <i>A. aculeata</i> en ImageJ	59
Figura 13. Determinación de la superficie foliar de <i>A. aculeata</i> con ImageJ	60
Figura 14. Fruto recién cosechado y etiquetado de <i>A. aculeata</i> de la población de Trinidad2	61
Figura 15. Determinación de diámetro longitudinal y transversal de frutos de <i>A. aculeata</i> con calibre Vernier	62
Figura 16. Palmera de <i>A. totai</i> de la población de Obligado	63
Figura 17. Palmera de <i>A. intumescens</i> (A), <i>A. totai</i> (B) y posible híbrido (C) de los palmares del género <i>Acrocomia</i> en Obligado	64

DECLARACIÓN

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

RESUMEN

Ramírez H, E. **Caracterización morfológica, productiva y ambiental de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* en el Departamento de Itapúa, Extremo Sur de Paraguay.** (Doctorado en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Santiago del Estero)¹⁻²

La palmera mbokaya (*Acrocomia aculeata*) es una especie muy utilizada en Paraguay para la extracción del aceite de mbokaya, sea de la pulpa y/o de la semilla. Son utilizadas para la elaboración de aceite comestible, jabones, en la medicina popular y bebida refrescante. Se han observado una gran variabilidad fenotípica en las palmeras de *Acrocomia aculeata*. El objetivo fue, caracterizar y evaluar poblaciones de *A. aculeata*, para ordenar el recurso genético en el Departamento de Itapúa, extremo sur de Paraguay. Se trabajó con cinco poblaciones de la región suroeste, centro y norte del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay. Para la caracterización morfológica y productiva se utilizó la taxonomía numérica y análisis físico-químico para el ambiente. Los resultados mostraron una gran variabilidad fenotípica entre las diferentes poblaciones, siendo aún mayor dentro de las poblaciones. La proporción de variabilidad entre poblaciones indicó que todas pertenecen al mismo ecotipo (*A. totai*). Sin embargo, el análisis del estípite, indicó que podría tratarse de otra especie del género *Acrocomia* (*A. intumescens* y posibles híbridos), no reportado anteriormente en Paraguay. Las poblaciones de Trinidad¹ y Obligado presentaron la mayor cantidad de los caracteres productivos considerados (10,82 y 10,52 racimos/planta). A esta especie se lo encontró vegetando en suelo arenoso (30 % arcilla) a arcilloso (50 % arcilla), pH entre 1,64 – 4,20; hierro entre 49,33 – 232,77 mg.kg⁻¹ y aluminio entre 0,01 – 5,93 cmol(+).Kg⁻¹, MO entre 1,67 – 4,20. El pH, el porcentaje de base intercambiable y contenido de aluminio, afecta directamente la capacidad productiva de las palmeras. Existe gran variabilidad fenotípica en los caracteres morfológicos de hojas, estípites y los caracteres productivos, dadas dentro y entre poblaciones y asociadas a la variabilidad genética y ambiental.

Palabras claves: *Acrocomia* ssp, Especies, variabilidad morfológica, clima, suelo, caracteres productivos.

¹Director: Dr. Aníbal Ramón Verga. INFIVE-INTA. Córdoba-Argentina.

²Co-Directora: Dra. Raquel Regiane Bonato Negrelle. UFPR. Curitiba – Brasil

ABSTRACT

Ramirez H, E. Morphological, productive and environmental characterization of natural populations of *Acrocomia aculeata* in the Department of Itapúa, Extreme South of Paraguay.(Doctorate in Forest Sciences, Faculty of Forestry Sciences, National University of Santiago del Estero) ¹⁻²

The mbokaya palm (*Acrocomia aculeata*) is a species widely used in Paraguay for the extraction of mbokaya oil, either from the pulp and / or the seed. Great phenotypic variability has been observed in *Acrocomia aculeata* palms. The objective was characterized and evaluates populations of *A. aculeata*, to manage the genetic resource in the Department of Itapúa, extreme south of Paraguay. We worked with five populations in the south-west, center and north region of the Department of Itapúa, South of Paraguay. For the morphological and productive characterization, numerical taxonomy and physical-chemical analysis for the environment were used. The results showed a great phenotypic variability between the different populations, being even greater within the populations. The proportion of variability between populations indicated that they all belong to the same ecotype (*A. totai*). The populations of Trinidad¹ and Obligado presented the highest amount of the productive characters considered (10.82 and 10.52 bunches / plant). This species was found vegetating in sandy soil (30% clay) to clay soil (50% clay), with pH 1.64 - 4.20; iron 49.33 - 232.77 mg.kg⁻¹, aluminum 0.01 - 5.93 cmol. Kg⁻¹, and MO varying among 1.67 - 4.20. The pH, the percentage of exchangeable base and aluminum content, affects the productive capacity of palm trees. There is great phenotypic variability in the morphological characters of leaves, stipes and productive characters, occurring within and between populations and associated with genetic and environmental variability.

Keywords: Acrocomia aculeata, Ecotype, variability, climate, soil, productive characters.

¹Director: Dr. Aníbal Ramón Verga. INFIVE-INTA. Córdoba-Argentina.

²Co-Directora: Dra. Raquel Regiane Bonato Negrelle. UFPR. Curitiba – Brasil.

1. INTRODUCCION

El *mbokaya* como se le conoce a la especie *Acrocomia aculeata*, es una palmera arborescente, espinosa, que puede alcanzar hasta 16 m de altura, se distribuye a lo largo de la América tropical y subtropical, desde el sur de México y las Antillas hasta el sur del Brasil, llegando a Paraguay y Argentina; con excepción de Ecuador y Perú (Henderson *et al.*, 1995).

Es una especie heliófila que abunda en lugares abiertos, especialmente en terrenos abandonados, chacras y pastizales. Prefiere los suelos bien drenados, rojos arenosos, con 70 – 85 % de arena, aunque se lo encuentra habitando suelos arcillosos (López *et al.*, 2002). *A. aculeata* se halla ampliamente distribuido en toda la Región Oriental del Paraguay, con reporte de su presencia en el Departamento de Boquerón, en vegetación tipo Cerrados, habitando en ambiente de diferentes condiciones edafo-climáticas, que denota una plasticidad adaptativa a las condiciones adversas del ambiente, con posible expresión en las características morfológicas y capacidad productivas de las plantas de esta especie.

Presenta alto valor socio-económico, dado que los pequeños agricultores recolectan los frutos de las poblaciones silvestres y los venden a las aceiteras cocoteras del país (Hauptenthal *et al.* 2011); donde la extracción del aceite de *mbokaya* constituye una industria importante, tanto en la elaboración de aceite comestible extraída de la pulpa o mesocarpo; como de la semilla para hacer jabón (López *et al.* 2002), estos últimos, son productos de exportación. Además se generan subproductos como el expeller de coco destinado a alimentación animal, y el epericarpio y endocarpio como fuente energética para hornos y calderas; reduciendo la presión que se genera sobre los remanentes de bosques nativos e implantados. Debido a que en la última década ha aumentado la demanda de aceite, y en especial la destinada a la elaboración del biodiesel, ha surgido como especie promisoría con alto potencial productivo de aceite/hectárea, superada solo por la palma aceitera, *Elaeis guineensis*. Aunque se la aprovecha industrialmente en Paraguay desde la décadas de 1940, son escasas las investigaciones orientadas al mejoramiento y la implementación de cultivos a gran escala de esta especie.

Se le llama ordenamiento del recurso genético al proceso de diferenciación de unidades de uso y conservación. A estas unidades se las define como grupos de individuos que poseen cierta identidad morfológica y genética, coherencia en sentido biológico y mantenimiento de identidad en el proceso evolutivo. Las especies clasificadas por la sistemática clásica representan únicamente grupos “*a priori*” de individuos con características morfológicas comunes fácilmente distinguibles de otros. Durante el proceso de ordenamiento, las unidades de uso y conservación se definen con un grado de detalle creciente en sucesivas etapas: morfológica, genética, ecofisiológica, adaptativa en sentido amplio (al ambiente físico, biológico y al uso) y evolutiva (Verga *et al.*, 2009).

En estudios sobre especies afines del género *Prosopis* (Verga, 1995; Joseau *et al.* 2005; Verga y Gregorius, 2007 y Joseau *et al.* 2013) han demostrado que la caracterización morfológica, mediante taxonomía numérica, basada en rasgos de hojas y frutos, permite obtener grupos de individuos con características genéticas comunes en un grado de detalle mucho mayor que el alcanzado mediante la sistemática clásica. A determinado grado de diferenciación morfológica se puede separar grupos, que por sus distancias genéticas obtenidas con marcadores moleculares, alcanzan niveles entre ecotipos y sub-especies.

Se ha observado una gran variabilidad fenotípica de los caracteres morfológicos y productivos en las poblaciones naturales de *A. aculeata*; comunes en especies no domesticadas, lo cual representa un inconveniente desde el punto de vista de la productividad, cosecha, comercialización e industrialización del producto.

Frente a esta problemática, el presente trabajo plantea cuanto sigue:

Hipótesis

Las variaciones morfológicas observadas en las poblaciones de *A. aculeata* sugiere la existencia de otra especie, o de grandes grupos morfológicos, de gran plasticidad fenotípica, que le permite adaptarse a diferentes ambientes.

Objetivo general

Caracterizar y evaluar poblaciones de *A. aculeata*, para ordenar el recurso genético en el Departamento de Itapúa, extremo sur de Paraguay.

Objetivo específico

Caracterizar el ambiente de las diferentes áreas donde se desarrolla *A. aculeata*.

Caracterizar la morfología de hojas y frutos de diferentes poblaciones de *A. aculeata*.

Evaluar los caracteres productivos de la especie dentro del área de estudio.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Descripción botánica de la especie

Los antecedentes mencionan una enorme variabilidad de los diferentes caracteres morfológicos, según la procedencia de los ejemplares. Esto ha sido descrito por Valim (2015), Faria (2012) y Freitas Teles (2009), al evaluar variables cuantitativas relacionadas a aspectos agronómicos y características físicas en progenies de poblaciones naturales procedentes del Estado de San Pablo, Distrito Federal y de poblaciones naturales de coco del Estado de Goiás.

Acrocomia aculeata es una palmera nativa de los bosques tropicales cuyo estípite alcanza de 10 a 15 m de altura y 20 a 30 cm de diámetro (Lorenzi *et al.*, 2004; Lorenzi, 2006). La región de los nudos está cubierta de espinas oscuras, de cerca de 10 cm de largo. Frecuentemente, el estípite es cubierto por la base de los peciolos, que permanecen adheridos a este por muchos años (Lorenzi, 2006). Las hojas verdes, ordenadas en diferentes planos dando un aspecto plumoso a la copa, son pinnadas con longitudes variando de 1 - 3 m según López *et al.* (2002), de 3 – 5 m según Freitas Teles (2009), a 4-5 m de largo según Lorenzi (2006). Las hojas presentan aproximadamente 130 folíolos en cada lado del raquis (Nucci, 2007) y espina en la región central de la hoja.

La inflorescencia es una panícula de 50-100 cm de largo según López *et al.* (2002), de 2 m según Von Lesingen y Cervi (2009) y Lorenzi, 2006). Está cubierta por una espata pilosa espinosa de 1-1,5 m de largo según López *et al.* (2002), de 2 m según Von Lesingen y Cervi (2009); por 20-40 cm de ancho según López *et al.* (2002), de 30 – 68 cm de ancho según Von Lesingen y Cervi (2009). Las flores blanco-amarillentas son de al menos 1 cm de largo, con 3 sépalos y 3 pétalos, las masculinas son numerosas y densamente dispuestas y las femeninas escasas en la base. Según Scariot *et al.* (1991), esta especie presenta inflorescencia con dicogamia de tipo protoginia. La polinización es básicamente por insectos, un coleóptero de hábito nocturno, siendo el viento un agente secundario en la polinización.

Los frutos son consistentes, amarillentos, de 2-4 cm según López *et al.* (2002), de 2- 5 cm según Von Lesingen y Cervi (2009) en forma de drupa globosa, numerosos hasta la base del racimo, semillas solitarias. Cada fruto contiene generalmente, una semilla envuelta por endocarpio duro y oscuro con aproximadamente 3 mm de espesor según Lorenzi (2006). El mesocarpo del fruto es fibroso, mucilaginoso, de sabor dulzón, comestible, rico en glicéridos. La semilla es oleaginosa, comestible, y es revestida de una cubierta delgada.

La fructificación ocurre durante todo el año y por eso, es común encontrar en una misma planta flores abiertas y racimos con frutos maduros (Manfio *et al.*, 2011). Los frutos maduran entre setiembre a enero según Lorenzi (2006) y Von Lesingen y Cervi (2009). Las dimensiones de los frutos varían de acuerdo con diferentes autores, tal como se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones de frutos de *A. aculeata* según diferentes autores

Autor	Longitud (mm)	Transversal (mm)
Freitas Téllez (2009)	41,80	41,7855
Faria (2012)	37,47	39,11
Valim (2015)	40,6 en poblaciones de Sao Paulo	39,7
	38,7 en poblaciones Dist. Federal	37,5
Paul y Steinhort	30 – 40	
Costa (2009)	31,8 – 43,8	
Hauptenthal <i>et al.</i> (2011)	32,3	
Liborio de Alencar (2012)	25 a 50	
Sanjinez-Argandaña y Machado Chuba (2011)	34,68 en Matto Grosso do Sul	33,39
	33,14 en Sao Paulo	31,65

2.2 Taxonomía de la especie

La clasificación taxonómica completa del mbokaya es (USDA, 2016):

Reino: *Plantae*

División: *Spermatophyta*

Subdivisión: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Areceidae*

Orden: *Arecales*

Familia: *Areceaceae* (ant. *Palmae*)

Subfamilia: *Arecoideae*

Tribu: *Cocoseae*

Subtribu: *Bactridineae*

Género: *Acrocomia*

Especie: *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. *et al.* Ex Mart.

La especie fue primeramente descrita por Jacquin en 1763, teniendo como basónimo *Cocus aculeatus* Jacq. Martius en 1824 hizo la correcta

circunscripción del género y la transfiere para el género *Acrocomia*, designándolo como *Acrocomia sclerocarpa*. Posteriormente Loddiges (1845) in *Historia Naturalis Palmarum* v.3, n.8, 2886 p, paso a ambos en sinonimia, designándolo como *Acrocomia aculeata* según (Missouri, 2005; citado por Lesingen y Cervi, 2009).

Según Henderson *et al.* (1995), la especie presenta las siguientes sinonimias: *Acrocomia antiguana* L. H. Bailey; *Acrocomia antioquensis* Posada-Arango; *Acrocomia belizensis* L. H. Bailey; *Acrocomia christopherensis* L. H. Bailey; *Acrocomia chunta* Covas & Ragonese; *Acrocomia erisacantha* Barb. Rodr.; *Acrocomia fusiformis* Sweet; *Acrocomia glaucophylla* Drude; *Acrocomia grenadana* L.H. Bailey; *Acrocomia hospes* L.H. Bailey; *Acrocomia ierensis* L.H. Bailey; *Acrocomia intumescens* Drude; *Acrocomia karukerana* L.H. Bailey; *Acrocomia lasiospatha* Mart.; *Acrocomia media* O.F. Cook; *Acrocomia mexicana* Karw. ex Mart.; *Acrocomia microcarpa* Barb. Rodr.; *Acrocomia mokayayba* Barb. Rodr.; *Acrocomia odorata* Barb. Rodr.; *Acrocomia panamensis* L.H. Bailey; *Acrocomia pilosa* León; *Acrocomia quisqueyana* L.H. Bailey; *Acrocomia sclerocarpa* Mart.; *Acrocomia sclerocarpa* var. *wallaceana* Drude; *Acrocomia spinosa* (Mill.) H.E. Moore; *Acrocomia subinermis* León ex L.H. Bailey; *Acrocomia totai* Mart.; *Acrocomia ulei* Dammer; *Acrocomia viegasii* L.H. Bailey; *Acrocomia vinífera* Oerst.; *Acrocomia wallaceana* (Drude) Becc.; *Bactris globosa* Gaertn.; *Cocos aculeatus* Jacq.; *Cocos fusiformis* Sw.; *Palma spinosa* Mill.

La especie posee una variada toponimia, tales como: mbokaya (Argentina); totaí (Bolivia); corozo (Colombia, Venezuela); tamaco (Colombia); coyol (Costa Rica, Honduras, Mexico); corosse (Haiti) (Lesingen y Cervi, 2009). También se la conoce como coyoli palm, gru-gru palm, macaw palm, Paraguay palm, acrocome, gru-gru, noix de Coyol, coyolipalme, macaúba, amankayo, corajo, corozo, coyol, coyol baboso, tucuma, totai (USDA, 2016). En el Brasil, es conocida por bocaiúva, chiclete-de-baiano, coco-baboso, coco-ubde-catarro, coco-de-espino, macauba, macaíba, macaibeira, macajuba, macaúba, macaúva, mucaia, mucajá y mucajaba (Lorenzi, 2006; Von Lesingen y Cervi, 2009). En Paraguay se lo conoce con el nombre de mbokaya y coco.

Según Pimentel *et al.* (2011), existe una gran dificultad cuando se quiere estudiar la especie, porque existe enorme variabilidad fenotípica y genética dentro de lo que se acordó en llamar *Acrocomia aculeata*, por lo que estos investigadores propusieron subdividir los ecotipos de *A. aculeata* en tres subespecies principales (Figura 2), según nomenclatura antigua en *A. aculeata* ssp. *Sclerocarpa*, *A. aculeata* ssp. *Totai* y *A. aculeata* ssp. *Intumescens*. De acuerdo con Lorenzi *et al.* (1996), la distribución de la especie *A. aculeata* es mayor en el bioma del Cerrado, *A. totai* es más abundante en el Pantanal y *A. intumescens* se presenta en los estados del nordeste del Brasil (Figura 1).

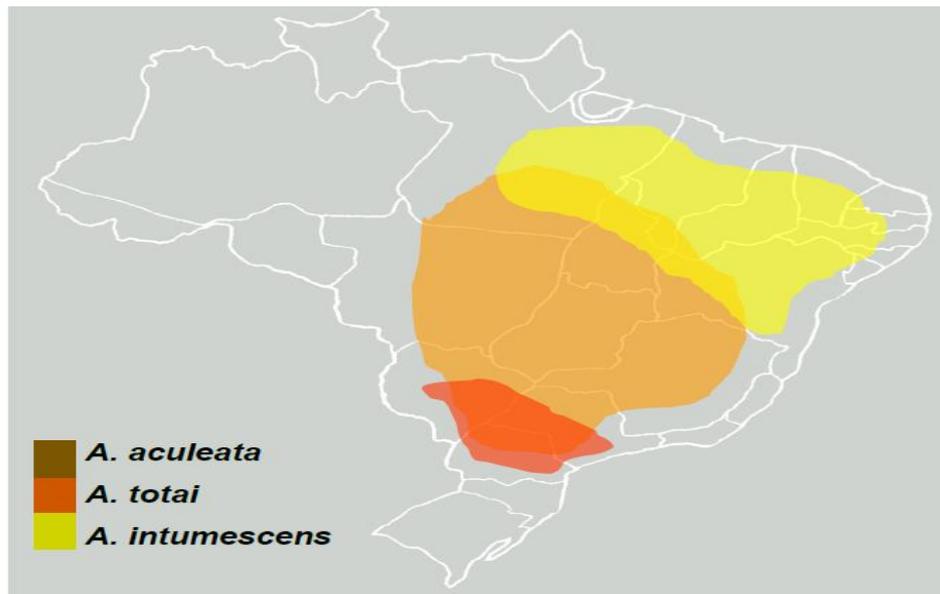


Figura 1. Distribución de especies del género *Acrocomia* en el Brasil.



Figura 2. Las subespecies de *A. aculeata*. Fuente: Manfio *et al.* (2011).

2.3 Área de distribución

A. aculeata habita áreas abiertas y se adapta a suelos arenosos y con bajo índice hídrico aunque, manifiesta mejoras en el crecimiento en lugares donde los suelos son fértiles (Gray, 2005; Missouri Botanical Garden, 2005).

Motta *et al.* (2002) encontraron en Minas Gerais, Brasil, que *A. aculeata* acompaña áreas de suelos con fertilidad natural más elevada y vegetación primitiva de fisionomía forestal, como la de bosque sub-caducifolio. López Bhering *et al.* (2010) determinaron la distribución de poblaciones naturales de *A. aculeata* en el Estado de Minas Gerais y Nordeste del Estado de Goiás, sobre suelo Latossolo, siempre asociado a red de drenaje. Han encontrado que el 93,1 % de individuos muestreados habitan en clima semi-húmedo y los restantes 6,9 % en clima semiárido.

Freitas Teles (2009) estudió poblaciones naturales de esta especie en la región Centro y Sur del Estado de Goiás, habitando suelos Cabissolos y Neosolos, de textura media o franco-arcillo-arenosa, con mayor densidad de plantas en suelos de media a alta fertilidad, con saturación de bases superior a 50 % y rico en potasio.

Costa (2009) estudió palmares de esta especie en el estado de Sao Paulo. Están representados por tres formaciones geomorfológicas, distribuidas en distintos ambientes en relación al clima, geología, relieve, uso de tierra y formaciones vegetales asociados. Los suelos están encuadrados en cinco ordenes de suelos, diversas clases texturales. Dentro de las agrupaciones de textura arenosa, media y arcillosa, existieron niveles muy variables de macro y micronutrientes. La arcilla y el pH del suelo se asociaron a todas las variables botánicas de masa, tamaño de frutos y circunferencia a la altura del pecho. Además la materia orgánica y los nutrientes B, Zn y K del horizonte sub-superficial están directamente asociados al peso y tamaño de los frutos del coco.

Von Lisingen y Cervi (2009) mencionan la presencia de *A. aculeata* en el estado de Paraná a 613 m.s.n.m, con vegetación predominante de un bosque estacional semidecidual y cerrado.

Aquino *et al.* (2009) estudiaron el efecto de la luz sobre la anatomía foliar de *A. aculeata* en diferentes estados de desarrollo y ambiente (plántulas cultivadas *in vitro* y plantas adultas en estado natural). Estos autores indicaron que la estructura anatómica de *A. aculeata* manifiesta baja plasticidad en los estados de desarrollos estudiados y que la disponibilidad de la luz podría limitar la presencia de la especie a ambientes sombreados.

Pimentel *et al.* (2011) menciona que tiene una distribución diferenciada de acuerdo con el ecotipo; donde la *A. aculeata* sub. *Sclerocarpa*, abunda en el Estado de Minas Gerais; *A. aculeata* sub. *Totaj*, predominante en el Sur de Brasil y Paraguay; *A. aculeata* sub. *Intumescens*, se distribuye principalmente en el Norte y

Nordeste brasileiro. Sin embargo, no existe una segregación total de estos dos ecotipos, teniendo cruzamientos naturales interespecíficos (Manfio *et al.*, 2011).

2.3.1 Distribución en Paraguay

La República del Paraguay, con una superficie total de 406.792 km², se divide en dos grandes regiones fisiográficas: la Occidental o Chaco, constituida por una inmensa planicie sedimentaria de origen aluvial, que representa el 60 % de la superficie territorial, pero contiene tan sólo el 2 % de su población, y la Región Oriental, constituida por una sucesión de tierras altas en forma de lomadas, con un sistema de serranías en su parte central que divide las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná. Es en esta última región donde tienen lugar la mayor parte de las actividades económicas del país, incluyendo las agropecuarias y las extracciones forestales (DGDITIR/S.T., 2007) en (Figura 3).

Itapúa es la región más fría del Paraguay, debido a su posición en el extremo austral del territorio paraguayo, a la humedad de su clima y a la ausencia de elevaciones que impidan o frenen la circulación de los vientos del sur. La topografía del Departamento de Itapúa, presenta relieves fuertemente ondulados, a montañosos con la transición entre areniscas y basaltos. En el noreste predominan tierras altas con 200 a 300 m.s.n.m, de relieve plano (0 a 3 %) que se acentúa hacia el cauce del Río Paraná (DGDITIR/S.T., 2007).

El Departamento de Itapúa forma parte de dos ecorregiones: la del Alto Paraná con una superficie de 33.510 km², que abarca el sureste, centro - norte del Departamento y la Selva Central con 38.400 km², que abarca el suroeste del Departamento (SEAM, 2013). La ecorregión del Alto Paraná es un Bosque Subtropical, que actúa como un corredor para la migración de especies entre bosques húmedos y semi-decíduos (Bartrina, 2007) y la ecorregión de la Selva Central, donde se asienta los Bosques Secos Estacionales Neotropicales (Oakley y Prado 2011).

Según López *et al.* (2002), *Acrocomia totai* Mart., sinonimia de *Acrocomia aculeata* habita la Región Oriental del Paraguay, siendo muy abundante en la Cuenca del Río Paraguay. Frecuentemente forma rodales puros. Se estima que el Paraguay cuenta con 5–6 millones de plantas de mbokaya. Esto representa una cosecha potencial de 120 -160.000 toneladas de frutos/año.

Hahn (1990) en un estudio sobre palma del Paraguay, menciona que *A. aculeata* se encuentra distribuida en el Departamento de Canindeyú, San Pedro, Guaira, Central, Paraguari y Misiones, abarcando lo que hoy día son las Ecorregiones de la Selva Central, Litoral Central y Amambay (SEAM, 2013). Gauto (2009) en un estudio fitogeográfico sobre estados de conservación de las palmeras paraguayas (*Areaceae*) lo cita en los departamentos de Concepción, Amambay, Canindeyú, San Pedro, Central, Cordillera, Paraguari, Guaira y Misiones que corresponde a la

Ecorregión Aquidaban, Litoral Central, Selva Central y Amambay (SEAM, 2013). Según Gauto *et al.* (2011) esta especie tiene una amplia distribución, inclusive fue colectada y reportada en el norte del Departamento de Alto Paraguay en la región Occidental, en el Chaco Paraguayo, en vegetación de Cerrado, mezclándose con elementos de la flora del Chaco Seco y Húmedo (Figura 3).

Mérelles (2005) citaron sabanas con palmares de *A. aculeata* en la cuenca del Lago Ypoa, región Orienta del Paraguay, en ambientes modificados antrópicamente y muy típicos del centro de la región Oriental del Paraguay en suelos friables, muy sueltos, muy arenosos y ácidos. Arrúa *et al.*, (2009) citan palmares de *A. aculeata* en el Departamento de Cordillera, Paraguay, como la especie dominante, acompañada por el pindó (*Syagrus romanzoffiana*), especie remanente de una formación boscosa primaria.

Hauptenthal *et al.* (2011) caracterizaron los frutos de *A. aculeata* de la zona centro-sur del departamento de Itapúa en los municipios de Trinidad, Hohenau, Obligado y Bella Vista, área próxima a donde se realiza el presente estudio, sin caracterizar el ambiente de donde procede.

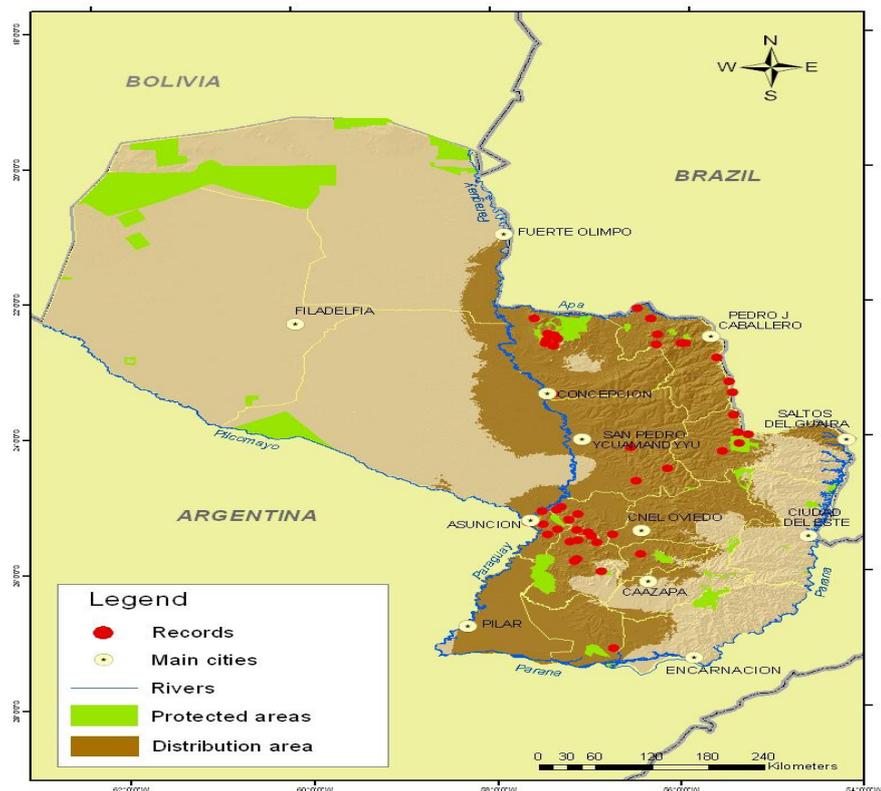


Figura 3. Distribución de *A. aculeata* en el Paraguay (Fuente: Gauto, 2009)

2.4 Usos de la especie

En México, el coyul como es conocida esta especie, se consume el mesocarpo en estado fresco o preferentemente enmielado; las semillas son masticadas como vermífugas, además de usos en artesanía (anillos). La espina se empleaba para agujas, pero ya esto está en desuso. Los frutos tienen uso medicinal, para la tos y cólicos; la raíz para tratar diabetes; y preparar licor; como adorno en festividades; alimentos de ganado bovino y caprino; y para sombra en los potreros (Ramírez *et al.*, 2013).

En Bolivia, se emplea a *A. aculeata* en ranchos ganaderos como fuente de alimento (frutos) y forraje para el ganado (hojas) tanto vacuno como equino (Lozada & Moraes 2013). La savia se extrae para hacer licor; para uso medicinal, para tratar la diabetes, la hiperplasia prostática y la leishmaniosis, y para uso veterinario. Esta especie es considerada de multipropósito (Moraes *et al.*, 2014).

En el Brasil, en la región del Pantanal matogrossense, según Lorenzi y Negrelle (2006), las categorías de usos están asociados a diferentes partes de la planta de *A. aculeata*. Son utilizadas como madera para muros y estacas. El estipite es utilizado para la obtención de palmito y la savia, para bebidas. Las hojas como forraje animal, para hacer techo de casas y extracción para la producción de fibras usadas en la fabricación de hilo de pescar y redes. Las espinas para agujas para coser, pero ya está en desuso. Los frutos se utilizan como alimento *in natura*. Para la extracción de la pulpa con la cual se prepara un fortificante para neumonía, helado y licor. Además, para la extracción de aceite que es utilizado en la cocina, como hidratante capilar y combustible para la generación de energía. El endocarpo es utilizado como sustituto de piedra triturada y elaboración de botones. La almendra o semilla en la extracción de aceite utilizado como alimento, combustible y como cosméticos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El trabajo se realizó en la región Sur, Centro y Nor-este del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay (Figura 4). Se seleccionaron cinco áreas de muestreo, a una distancia máxima de 100 km de Encarnación, capital departamental: a) Artigas en la región Sur-oeste en la Ecorregión Selva Central; b) Obligado, c) Trinidad 1 y d) Trinidad 2 en la región Centro y e) Yatyty en la región Nor-este de Itapúa, todos perteneciente a la Ecorregión Alto Paraná (Figura 5). La distancia entre poblaciones son las siguientes: Yatyty - Trinidad1 es 78,12 Km; Yatyty - Trinidad2 es 75,95 km; Yatyty - Obligado es 67,68 km; Trinidad1 – Trinidad2 es 2,57 km; Trinidad1 – Obligado es 8,72 km; Trinidad1 – Artiga es 57,91 km; Trinidad 2 – Obligado es 11,25 km; Trinidad2 – Artiga es 57,95 km y Obligado – Artiga es 60,47 km.

Para la selección de las áreas se consideró la presencia de la especie en estado natural en pastizales o en chacras, conformando grupos de al menos 50 individuos adultos (Figura 6).

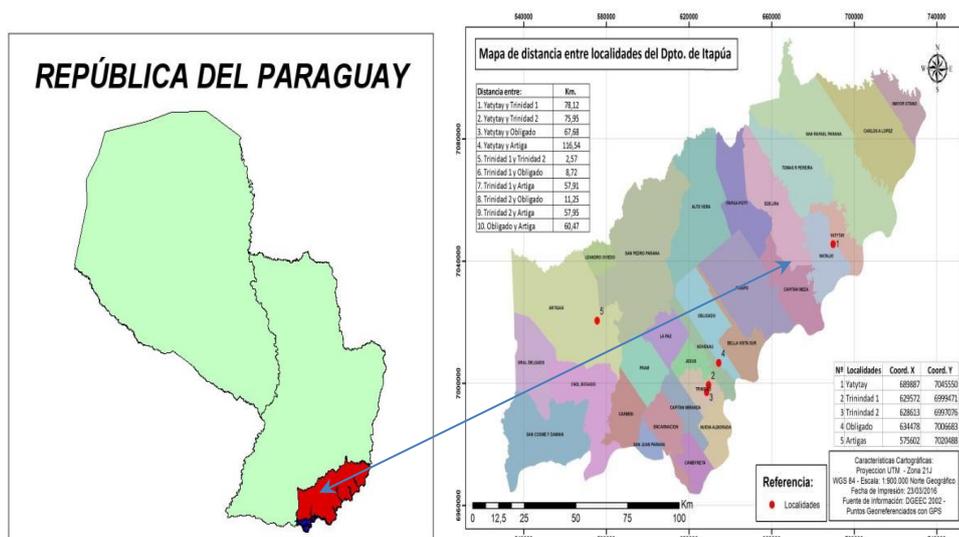


Figura 4. Localización del área de estudio de poblaciones naturales de *A. aculeata*, Departamento de Itapúa - Paraguay

Las áreas fueron georreferenciadas por el sistema UTM (Sistema Mercator), con GPS Garmin 62sc, además de la altitud sobre el nivel del mar de la parcela en estudio.

Para la toma de datos, se confeccionó ficha con los caracteres morfológicos por sitio de estudio, además de informaciones sobre el acceso al lugar, historias de uso del sitio y sus alrededores, así como la presencia de especies acompañantes.

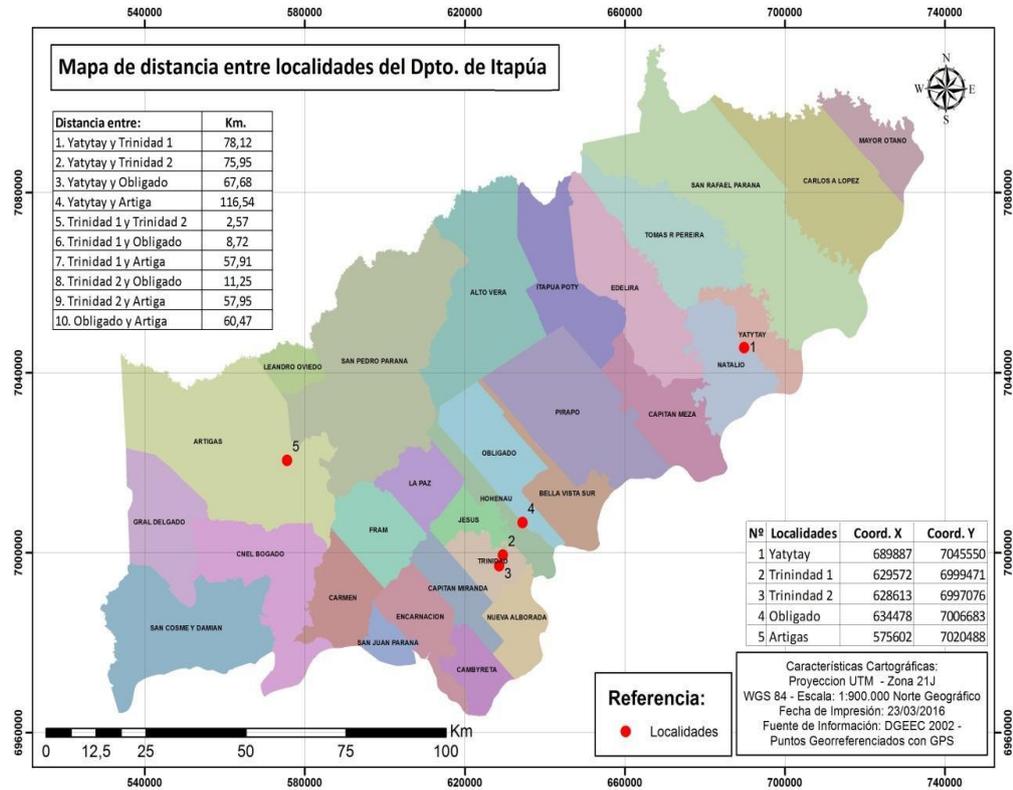


Figura 5. Localización de las poblaciones de *A. aculeata* analizadas en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2015



Figura 6. Población de *A. aculeata* asociados a pastura de *Cynodon dactylon* y *Brachiaria brizantha* en Artiga - Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay

3.2 Taxonomía numérica

Para la caracterización morfológica se utilizó la taxonomía numérica (Verga, 1995; Joseau *et al.*, 2005; Verga y Gregorius, 2007) modificada y adaptada a las características particulares de *A. aculeata*. Los caracteres morfológicos a estudiar son: hojas, estípites y frutos. Luego se realizó la:

- Construcción de una matriz básica de datos (MBD) de las Unidades Taxonómicas Operativas (UTO) por estado de los caracteres.
- Construcción de una matriz de similitud UTO por UTO.

El presente estudio representa la adecuación de una metodología para el estudio taxonómico de esta especie a través del análisis de los caracteres morfológicos y productivos; previos a un estudio más completo que involucra el área de distribución de la especie en Paraguay.

3.3 Caracterización morfológicas de poblaciones naturales de *A. aculeata*

En cada sitio se seleccionaron 30 plantas adultas y bien desarrolladas, en plena fructificación, estandarizados en relación al estado de maduración de los frutos, contando como mínimo dos racimos por planta.

La toma de datos tomados se realizó en dos periodos: entre noviembre - diciembre de 2014 y febrero- marzo - abril de 2015. Las variables morfológicas consideradas tanto de las hojas, estípites y frutos se observa en el Tabla 2.

Tabla 2. Variables consideradas en la caracterización morfológica de las hojas, estípites y frutos de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2015

Abreviatura	Significado
LPE	Largo de pecíolo (cm)
NPI	Número de pinas en la planta
LPI	Largo de pina (cm)
NFOL	Número folíolos
DIFOL	Distancias entre folíolos en las pinas
LFOL	Largo del folíolo (cm)
AFOL	Ancho del folíolo (cm)
L-AFOL	Relación largo/ancho del folíolo
ARPI	Área de la pina (m ²)
AP-TOT	Relación entre la superficie del tercio superior del folíolo respecto del área total del folíolo.
APICE	Relación entre la superficie del tercio superior del folíolo respecto de un rectángulo que lo inscribe.
ARTOT	Área total de la hoja (m ²), calculada según $ARTOT = ARPI \times NPI$
L-DIFOL	Relación largo del folíolo respecto de la distancia entre folíolos en la pina
DIFOL-A	Relación de la distancia entre folíolos en la pina respecto del ancho del folíolo
Altura planta	Altura de la planta en m.
Diam_ estípites_0.2 m	Diámetro del estípites en cm.
Diam_ estípites_1.3 m	Diámetro del estípites en cm.
Número racimos/planta	Número de racimos por planta
Categoría de porcentaje de espina en estípites	Porcentaje de espina en el estípites
Número inflorescencia/planta	Número de inflorescencia por planta
Peso racimo	Peso de un racimo en kg.
Peso frutos/racimo (kg)	Peso de los frutos por cada racimo.

Número de frutos/racimo	Número de frutos por cada racimo
DLFR	Diámetro longitudinal de los frutos (cm)
DTFR	Diámetro transversal de los frutos.
DL-DTFR	Relación diámetro longitudinal/diámetro transversal de los frutos (cm)

En cada sitio de muestreo se estudiaron 30 plantas; de cada una de ellas se determinó el diámetro a los 0,20 y 1,30 m de altura, la altura del estípite, número de pinas en hojas y racimos por cada planta muestreada. De cada planta se cosechó una pina y un racimo con frutos maduros. Cada pina y racimo de frutas cosechadas fueron colocadas en bolsas plásticas etiquetadas; luego se enviaron al laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Hohenau, para su posterior evaluación.

El número de pinas por hoja o se determinó por conteo del total de las hojas verdes presentes en la planta. La longitud de la pina se determinó, midiendo desde el punto de inserción de los folíolos en la base hasta el punto de inserción de los folíolos en la punta. La longitud del peciolo se estimó, entre la distancia existente al punto de inserción del raquis al estípite y el inicio de la inserción de los folíolos en la base de la pina. En cada pina se registraron número de folíolos y la distancia entre folíolos, para obtener la distancia promedio entre folíolos de la pina.

La longitud y ancho del folíolo se determinó extrayendo 4 folíolos de cada pina, 1 de la base, 2 del medio y 1 de la punta; fueron escaneados y medidos mediante el software ImageJ (Figura 7, 8, 14 y 15). Los valores obtenidos de largo y ancho cada folíolo se promediados y representa a la longitud y ancho del folíolo de esa planta o individuo.

Para determinar la superficie foliar, cada pina fue seccionada en 3 partes: base (que corresponde a $\frac{1}{4}$ del total), medio (que corresponde a $\frac{2}{4}$ del total) y punta (que corresponde a $\frac{1}{4}$ del total). Se extrajeron 4 folíolos de cada pina: un folíolo a unos 25 cm de la base o inicio del raquis; el medio fue separada en dos debido a la diferencia en el ancho y longitud del folíolo, donde M1 (un folíolo de la parte media inferior, más angosta y larga) y M2 (un folíolo de la parte media superior, más ancha pero más corta) (Figura 7); y de la punta (a más o menos 25 cm de la punta del raquis, con folíolos generalmente más cortas y dispuestas en una hilera). Los folíolos de la base y la punta del raquis o pina están dispuestos en una hilera y las del medio en dos hileras de folíolos. Cada folíolo fue escaneado y se determinó su superficie mediante el software Image J (Figura 7, 8, 14 y 15). Este valor fue luego multiplicado por el número de folíolos existente en cada pina.

El área foliar total de cada planta dada en m², fue estimada multiplicando la superficie foliar determinada mediante ImageJ, por el total de pinas que posee la palma en ese momento.

La determinación de la relación del área del tercio superior del folíolo, respecto al área total del folíolo fue realizada sólo en los folíolos M2. La determinación de los valores de la relación del área del tercio superior del folíolo respecto a un rectángulo que lo inscribe fue realizada sólo en los folíolos M2.

La variable altura de la planta se determinó con vara alimétrica, medido desde la base de la planta hasta la inserción del primer racimo. El diámetro a los 0,2 m de altura correspondiente a la base del estípite y el diámetro a los 1,3 m o DAP (diámetro a la altura del pecho) de la planta fueron determinados con forcípula graduada en cm.

Además, fueron evaluados variables cualitativas tales como: forma del estípite, porcentaje de espinas, forma de los frutos y coloración de los frutos maduros.

Para la forma del estípite se estableció una escala que va del uno a tres, siendo 1= cónico; 2= cilíndrico y 3= intumescentes o abigarrado.

Para el análisis de la cantidad de espinas en el estípite, se utilizó la metodología empleada por Freitas Tele (2009) basada en escala que va de 1 a 4; siendo 1: < 25 % de espina en el estípite, 2: ≥ 26 -50 % de espina, 3: ≥ 51 – 75 % de espina y 4: ≥ 76 – 100 % de espina en el estípite.

En la evaluación de la forma del fruto se utilizó la metodología basado en Verga *et al.* (2009) pero ajustada a la característica de la especie en estudio. Se estableció escala que va de 1= esféricos, 2= ligeramente achatados y 3= drupa globosa.

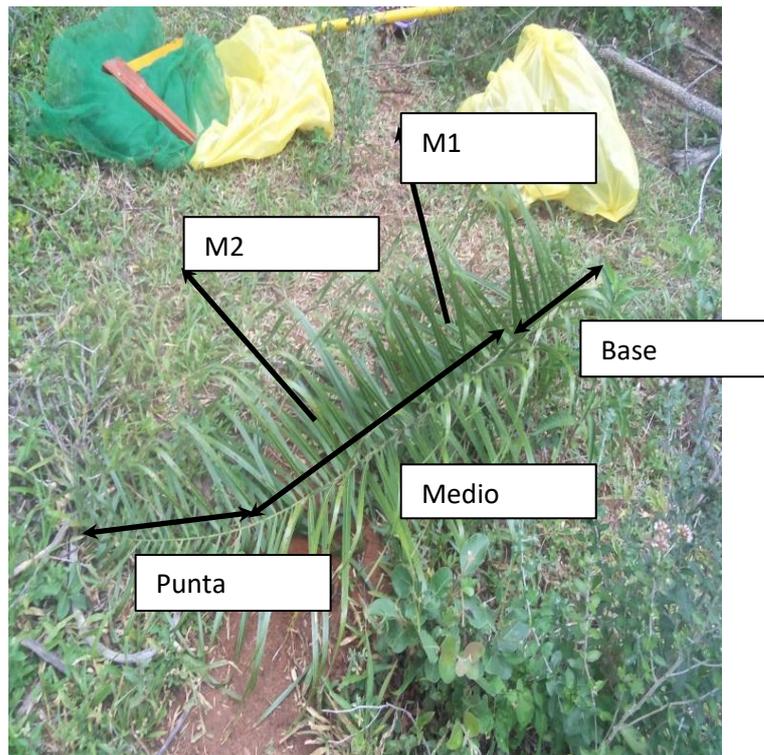


Figura 7. Secciones de la pina de *A. aculeata*

La coloración de los frutos abarca una amplia gama de colores, que va de un color verde claro en el inicio de su desarrollo, volviéndose verde oscuro, verde-castaño, marrón-amarillento, castaño y marrón-oscuro cuando llega a la madurez, por lo que fue necesario establecer escala de colores, siendo 1= castaño, 2= marrón-amarillento, 3= verdoso, 4= marrón-oscuro.



Figura 8. Foliolo M2 escaneado para la determinación de longitud, ancho y superficie foliar

3.4 Ecotipo de *A. aculeata*

Se recurrió a reportes bibliográficos para la determinación del ecotipo al cual pertenecen los palmares estudiados del Departamento Itapúa, Extremo Sur de Paraguay.

3.5 Caracterización ambiental

Para la caracterización ambiental del área en estudio, se obtuvieron datos de temperatura máxima, media y mínima en °C; precipitación máxima, media y mínima mensual de los registros de las estaciones meteorológicas más próximas a las diferentes áreas de estudio basadas en las normas climatológicas utilizadas por la Dirección de Meteorología e Hidrología de Paraguay.

Para el estudio de la composición química del suelo, se obtuvo una muestra compuesta por cada sitio, constituida por una mezcla de 10 sub-muestras bien distribuidas dentro del área de muestreo y extraída entre 0 - 20 cm de profundidad con ayuda de barreno de suelo .

Las muestras de suelos fueron envasados en bolsas plásticas, etiquetadas y mantenidas a la sombra hasta su traslado. Posteriormente fue llevado al laboratorio de análisis del Laboratorio SUSTENTAB, donde se realizaron los respectivos análisis.

Fueron determinados los niveles de macronutrientes: fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los micronutrientes azufre, hierro, cobre, zinc, boro y manganeso, que fueron extraídos por el método de Mehlich I (1953). Además se determinó % de materia orgánica, pH, pH SMP, aluminio y acidez potencial (H+Al), capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C), saturación de bases (% V) y composición textural. Los análisis físicos de textura fueron realizados por medio de la dispersión de las partículas del suelo con hidróxido de sodio (NaOH).

3.6 Caracterización productiva

3.6.1 Cosecha de frutos

Se cosechó un racimo de cada planta entre noviembre de 2014 y abril de 2015. El inicio del desprendimiento de los frutos se utilizó como indicativo de maduración de los mismos. Se registró el número de inflorescencia por planta..

La cosecha se realizó con ayuda de una pinza, con brazo extensible de hasta 10 m de largo. Cada racimo fue identificado y envasado en bolsa de polietileno de 250 litros y, posteriormente llevado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Hohenau de la Universidad Católica "Ntra. Sra. de la Asunción". El tiempo entre la cosecha y el inicio de las evaluaciones no fueron superiores a 48 horas, para evitar la deshidratación de los frutos.

3.6.2 Caracterización física de los frutos

Para la caracterización morfológica de los caracteres productivos fueron considerados: peso del racimo, peso de los frutos/racimo, diámetro longitudinal de los frutos, diámetro transversal de los frutos y la relación diámetro longitudinal /diámetro transversal del fruto.

La variable peso del racimo, se determinó pesando el racimo con los frutos, utilizando balanza electrónica. El peso de los frutos por racimo se obtuvo sacando todos los frutos del racimo, puesto en bolsas polietilenos y pesándolo en balanza electrónica.

El diámetro longitudinal se determinó midiendo el diámetro desde el punto de inserción del fruto al pedúnculo, hasta el extremo opuesto del fruto con un calibre Vernier con precisión de 0,01mm (Figura 17). El diámetro transversal se determinó en la parte media del fruto, para lo cual fueron seleccionados 10 frutos/racimo, totalizando 300 frutos por cada sitio de muestreo.

El número de racimos por planta se determinó por conteo de todos los racimos con frutos frescos presentes en el muestreo. El número de frutos por racimo se determinó por conteo de todos los frutos del racimo de cada palmera muestreada.

3.7 Evaluaciones estadísticas

Para todas las evaluaciones estadísticas se utilizó el Software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). Las variables de las hojas, estípites y frutos fueron evaluados a través de estadísticas descriptivas en cada individuo de la población. Para las variables cuantitativas continuas de los caracteres morfológicos y productivos, se realizó la comparación de medias entre las diferentes poblaciones por el Test de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanove, 2002) al $p < 0,05$.

Para el análisis de las variables discretas, tales como: número de pina, número de folíolo, número de inflorescencia/planta, número racimos/planta y número de frutos/racimo, se utilizó la distribución Poisson, donde la población se utilizó como efecto fijo y las comparaciones de medias se realizó por el Test de LSD Fisher.

Para las variables categorizadas, tales como forma de estípites, porcentaje de espinas en el estípites, forma y color de los frutos, se utilizó el estadístico de datos categorizados para tabla de contingencia, usando las variables como criterio de clasificación, y particionados en la población, para determinar el porcentaje de participación de cada categoría dentro de cada una de ellas. Luego se utilizó la población como criterio de estratificación para determinar el porcentaje de las categorías entre toda la población, y se determinó las diferencias poblacionales por el método de *Chi cuadrado de Pearson*.

Además, algunas variables fueron analizadas con el ACP (Análisis de Componente Principales) cuyo objetivo es presentar en forma gráfica la máxima información contenida en una matriz de datos y permitir una visualización de las proximidades entre los individuos y los vínculos entre las variables (Manly, 2008) citado por Costa (2009). Se realizó un Análisis de Componente Principal (ACP) entre las diferentes variables morfológicas y productivas para observar la correlación que existe entre las mismas.

Se estimaron el desvío estándar de las variables cuantitativas consideradas con respecto a la media de la variable, y se determinaron la variabilidad dentro de la población y entre las poblaciones de palmeras.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización morfológica

La estadística descriptiva de los 25 caracteres morfológicos de hoja, estípite y fruto de todas las poblaciones muestreadas se presenta en la Tabla 2. Los caracteres productivos que mostraron mayor coeficiente de variación son: N° de frutos/racimo, peso de frutos/racimo (kg), peso racimo y N° racimo/planta, que corresponden a los caracteres productivos. Entre los caracteres vegetativos con mayor coeficiente de variación fueron: área total de las hojas en la planta, relación de la distancia entre folíolos y el ancho, distancias entre folíolos y área de la pina.

Tabla 3. Medidas de resumen de los caracteres morfológicos de hojas, estípite y frutos de poblaciones de *A. aculeata*, Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay

Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
LPE	28,77	7,55	26,24	10,00	50,00
NPI	26,89	4,86	18,06	16,00	40,00
LPI	202,92	28,12	13,86	130,00	260,00
NFOL	250,13	26,96	10,78	181,00	315,00
DIFOL	1,31	0,37	28,44	0,68	2,86
LFOL	70,72	7,87	11,13	50,35	89,90
AFOL	1,72	0,17	9,92	1,27	2,28
L-AFOL	41,65	6,23	14,96	25,09	62,38
ARPI	2,41	0,60	24,71	1,23	4,87
AP-Tot	0,20	0,02	8,74	0,16	0,25
APICE	0,63	0,06	9,67	0,43	0,85
ARTOT	65,02	20,96	32,23	20,93	126,38
L-DIFOL	56,86	15,37	27,04	26,3	99,20
DIFOL-A	0,79	0,23	29,62	0,39	1,59
Altura planta	5,22	1,46	28,00	1,50	8,48
Diam_estipite_0.2	28,54	5,40	18,93	15,00	48,00
Diam_estipite_1.3	21,78	3,73	17,12	13,00	32,00
No. racimos/planta	8,48	3,53	41,61	2,00	21,00
Peso racimo	4,34	2,74	62,99	0,45	12,60
Peso frutos/racimo (kg)	3,36	2,31	68,76	0,28	10,65
No. de frutos/racimo	234,79	170,23	72,50	13,00	875,00
DLFR	3,25	0,30	9,19	2,63	4,04
DTFR	3,26	0,27	8,33	2,71	4,08
DL-DTFR	1,00	0,06	5,51	0,89	1,18

Referencias: n (cantidad de individuos) para todas las variables =150, D.E= Desvío estándar, CV= Coeficiente de variación, Max= Máximo, Mín= Mínimo

La comparación de medias de las 25 variables cuantitativas consideradas, y las diferencias significativas entre las poblaciones de *A. aculeata* para todas las variables consideradas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparaciones de medias de caracteres morfológicos de *A. aculeata* del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Variable	Tri 1	Tri 2	Yat	Obli	Art
LPE	28,83 a	29,17 a	29,17 a	28,83 a	27,83 a
LFOL	73,57 a	72,60 a	68,50 b	70,81 b	68,11 b
LPI	197,93 a	197,93 a	197,93 a	210,37 a	210,43 a
DIFOL	1,51 a	1,51 a	1,24 b	1,18 b	1,09 b
AFOL	1,81 a	1,67 b	1,72 b	1,72 b	1,67 b
L.AFOL	40,85 a	44,04 a	40,66 a	41,66 a	41,02 a
ARPI	2,91 a	2,17 b	2,33 b	2,29 b	2,33 b
AP. Tot	0,20 a	0,21 a	0,20 a	0,21 a	0,20 a
APICE	0,62 a	0,62 a	0,64 a	0,63 a	0,64 a
ARTOT	80,22 a	60,09 b	65,10 b	60,17 b	59,52 b
L.DIFOL	51,14 b	46,27 b	57,51 a	64,04 a	65,36 a
DIFOL.A	0,84 b	0,99 a	0,74 c	0,70 c	0,66 c
Altura planta	6,00 a	3,87 c	5,50 a	4,60 b	6,11 a
Diam.estípite 0.2	27,53 b	24,67 c	31,07 a	31,22 a	28,20 b
Diam.estípite 1.3	22,10 a	20,37 b	22,87 a	23,77 a	19,80 b
Peso/racimo	4,71 b	2,51 c	4,31 b	6,14 a	4,05 b
peso frutos/ racimo	3,55 b	2,06 c	3,27 b	4,94 a	2,97 b
DLFR	3,32 b	3,22 b	3,23 b	3,48 a	3,01 c
DTFR	3,34 a	3,36 a	3,07 b	3,43 a	3,09 b
DL.DTFR	1,00 b	0,96 c	1,06 a	1,02 b	0,98 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$) por el Test de DGC

HOJA

Las poblaciones de Trinidad1 y Trinidad2 presentaron las mayores longitudes de hojas, con medias de 73,57 y 72,6 cm de largo con respecto a las poblaciones de Yatytay, Obligado y Artiga que fueron diferentes ($P < 0,05$). La variación de la longitud de los folíolos va de 50,35 a 89,90 cm entre las cinco poblaciones, donde algunas palmeras presentan folíolos hasta 30 cm más largas.

Con respecto de la distancia entre folíolos en el raquis, las poblaciones de Trinidad1 y Trinidad2 tuvieron las mayores distancias con medias de 1,51 cm entre folíolos, dándole una apariencia más rala; y las poblaciones de Yatayy, Obligado y

Artiga tuvieron una media de 1,09 – 1,24 cm entre folíolos en el raquis dándole una apariencia más densa al dosel.

El ancho del folíolo fue mayor en Trinidad1 con media de 1,81 cm con respecto a las de Trinidad2, Yatyty, Obligado y Artiga cuyos folíolos tuvieron entre 1,72 – 1,67 cm de ancho. Esta característica fue más uniforme en Trinidad 1, y muy dispar en Artiga y Yatyty donde se observó grupo de palmeras con folíolos muy angostos y otras con folíolos hasta 60 % más ancho.

El área foliar de la pina fue mayor valor en Trinidad1 con 2,91 m², diferenciándose estadísticamente de las poblaciones de palmas de Trinidad2, Yatyty, Obligado y Artiga cuyas áreas de las pinas oscilaron entre 2,17 – 2,33 m² por cada pina, como se puede observar en la Tabla 4. Dentro de cada población se observaron valores extremos que va de 1,23 – 4,87 m².

La superficie del tercio superior del folíolo respecto del área total de la misma, no presentó diferencias significativas ($P>0,05$) entre las diferentes poblaciones de palmeras de *A. aculeata*. Esta porción de la superficie foliar, representó en media 20 – 21 % del total de la superficie del folíolo; con valores extremos entre 16 -25 %.

La relación entre la superficie del tercio superior del folíolo respecto de un rectángulo que lo inscribe, llamado APICE, no hubo diferencia ($p>0,05$) entre las medias poblacionales en esta variable, con medias entre 0,62 – 0,64; valores extremos entre 0,51 en Trinidad1 y de 0,85 en Yatyty. El ápice de los folíolos son mucronados.

El área foliar total de cada planta (Tabla 4), fue mayor en Trinidad1 con media de 80,22 m², diferenciándose significativamente ($p<0,05$) con respecto a las poblaciones de Trinidad2, Yatyty, Obligado y Artiga que tuvieron entre 65.10 - 59.52 m² de superficie foliar, lo que representa 23.22% más de área foliar asimilante. La mayor variabilidad fue observada en la población Obligado, donde hubo palmeras con un total de 20,93 m² en relación a otra con 120,83 m² de superficie foliar total?. En la población de Trinidad1 se observaron los ejemplares con la mayor superficie foliar (126,36 m²).

La relación del largo del folíolo respecto de la distancia entre folíolo en la pina tuvo diferencias significativas ($p<0,05$) donde las poblaciones de Yatyty, Obligado y Artiga con valores superiores comprendido entre 65,36 – 57,51 respecto al de Trinidad1 y Trinidad2 que oscilan entre 51,14 – 46,27. Se ha observado, que cuanto mayor es la cantidad de folíolos presentes en la pina, la distribución de las mismas es más compleja, debido a que aparecen superpuestas y en diferentes ángulos que van de 45, 60, 75, 90 y hasta 120°.

La relación de la distancia entre folíolos en la pina respecto al ancho del folíolo tuvo diferencias significativas ($p<0,05$), con valores superiores en Trinidad2 respecto a las poblaciones de Tinidad1, Yatyty, Obligado y Artiga (Tabla 4).

ESTIPITE

La altura de la planta presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$), donde las poblaciones de Trinidad1, Yatytay y Artiga tuvieron altura entre 5,5 – 6,11 m, debido probablemente a la edad. Las poblaciones de Obligado y Trinidad2 fueron de menor altura de planta con 3,85 – 4,6 m.

El diámetro a los 0,2 m de altura presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las poblaciones de palmas, formándose tres grupos, donde las poblaciones de Yatytay y Obligado con promedio de 31,22 – 31,07 cm, tuvieron mayores diámetros con relación a las poblaciones de Artiga y Trinidad1, y el ultimo formado por Trinidad2.

En cuanto al diámetro a los 1,3 m, cabe resaltar que en muchos casos se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el engrosamiento en el diámetro a la altura del pecho. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las poblaciones, donde Trinidad1, Yatytay y Obligado formaron un grupo con valores promedio entre 23,77 – 22,10 cm y el otro grupo formado por Trinidad2 y Artiga (Tabla 4).

INFRUTESCENCIA

En la variable peso del racimo, la población de Obligado fue superior ($p < 0,05$) a los demás con promedio de 6,14 kg, seguida de Trinidad1, Yatytay y Artiga con promedio entre 4,71 – 4,05 kg y la de menor peso fue de Trinidad2 (Tabla 4).

En el peso de los frutos por racimo se observó diferencias significativas ($p < 0,05$), dónde la población de Obligado fue superior ($p < 0,05$) con promedio de 4,94 kg por racimo, y extremo de 1,51 - 10,65 kg; seguido por los de Trinidad1, Yatytay y Artiga, y el menor peso en Trinidad2 con promedio de 2,06 kg de fruto por racimo.

FRUTO

Se presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto en el diámetro longitudinal y transversal de los frutos, además de la relación diámetro longitudinal /diámetro transversal de los frutos. La población de Obligado con 3,48 cm diámetro longitudinal fue superior con respecto a Trinidad1, Trinidad2 y Yatytay y la población de Artiga con 3,01 cm fue la de menor longitud. Hubo variaciones en el diámetro, dependiendo de su posición en el racimo. Hauptenthal (2011) reportó valor de 3,23 cm para la región Centro – Sur del Departamento de Itapúa, similar a lo encontrado en este trabajo.

El diámetro transversal de los frutos de las poblaciones de Trinidad1, Trinidad2 y Obligado fueron similares entre sí , con promedio entre 3,43 – 3,34 cm y las poblaciones de Yatytay y Artiga fueron inferiores ($p < 0,05$) (Tabla 4). Se observó variación en el diámetro, acorde a su posición en el racimo, siendo mayores ($p < 0,05$) en la base, ligeramente menores en el medio del racimo y de menor tamaño en la punta del racimo.

En cuanto a la relación de diámetro longitudinal/diámetro transversal del fruto, la población de Yatytay presentó una relación 1,06, dándole una forma de drupa globosa; las poblaciones de Trinidad1 y Obligado con valores de 1,00 y 1,02 dándole forma esférica, y las poblaciones de Artiga y Trinidad2 con valores de 0,98 – 0,96 dándole forma ligeramente achatado. Cabe destacar, que los frutos de algunas de las palmeras presentaron mucrón.

Los resultados del análisis de las variables discretas, tales como: número de pina, número de folíolo, número de inflorescencia/planta, número racimos/planta y número de frutos/racimo se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Comparaciones de medias de variable continua de poblaciones de *A. aculeata* del Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Variable	Tri 1	Tri 2	Yat	Obli	Art
NPI	27,77 a	27,77 a	27,77 a	25,83 a	25,3 a
NFOL	254,47 b	254,87 b	238,13 c	265,03 a	238,13 c
Nº.Inflores/Planta	0,03 a	0,00 a	0,00 a	0,13 a	0,05 a
Nº racimo/Planta	10,53 a	5,17 d	7,07 c	10,80 a	8,83 b
Nº. Frutos/racimo	221,50 c	119,77 d	227,80 c	310,10 a	294,80 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0,05$) por el Test *LSD* Fisher

Referencia: NPI=Número de pina, NFOL: Número de folíolo, Nº Inflores= Número de inflorescencia

Se encontró una media de 27,77 hojas o pinas para Trinidad1, Trinidad2 y Yatytay, con valores extremos de 18 y 40 hojas en la planta; en Obligado y Artiga con valores extremos de 16 – 32 hojas en la planta, no habiendo diferencia estadística ($p>0,05$) entre las diferentes poblaciones estudiadas. Es importante resaltar, que las hojas forman estratos; donde las hojas más viejas están en la parte inferior, de color verde oscura, en posición casi paralela al estípite; las del estrato medio, formado por hojas de edad intermedia, de color verde claro-oscuro, dispuestas en diferentes ángulos, con los folíolos reduplicados, para mejor captación de la radiación solar probablemente; y el estrato superior, con la hoja bandera incluida, en número de 3 a 5 hojas, de longitudes menores, de color verde claro.

En el número de folíolo hubo diferencias estadísticas ($p<0,05$) entre las diferentes poblaciones, donde se observa que la población de Obligado presenta una media de 265,03 folíolos por pina, la de Trinidad 2 y Trinidad 1 con media de 254,67 folíolos por pina y la de Artiga y Yatytay con media de 238,13 folíolos por pina (Tabla 4), con valores extremos de 181 – 315 folíolos entre todos los palmares de Itapúa en estudio (Tabla 3).

El número de inflorescencia por planta no presentó diferencias estadísticas para ese momento de la evaluación. En Obligado se encontró cuatro plantas en floración, en Artiga se encontró dos plantas y en Trinidad1 una planta, Trinidad2 y Yatytay ninguna planta estaba en floración. Del total de 150 plantas evaluadas, sólo 7 plantas entre todas las poblaciones estaban en floración, lo cual es plausible debido a que ha pasado la época de mayor tasa de floración.

En el número de racimos por planta se observó diferencias ($p < 0,05$), donde las poblaciones de Obligado y Trinidad1 presentaron una media de 10,80 – 10,53 racimos por planta, con valores extremos de 4 a 17 racimos (Tabla 3). Artiga y Yatytay con valores extremos de 2 a 21 racimos/planta y por último el de Trinidad2 con media 5,17 racimos/planta (Tabla 4).

En el número de frutos por racimo se observaron diferencias ($p < 0,05$), donde los palmares de Obligado presentaron media de 310,10 frutos/racimo (Tabla 4); Artiga con media de 294,80 frutos, seguido de Yatytay y Trinidad1 y de menor cantidad la de Trinidad2 con media de 119,77 frutos/racimo.

Para las variables categorizadas, tales como forma de estípite, porcentaje de espina en el estípite, forma de los frutos y color de los frutos, los resultados se observan en el Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de participación de los caracteres categorizados de las variables morfológicas de estípites y frutos de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Variable	Cat.	Tri 1	Tri 2	Yat	Obli	Art	Poblac.	Chi Cuadrado Pearson
FormaEST	1	16,67	60,00	53,33	30,00	3,33	32,67	0,9502
	2	56,67	23,33	16,67	26,67	46,67	34,00	
	3	26,67	16,67	30,00	43,33	50,00	33,33	
PEEST	1	26,67	53,33	23,33	23,33	26,67	30,67	0,2949
	2	46,67	16,67	33,33	23,33	13,33	26,67	
	3	20,00	26,67	16,67	16,67	26,67	21,33	
	4	6,67	3,33	26,67	36,67	33,33	21,33	
FormaFR	1	80,00	63,33	36,67	90,00	80,00	71,43	0,0001
	2	16,67	36,67	3,33	3,33	20,00	16,33	
	3	3,33	0,00	60,00	6,67	0,00	12,24	
CFR	1	16,67	36,67	6,67	30,00	30,00	27,07	0,0001
	2	66,67	26,67	20,00	43,33	23,33	40,6	
	3	0,00	30,00	66,67	10,00	46,67	21,80	
	4	16,67	6,67	6,67	16,67	0,00	10,53	

Referencias: Cat= categoría, 1= cónico; 2= cilíndrico y 3= intumescientes o abigarrado; Poblac. = población; FormaEST: forma de estípite; PEEST: porcentaje de espina en el estípite; FormaFR: forma de los frutos; CFR: color de los frutos

La forma del estípite (Tabla 6) predominante en la población de Trinidad1 es en un 56,67 % cilíndrico; en Trinidad2 con 60 % y Yatytay con 53,33 % predomina la forma cónica; en Obligado el 43,33 % de la población presenta estípite intumesciente (Figura 18). En Artiga, el 50 % de la población tiene estípite intumesciente y la cilíndrica con 46,67 %.

En el análisis del porcentaje de espinas en el estípite (Tabla 6 y Figura 17), el 46,67 % de las palmeras de Trinidad1 tuvo entre 26 – 50 % del estípite cubierto con espina o sea con nota 2 (Tabla 6). Cabe resaltar que es la población donde se encontró palmeras cuyos estipes estaban totalmente desprovistos de espinas. Así también, para los animales en un sistema silvopastoril, típico del paisaje de palmares de esta especie en toda la Región Oriental del Paraguay. En Trinidad2 el 53,33 % de las palmeras presentó < del 25% del estípite cubierto de espina o sea nota 1. En Yatytay, el 33,33 % de las palmeras tuvieron entre 25 – 50 % de espina con nota 2; en Obligado con 36,67 % y Artiga con 33,33 % abundaron palmeras cuyo estípite estaba cubierto entre 76 -100 % espina o sea nota 4.

En la evaluación de la forma del fruto (Tabla 6), la población de Obligado con el 90 %, en Trinidad1 y Artiga el 80 % y en Trinidad2 el 63,33 % de los frutos tuvieron forma esférica. En Yatytay, el 60 % de las palmeras tienen frutos con forma 3 o drupa globosa. Entre todas las poblaciones en estudio el 71,43 % fueron forma esférica y presentan diferencias ($p < 0,05$) con respecto a las otras formas de los frutos.

La coloración de los frutos (Tabla 6) abarcó una amplia gama de colores, en Trinidad1 y Obligado abundó más el color marrón-amarillento, en Yatytay y Artiga el color predominante fue el color verdoso y en Trinidad2 el color castaño. Entre toda la población predomina el color marrón-amarillento con 40 % de la población total evaluada, diferenciándose de los otros colores, variando el predominio de la coloración de una región a otra, y de una planta a otra. La pulpa de los frutos presentó coloración amarillenta, anaranjada y rojiza en algunos casos; el sabor es dulce, amiláceo.

4.2. Correlación de caracteres morfológicos de hojas, estípite y frutos

El análisis de componente principales de caracteres morfológicos de hojas, estípite y frutos (número de folíolo, número de pina, área de pina, área total, altura de planta, diámetro del estípite a los 1.3 m, número de racimo/planta, peso de racimo, peso frutos/racimo, número de frutos/racimo), se observa en la Figura 9. La población de *A. aculeata* de Trinidad 2, donde las variables que describen los caracteres morfológicos considerados fueron significativamente diferentes con respecto a la población de Trinidad1. Comparte un solo carácter morfológico con la población de Obligado, distante a 11,25 km y cuatro caracteres con la población de Yatytay, distante a 75,95 km. Trinidad1 compartió caracteres fenotípicos con las poblaciones de Obligado, Yatytay (distante a 78,12 km) y Artigas (distante a 57,91 km). La

poblacion de Obligado compartió características fenótípicas con las poblaciones de Trinidad2, Yatytay y Trinidad1.

La población de Yatytay fue la que presentó mayor diversidad de caracteres fenotípicos, compartiendo diversidad morfológica y por ende diversidad genética con las poblaciones de Trinidad1, Trinidad2, Obligado y Artigas.

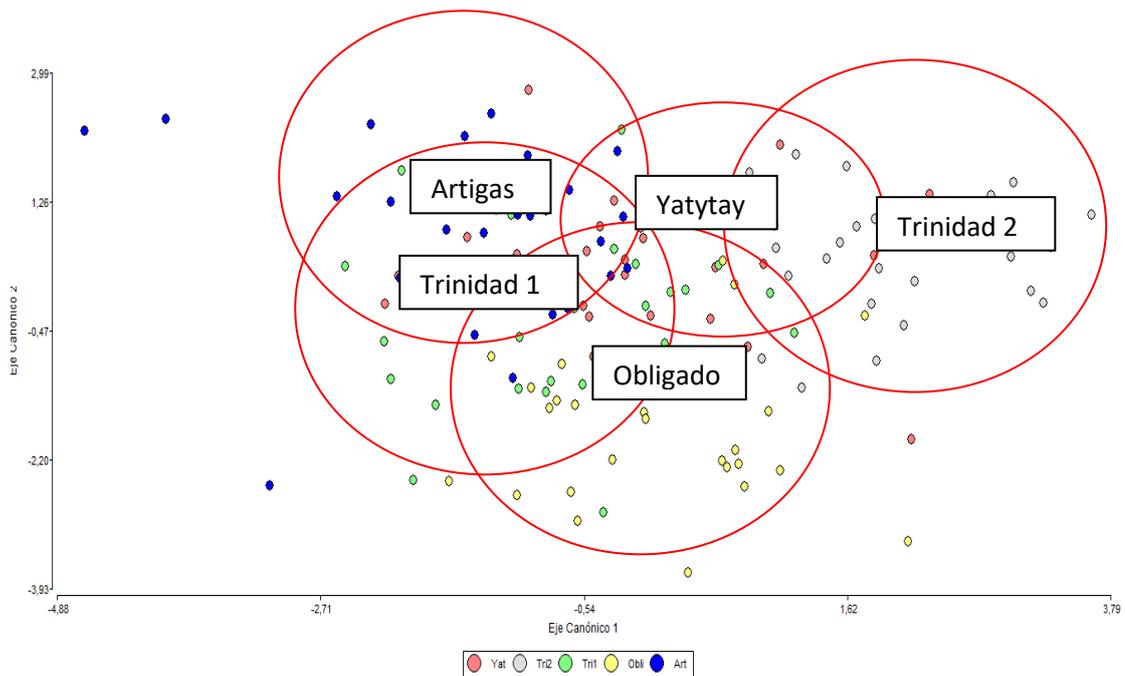


Figura 9. Análisis de Componentes Principales basados en los caracteres morfológicos de hojas, estípites y de frutos de las poblaciones de *A. aculeata*

La correlación de caracteres morfológicos de hojas, estípites y productivos de *A. aculeata* se presenta en la Tabla 7.

La longitud de hoja o pina tiene una correlación positiva y significativa del 50 % con el número de folíolo y correlación negativa con el área del folíolo y el área total de las hojas de la planta, el largo y ancho del folíolo.

El número de folíolo presenta correlación positiva y significativa con el área foliar total en un 24 %, con el diámetro del estípites a los 1,3 m de altura en un 24 %; y con los caracteres productivos de número de racimo, peso frutos y una correlación negativa con la altura de la planta.

El área de la hoja correlaciona positiva y significativamente con la superficie total de la planta, con la altura de la planta en un 36 %. Con el diámetro un 20 % y con los caracteres productivos.

El área total de la planta correlaciona positiva y significativamente con la altura de la planta en un 26 %; con el diámetro un 27 % y con los caracteres productivos entre 20 – 24 %.

La altura de la planta presenta una correlación positiva y significativa de 24 % con el número de racimo/planta y en menor porcentaje con los otros caracteres productivos.

El diámetro correlaciona positiva y significativamente con todos los caracteres productivos, del orden de 20 % para número de racimo y del 31 % para peso de racimo/planta.

El peso del racimo correlaciona positiva y significativamente con el peso del frutos/racimo en 94% y número de frutos /racimo en 81%.

El peso de los frutos por racimo presenta correlación positiva con el número de frutos por racimo en un 85%.

Tabla 7. Correlación de Pearson entre los caracteres morfológicos de hoja, estípite, y los caracteres productivos en poblaciones naturales de *A. aculeata*, Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, 2019.

Variables	NPI	LPI	NFOL	LFOL	AFOL	ARTOT	Altura planta	Diam_ estipite_0.2	Diam_ estipite_1.3	Nº racimo /planta	Peso racimo/kg	Peso frutos /racimo (kg)	Nº frutos /racimo
NPI	1												
LPI	-0.04	1											
NFOL	0.2	0.5**	1										
LFOL	0.09	0.04	0.05	1									
AFOL	0.03	-0.03	0.07	0.01	1								
ARTOT	0.64**	-0.05	0.24**	0.38**	0.31**	1							
Altura planta	-0.03	0.08	-0.06	0.05	0.18	0.26**	1						
Diam_ estipite_0.2	0.13	-0.06	0.09	-0.07	0.08	0.15	0.11	1					
Diam_ estipite_1.3	0.19	0.03	0.22**	0.07	0.13	0.27**	0.05	0.62**	1				
No. racimos/planta	0.11	0.1	0.13	0.18	0.13	0.24**	0.24**	0.13	0.2**	1			
Peso racimo (kg)	0.15	0.15	0.23**	0.08	0.12	0.22**	0.16	0.22**	0.31**	0.37**	1		
Peso frutos/racimo (kg)	0.14	0.16	0.24**	0.14	0.1	0.24**	0.18	0.2**	0.29**	0.37**	0.94**	1	
No. de frutos/racimo	0.06	0.11	0.16	0.11	0.09	0.2**	0.19	0.26**	0.21**	0.3**	0.81**	0.85**	1

**Altamente significativo al 0,05 % de probabilidad de error

Referencias: NPI: número de pina; LPI: longitud de la pina u hoja; NFOL: número de folíolos; LFOL: longitud de folíolo; AFOL: ancho del folíolo; ARPI: área de la pina, ARTOT: área total de la pina, Diam_ estipite_0.2 y 1.3: diámetro del estípite a los 0.2 y 1.3 m, NPI: número de pina

4.3 Variabilidad de caracteres morfológicos

Se observó una gran variabilidad fenotípica entre las poblaciones de *A. aculeata* estudiadas como entre plantas dentro de la población para muchas de las variables analizadas. Los coeficientes de variación dentro de la población y entre la población reflejaron la variación de cada carácter con relación a la media. Las variables que presentaron mayor coeficiente de variación dentro de la población son: número de frutos por racimo, largo de la pina u hoja, número de folíolo, área total de la pina/planta, la relación entre largo del folíolo/distancia entre folíolo, largo del folíolo y relación largo-ancho del folíolo (Tabla 8).

Los caracteres fenotípicos de mayor variabilidad entre las poblaciones de palmeras fueron número de fruto/racimo y número de folíolo, área total de la pina de la planta, relación largo-distancia entre folíolo (Tabla 8). En cuanto a la proporción de variabilidad entre/dentro de las poblaciones de palmeras fueron mayores en las variables: diámetro longitudinal/diámetro transversal del fruto, N° racimos/planta, altura de la planta, diámetro transversal de los frutos, diámetro longitudinal del fruto y la relación de la distancia entre folíolo en la pina respecto al ancho del folíolo de la hoja.

Tabla 8. Componente de varianza dentro, entre y la relación entre/dentro de las poblaciones para los caracteres morfológicos y productivos de *A. aculeata*

Variable	Dentro	Entre	Rel_Entre-Dentro
LPE	7,55	0,00	0,00
NPI	4,80	0,85	0,18
LPI	27,82	4,56	0,16
NFOL	25,15	10,80	0,43
DIFOL	0,33	0,19	0,56
LFOL	7,67	1,97	0,26
AFOL	0,16	0,05	0,30
L-AFOL	6,19	0,81	0,13
ARPI	0,54	0,27	0,50
APTOT	0,02	0,00	0,00
APICE	0,06	0,01	0,10
ARTOT	19,68	8,02	0,41
L-DIFOL	13,68	7,81	0,57
DIFOL-A	0,20	0,13	0,63
Altura	1,20	0,93	0,78
DiamEstip0.20	4,88	2,57	0,53
DiamEstip1.3	3,46	1,55	0,45
Nº Racimos/Planta	2,85	2,32	0,82
NºInflo/Planta	0,21	0,04	0,20
PesoRacimo	2,51	1,22	0,49
PesoFruto/Racimo	2,14	0,97	0,45
NºFruto/Racimo	158,35	69,62	0,44
DLFR	0,26	0,16	0,63
DTFR	0,23	0,16	0,69
DL-DTFR	0,04	0,04	0,84

Referencia: LPE= longitud peciolo, NPI= número de pina, LPI= largo de pina, NFOL= número de folíolo, DIFOL= distancia entre folíolo, LFOL= largo de folíolo, AFOL= ancho de folíolo, L-AFOL= relación largo/ancho de folíolo, ARPI= área de la pina, AP-TOT= relación entre tercio superior del folíolo respecto al área total del folíolo, APICE= relación entre la superficie del tercio superior del folíolo respecto de un rectángulo que lo inscribe, ARTOT= área total de la hoja o pina, L-DIFOL= relación largo del folíolo respecto de la distancia entre folíolo, DIFOL-A= relación de la distancia entre folíolos en la pina respecto del ancho del folíolo, DLFR= diámetro longitudinal de fruto, DTFR= diámetro transversal de fruto, DL-DTFR= relación diámetro longitudinal/diámetro transversal de lo fruto

4.4 Ecotipo de *Acrocomia aculeata*

Todas las variables consideradas (Tabla 9) están dentro o muy próximos al límite de confianza establecido para los caracteres fenotípicos de los palmares en estudio. Los caracteres vegetativos: longitud de la hoja o pina, número de folíolo, diámetro a los 1,3 m están dentro de los valores reportados para *A. aculeata sub. totai*. En los caracteres productivos: peso de racimo, diámetro longitudinal y transversal del fruto, forma y color del fruto son similares a lo reportado para *A. aculeata sub. totai*. La altura de la planta es inferior a lo reportado para este ecotipo. En el número de frutos/racimo fueron superiores a lo reportado para *A. aculeata sub. totai*. El porcentaje de espinas en el estípite encontrado en las diferentes poblaciones analizadas, varió de 0 – 100 %. La forma del estípite encontrada fue cónica, cilíndrica e intumesciente (Figura 17).

Tabla 9. Estimación de valores esperados para los caracteres morfológicos y productivos en palmares de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay y comparación con reportes bibliográficos.

Variable	Estimación	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	<i>A. aculeata sub. totali</i>	<i>A. aculeata sub. sclerocarpa</i>	<i>A. aculeata sub. intumescens</i>
LPE	28,77	0,62	27,55	29,98			
NPI	26,89	0,40	26,1	27,67			
LPI	202,92	2,30	198,38	207,46	1,5 - 3,5 m. <u>7</u>	1,64 -3,63 m. <u>4</u>	
NFOL	250,13	2,20	245,78	254,48	130 pares <u>2</u>	168 pares <u>4</u>	
DIFOL	1,31	0,03	1,25	1,37			
LFOL	70,72	0,64	69,45	71,99		45 -70 cm <u>4</u>	
AFOL	1,72	0,01	1,69	1,75			
L-AFOL	41,65	0,51	40,64	42,65			
ARPI	2,41	0,05	2,31	2,50			
AP-Tot	0,20	0,00	0,20	0,21			
APICE	0,63	0,00	0,62	0,64			
ARTOT	65,02	1,71	61,64	68,4			
L-DIFOL	56,86	1,26	54,38	59,34			
DIFOL-A	0,79	0,02	0,75	0,82			
Altura planta	5,22	0,12	4,98	5,45	>10 m ¹		
Diam_estipite_0.2	28,54	0,44	27,67	29,41			
Diam_estipite_1.3	21,78	0,30	21,18	22,38		21 - 36 ⁴	
No. racimos/planta	8,48	0,29	7,91	9,05	6,3 ⁵		
No. inflorescencia/planta	0,05	0,02	0,01	0,08			
Peso racimo	4,34	0,22	3,90	4,79	3,5 ⁵		

Continuación Tabla 9...

Variable	Estimación	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	<i>A. aculeata sub. totai</i>	<i>A. aculeata sub. sclerocarpa</i>	<i>A. aculeata sub. intumescens</i>
Peso frutos/racimo (kg)	3,36	0,19	2,98	3,73			
No. de frutos/racimo	234,79	13,9	207,33	262,26	138,2 ⁵	953 ⁴	
DLFR	3,25	0,02	3,20	3,30	3,42±0,15 cm ³	5,03±0,13 ³	
DTFR	3,26	0,02	3,21	3,30	3 - 4 cm ⁷ ; 3,18-4.38 ⁶		
DL-DTFR		1,00	0,00	0,99	1,01		
Peso frutos (gr)					≤30 g ¹	≥40 g ¹	≤30 g ¹
PEEST	Entre 0 - 100 %				En corona, tercio sup. ¹		Completo tercio superior ¹
FEST	Cónico, Cilíndrico e Intumescentes				Cilindro ¹	Cilindro ¹	Garrafa o intumescentes ¹
FFR	Esférico, drupa globosa, achatado				Drupa globosa ¹		Drupa globosa ¹
CFR	Marrón -amarillento, castaño, verdoso, marrón oscuro				Verde inten., marrón ¹	Amarron. ¹	Verde claro, marrón ¹
	Pulpa amarilla, anaranjada, rojizo; amiláceo				Pulpa amarilla, amiláceo ¹		Pulpa rojiza, amiláceo ¹
Referencia	Fuente:						
	¹ Pimentel <i>et al.</i> (2011)						
	² Nucci (2007)				⁵ Valim (2015)		
	³ Santos <i>et al.</i> (2013)				⁶ Costa (2009)		
	⁴ Faria (2012)				⁷ Paul y Steinhort (2011)		

4.5 Caracterización ambiental

Las áreas seleccionadas para la presente investigación están caracterizadas en la Tabla 10, y cuya ubicación en el mapa del departamento de Itapúa están dadas en la Figura 4 y 5.

Las poblaciones de Trinidad 1 y Yatytay están asentadas en chacras de maíz y mandioca para Trinidad 1 y de cultivo de tung (*Vernicia fordii*) en Yatytay; las poblaciones de Artiga y Trinidad 2 están en sistema silvopastoril, donde están asociados con *Cynodon dactilon* en Artiga y *Panicum maximun* y *Andropogon bicornis* en Trinidad 2; la población de Obligado está asentadas en pastizales de *Brachiaria brizanta*, pero hoy día está siendo objeto de urbanización, por la expansión de la ciudad. La población de Obligado es la que ha presentado mayor cantidad de plantas muertas y la de Trinidad2 la mayor cantidad de individuos jóvenes en diferentes rangos de diámetros. Las poblaciones de Trinidad1 sufren una enorme depredación antrópica de las plántulas recién germinadas que son extraídas y vendidas para el terere o mate frio, bebida de uso diario en todo el Paraguay. Además, se presenta acción de herbivorismo de ganado bovino.

La altitud sobre el nivel del mar de los palmares de *A. aculeata* en estudio, va de 133 a 228 m.s.n.m.

Los palmares estudiados se localizan entre Y=575602 y X=7020488 que corresponde a Artiga, localizada al sur del Departamento de Itapúa, hasta Y= 689887 y X= 7045550 que corresponde a la población de palmeras ubicada en Yatytay, localizada al norte de este Departamento, tal como se observa en el Tabla 10 y Figura 4 y 5.

Tabla 10. Características de las áreas con poblaciones naturales de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Población	Municipio	UTM			Altitud (m.s.n.m)
		Y	X	J	
Trinidad1	Trinidad cruce	629572	6999471	21	133
Trinidad2	Trinidad - San Pedrito	628613	6997076	21	136
Yatytay	Yatytay	689887	7045550	21	228
Obligado	Obligado	634478	7006683	21	180
Artiga	Artiga	575602	7020488	21	138

Las variaciones climáticas dadas por 2 estaciones meteorológicas (Figura 10 y 11) próximas a los palmares de Artiga, Trinidad1, Trinidad2 y Obligado; y la de Capitán Meza, próxima a la población de palma de Yatytay; se registran variaciones mínimas en cuanto a temperatura, tal como se observa en la Figura 10, con medias anuales de 21 °C, mínima media anual entre 18,4 – 19,5 °C y máxima media anual entre 23,1 – 25,4 °C, y extremos térmicos que pueden llegar por debajo de los 0 °C y máxima de 38,5 °C (DGEEC, 2013).

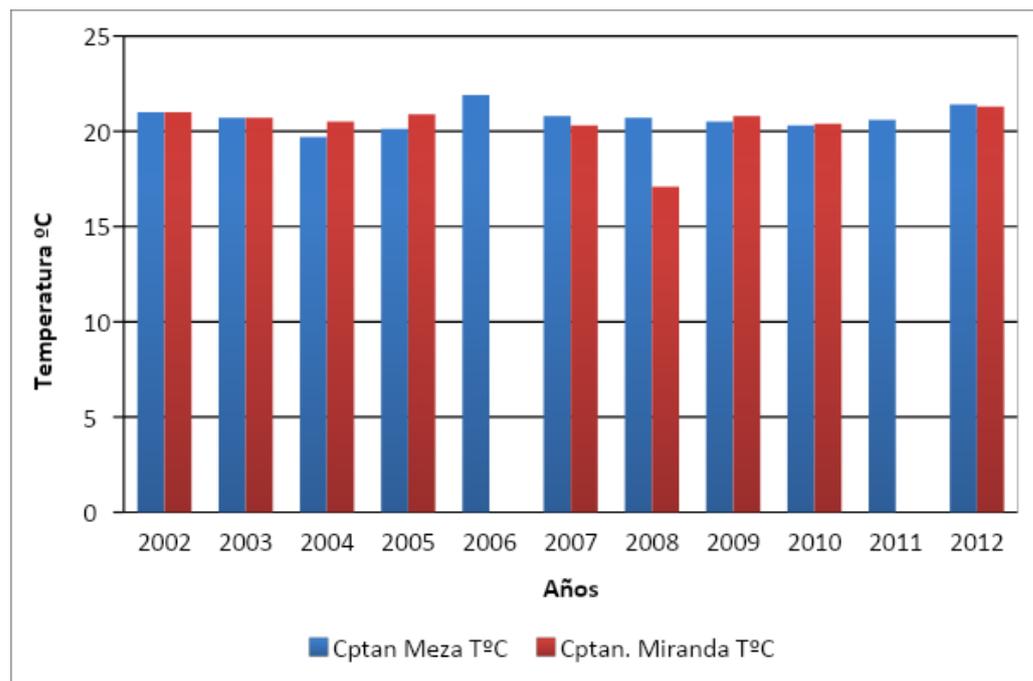


Figura 10. Datos climáticos de Temperatura promedio anual del Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay, entre 2002 - 2012

Fuente: DGEEC, 2013

Los datos de precipitación anual varían entre 1.500 mm y 2.200 mm anuales, con excepción hecha en el 2002 que fue de 2800 mm en Capitán Miranda y de 2.310,4 mm en Capitán Meza; en el año 2004 con la menor precipitación con 945,12 mm en Capitán Meza, tal como se observa en la Figura 11.

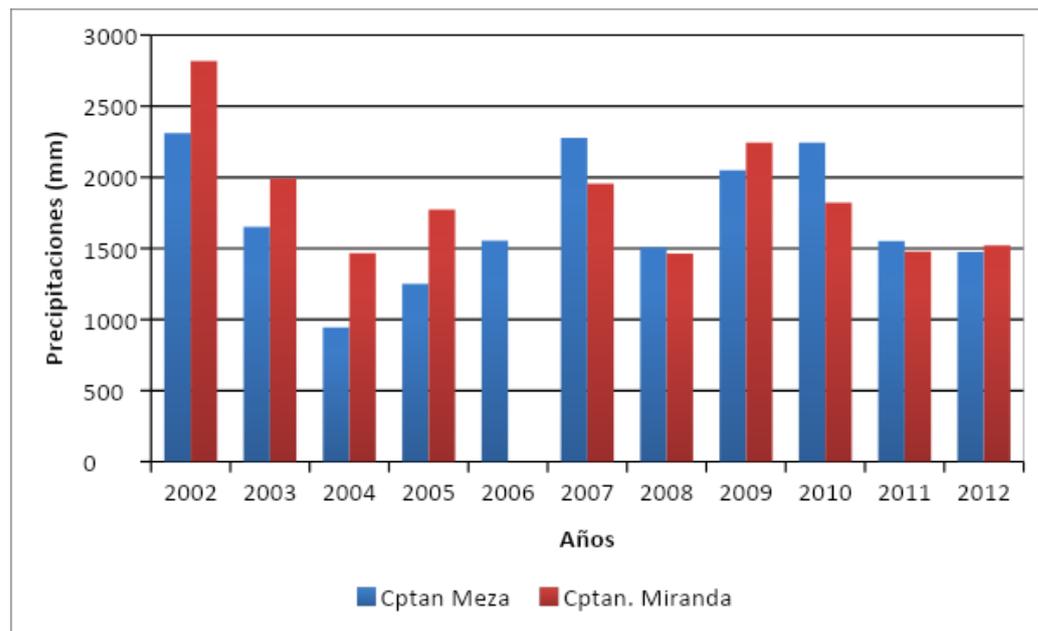


Figura 11. Datos climáticos de Precipitación promedio anual del Departamento de Itapúa - Sur de Paraguay, entre 2002 - 2012

Fuente: DGEEC, 2013

4.5.1 Características físicas del suelo

El Departamento de Itapúa está conformado básicamente por unidades estratigráficas de las formaciones Misiones y Alto Paraná, conformadas por rocas de origen sedimentarias y magmáticas respectivamente. Las areniscas de la Formación Misiones presentan relieves ondulados con remanentes que constituyen cerros. Poseen suelos arcillosos rojizos (latosol), un buen drenaje y en los lugares de su afloramiento se garantiza abundante agua subterránea, y su permeabilidad es muy buena. Los basaltos de la Formación Alto Paraná se encuentran distribuida en una amplia faja de dirección Nor-Este-Sur, bordeando la parte occidental del río Paraná. Estos basaltos forman parte del importante accidente geográfico del Paraguay, la Cordillera de San Rafael. A pesar de su importante distribución geográfica, tienen un alto grado de intemperismo que al alterarse (meteorización), por acción química producen suelos limo - arcillosos de color rojo oscuro, denominados suelos lateríticos, con propiedades muy ricas para los cultivos tipo anual y permanente (Castillo y Pistillo, 2005). El material de origen tiene influencia sobre las propiedades físicas (Tabla 11) y químicas (Tabla 12) originadas de la misma (Encina *et al.*, 2010).

Tabla 11. Taxonomía y características físicas de los suelos de las poblaciones naturales de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay, basado en Soil Taxonomy (1994)

Localidad	Taxonomía de suelo *	Interpretación *	% de arcilla**	Textura***
Artiga	U10.4 (La/B2n)	Ultisol-Udult-Paleudult-Rhodic Paleudult de textura arcillosa fina (situado en lomada, de origen arenisca/relieve de 3 – 8%, drenaje bueno y pedregocidad nula)	30	Franco-arcillo-arenosa
Obligado	U10.5 (Lb/B2n)	Ultisol-Udult-Paleudult-Rhodic Paleudult de textura arcillosa muy fina (situado en lomada, de origen basalto/relieve de 3 – 8%, drenaje bueno y pedregocidad nula)	45	Arcillo-arenosa
Trinidad1	U11.2 (La/B2n)	Ultisol-Udult-Paleudult-Rhodic Paleudult de textura francosa gruesa (situado en lomada, de origen arenisca/relieve de 3 – 8%, drenaje bueno y pedregocidad nula)	40	Arcillo-arenosa
Trinidad2	U11.2 (La/B2n)	Ultisol-Udult-Paleudult-Rhodic, de textura francosa gruesa (situado en lomada, de origen arenisca/relieve de 3 – 8%, drenaje bueno y pedregocidad nula)	31	Franco-arcillo-arenosa

Yatyty	U10.4 (Lb/B/C2n)	Ultisol-Udult- Paleudult-Rhodic Paleudult, de textura arcillosa fina(situado en lomada, de origen basalto/relieve de 3 – 15%, drenaje bueno y pedregocidad nula)	52	Arcillosa fina
--------	---------------------	---	----	----------------

Referencia: * Clasificación e interpretación de tipo de suelo de la Región Oriental del Paraguay, basado en Soil Taxonomuy (1992) según PRUT (1995)

**% de arcillas según resultados del análisis de suelos del área estudiada.

***Clase textural, acorde resultado de análisis de suelos y basado en (Encina *et al.*, 2010).

Las diferencias observadas en la clase textural entre la clasificación taxonómica para los suelos de la Región Oriental del Paraguay, basado en Soil Taxonomuy (1992) según PRUT (1995) respecto a lo observado en el resultado de análisis de suelo para Artiga y Trinidad1, se deba a que la clasificación taxonómica y sus clases texturales se realizó a nivel macro o regional y los resultados de los análisis físicos de los suelos de las poblaciones de palmeras de *A. aculeata*, son muy puntuales o sea muy localizado y muestreadas de 0 - 20 cm de profundidad.

4.5.2 Características químicas del suelo

Se determinó 17 variables químicas del suelo, que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico del suelo en la capa de 0 - 20 cm de profundidad en área de distribución natural de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Elemento	Unidad de medida	Trinidad1	Trinidad2	Yatyty	Obligado	Artiga
MO	%	4,20	1,67	2,22	3,42	2,19
P	mg.kg-1	4,46	<3,00	<3,00	3,01	<3,00
K	cmol(+).kg-1	0,30	0,15	0,59	>0,50	0,15
Ca	cmol(+).kg-1	8,99	0,48	7,02	7,54	0,99
Mg	cmol(+).kg-1	3,44	0,39	1,27	1,55	1,25
pH	-	5,71	4,64	5,57	5,69	5,25
pH SMP	-	5,72	5,55	5,83	6,05	5,93
Al	cmol(+).kg-1	0,01	1,17	0,01	0,01	5,93
H+Al	cmol(+).kg-1	6,13	6,96	5,61	4,79	0,37
CIC	cmol(+).kg-1	18,86	7,98	14,49	14,38	5,24
V	%	67,50	12,78	61,28	66,69	7,63
S	mg.kg-1	7,80	9,62	7,02	7,28	8,19
Fe	mg.kg-1	232,77	56,38	144,19	139,32	49,33
Cu	mg.kg-1	1,11	0,35	2,42	1,58	0,44
Zn	mg.kg-1	1,86	0,23	0,95	4,52	0,21
B	mg.kg-1	0,27	0,28	0,29	0,31	0,28
Mn	mg.kg-1	5,57	7,71	9,25	6,96	18,24
% Arcilla		40,00	31,00	52,00	45,00	30,00

El contenido de materia orgánica (M.O) en el suelo variaron de 1,65 - 4,46 % (Tabla 12); siendo bajo para Trinidad2, Artiga y Yatyty; medio en Obligado y alto en Trinidad1 con 4,46 %.

La cantidad de fósforo fue muy bajo en todas las poblaciones del mbokaya, siendo considerada muy baja, con valores de 4,46 mg.kg⁻¹ en Trinidad1 y las demás poblaciones con valores <3 mg.kg⁻¹.

El contenido de potasio varió de 0,15 cmol(+).kg⁻¹ (medio) en Artiga y Trinidad2; 0,3 cmol(+).kg⁻¹ (alto) en Trinidad1 y >0.50 cmol(+).kg⁻¹ (muy alto) en Obligado y Yatytay.

El calcio varió de 0,48 a 8,99 cmol(+).kg⁻¹. Siendo muy bajo en Artiga y en Trinidad2 y > 7,02 cmol(+).kg⁻¹ considerado muy alto en Obligado, Yatytay y Trinidad1.

Los valores del magnesio variaron de 0,39 – 3,44 cmol(+).kg⁻¹; siendo muy bajo en Trinidad2; alto en Artiga, Yatytay y Obligado y muy alto en Trinidad1 con 3,44 cmol(+).kg⁻¹.

El pH H₂O del suelo varió de 4,64 a 5,71; donde Trinidad2 el suelo considerado muy ácido; acidez media en Artiga y levemente ácida en Obligado, Yatytay y Trinidad1.

La cantidad de aluminio en el suelo varió de 0,01 cmol(+).kg⁻¹ considerado muy bajo en Yatytay, Trinidad1 y Obligado; alto en Trinidad2 con 1,17 cmol(+).kg⁻¹ y muy alto con 5,93 cmol(+).kg⁻¹ en Artiga.

El contenido de H+Al varió de 0,37 cmol(+).kg⁻¹ en Artiga a >4,79 cmol(+).kg⁻¹ en Obligado, Trinidad1, Yatytay y Trinidad2. Freitas Teles (2009) menciona niveles entre 1,5 – 4,3 cmol_c.dm⁻³ en palmares de *A. aculeata*.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos con poblaciones naturales del mbokaya, varió de 5,24 – 18,86 cmol(+).kg⁻¹, siendo bajo en Artiga con suelo de textura franco-arcillo-arenosa; con valor adecuado en Trinidad2 con suelo de textura franco-arcillo-arenosa y muy alto en Obligado y Trinidad1 de texturas arcillo-arenosa y en Yatytay de textura arcillosa fina.

La saturación de base (V %) con valores de 7,63 – 67,50 %, donde en Artiga y Trinidad2 fueron muy baja; medio en Yatytay; y alta en Obligado y Trinidad1.

Los valores del micronutriente azufre son bajo en Yatytay, Obligado y Trinidad1 con valores de 7,02 - 7,8 mg.kg⁻¹; y medio en Artiga y Trinidad2.

El contenido del micronutriente hierro fue de valores entre 49,33 mg.kg⁻¹ y 232,77 mg.kg⁻¹; con valores medio, se tuvo en la población de Trinidad2, en Yatytay, Artiga y Obligado; nivel alto en Trinidad1 con 232,77 mg.kg⁻¹.

El nivel de cobre en el suelo de Trinidad2 fue bajo con 0,35 mg.kg⁻¹; medio en Artiga, Trinidad1 y Obligado con 0,44 - 1,58 mg.kg⁻¹; son alto en Yatytay con 2,42 mg.kg⁻¹.

La cantidad de Zinc encontrado en los suelos de las poblaciones del mbokaya de nivel medio en Trinidad2 y Artiga valores de 0,21 - 0,23 mg.kg⁻¹; alto con 0,95 mg.kg⁻¹ en poblaciones de Yatytay; y muy alto en suelo de Trinidad1 y Obligado con valores de 1,86 - 4,52 mg.kg⁻¹.

Se encontraron niveles de boro entre 0,27 – 0,29 mg.kg⁻¹ en los suelos de las poblaciones naturales de Trinidad1, Artiga, Trinidad2 y Yatytay, considerados de nivel medio; niveles alto en poblaciones de Obligado con 0,31 mg.kg⁻¹.

El micronutriente manganeso se encontró en dosis alta en todas las poblaciones de palmeras de *A. aculeata* estudiada, oscilando entre 5,57 – 18,24 mg.kg⁻¹.

4.6 Caracterización productiva

Los datos referidos a caracteres productivos se observan en la Tabla 13. Los caracteres productivos han mostrado mayor variabilidad dentro y entre poblaciones, además la más alta proporción de variabilidad observada respecto a los caracteres vegetativos, tal como se observa en la Tabla 7. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en los caracteres productivos de las diferentes poblaciones (Tabla 4).

4.6.1 Caracterización agronómica de los frutos

Se observó la presencia de diferentes estados fenológicos de florecimiento y fructificación, con racimos de frutos en diferentes estados de desarrollo y en dispersión en la misma planta, en las diferentes poblaciones.

La cantidad de racimos por planta varió entre y dentro de las poblaciones, tal como se observa en la Tabla 7 y la Tabla 13. Los mbokaya produjeron entre 5,17 a 10,8 racimos por planta, con media de 8,5 racimos por planta, donde la cantidad máxima de racimos encontrados en las diferentes poblaciones oscila entre 11 en Trinidad2 y de 21 en Artiga.

En cuanto a la cantidad total de frutos producidos por racimos, se ha encontrado media general de 234,87 lo que representaría entre 1991,70 – 5428,89 frutos/planta; los valores máximos oscilan entre 308 frutos en planta de Trinidad 2 y de 875 frutos en Artigas.

El peso de los racimos tuvo medias que variaron entre 2,51 - 6,14 kg entre las poblaciones y valores extremos que variaron entre 0,450 - 12,6 kg en Trinidad1 (Tabla 13).

En cuanto al peso de los frutos por racimo (Tabla 13), se tuvo media general de 3,358 kg; el peso de los frutos entre la población oscilaron entre 0,280 kg en Trinidad 2 a 10,65 kg en Obligado.

4.6.2 Caracterización física de los frutos

En el diámetro longitudinal se presentan variaciones entre 3,01-3,48 cm y media general de 3,25 cm. En el diámetro transversal de los frutos, con media general de 3,26 cm y diámetro máximo entre 3,4 cm en Artiga y 4,08 cm en Trinidad2. En general la media de los diámetros no varió, dándole forma de drupa achatada o en algunos casos forma esférica. El diámetro varió de una población a otra; dentro de la población varió de una planta a otra y en el racimo varió de acuerdo con su posición en la misma, siendo mayores en la base y menor en la punta del racimo.

Tabla 13. Características productivas de las poblaciones naturales de *A. aculeata* en el Departamento de Itapúa, Sur de Paraguay

Población	Nº Inflor.	No. racimo/plant a		No. de frutos/racimo		Peso de racimo (kg)		Peso de fruto kg/racimo		DLFR		DTFR	
		Media	Máx	Media	Máx	Media	Máx	Media	Máx	Media	Máx	Media	Máx
Art	2	8,83	21,00	294,80	875,00	4,05	9,19	2,97	6,91	3,01	3,51	3,09	3,40
Obli	4	10,80	15,00	310,10	634,00	6,14	12,25	4,94	10,65	3,48	4,04	3,43	3,96
Tri1	1	10,52	17,00	221,90	542,00	4,73	12,60	3,55	9,54	3,32	3,8	3,34	3,68
Tri2	0	5,17	11,00	119,77	308,00	2,51	4,45	2,06	4,30	3,22	3,99	3,36	4,08
Yat	0	7,07	12,00	227,80	842,00	4,31	11,00	3,27	9,65	3,23	4,04	3,07	3,84
Media	1,40	8,47	15,20	234,87	640,20	4,35	9,90	3,36	8,21	3,25	3,88	3,26	3,79

Referencia: Art (Artigas), Obli (Obligado), Tri1 (Trinidad 1), Tri2 (Trinidad 2), Yat (Yatytay), Máx (máximo), DLFR (diámetro longitudinal del fruto), DTFR (di)

5. DISCUSION

El número de hojas de las plantas de *A. aculeata* ha presentado correlación negativa con los caracteres productivos; lo que indica que al tener menos hojas, la cantidad de racimos, pesos de los frutos y números de frutos podría ser mayor, posiblemente debido a una mayor eficiencia en la translocación de fotoasimilados, similar como lo reportado por Ayala y Gómez (2000) en estudios de progenies de la palma aceitera *Eleais guinensis*. Sin embargo el número de hojas cumple una función ecológica fundamental, como lo menciona Correa *et al.* (2016) que observaron una fuerte correlación linear positiva entre la precipitación y el escurrimiento por el estípite, debida a las características morfológicas de la copa, que favorece la captación de agua de lluvia y conduce mayor volumen de agua por el estípite, aun con pequeños eventos de lluvia. Por esta característica, sería conveniente destinar las plantas con hojas numerosas para área de protección; y serviría como fuente de alimentos y la nidificación para la avifauna. Además correlaciona negativamente con el largo de la hoja y la altura de la planta; donde las plantas más altas tienen las hojas más cortas y en menor cantidad. Pero presenta una correlación positiva con el área foliar total en un 64 %.

La altura de la planta correlaciona positiva y significativamente con el número de racimo por planta en un 24 %, lo cual podría considerarse buena, dada que la especie no es domesticada. Está condición, posiblemente sea a que las plantas más altas, no presentan competencia por luz y por ende repercute en la mayor producción de racimos.

Los diámetros de estípite a los 0,20 y 1,3 m, presentan una correlación positiva y significativa con todos los caracteres productivos evaluados, en un rango de 20 – 31 %., que podría ser considerada como buena, dada la condición de especie no domesticada. Esta característica, podría representar un carácter de selección indirecta de plantas altamente productivas en edad temprana.

Entre los caracteres productivos, el número de racimo por planta correlacionó positivamente con los otros caracteres productivos analizados.

Infrutescencia

Fueron encontrado plantas de *A. aculeata* con 2 a 21 racimos/planta. De 0,450 a 12,60 kg/racimo. Con peso de frutos/racimo entre 0,28 a 10,65 kg. Y entre 13 a 875 frutos/racimo.

El número de racimos tuvo mayor variabilidad dentro de la población que entre las poblaciones, con promedios de 8,5 racimos/planta. Fueron encontrados genotipos entre 308 – 875 frutos y media de 640,2 frutos/racimos entre los genotipos superiores, revelando la existencia de variabilidad en los caracteres productivos de la especie.

Esto posibilitara la selección de genotipos superiores basado en los caracteres productivos, a fin iniciar el programa de mejoramiento genético de la especie en Paraguay. En general, se encontró la más alta variabilidad en los caracteres productivos dentro de la población, que entre la población. La proporción de variabilidad llegó hasta 81 % en N° de racimo/planta, lo cual es importante para iniciar programas de mejoramiento genético basado en los caracteres productivos. Ya Berton *et al.* (2012), revelaron la existencia de variabilidad en los caracteres productivos en la especie, lo que se corrobora con esta investigación.

Los palmares de *Acrocomia* estudiados presentan diferentes fenofases en la misma planta y al mismo tiempo. Se puede encontrarse en la misma planta y al mismo tiempo, racimo en estado de floración, frutos en diferente fase de crecimiento y otros en dispersión.

Especie o ecotipo de *Acrocomia*

La proporción de variabilidad entre/dentro de las poblaciones de palmeras del género *Acrocomia* fueron mayores en las siguientes variables: diámetro longitudinal/diámetro transversal del fruto y N° racimos/planta, llegando a 84 y 81 % de variabilidad. En menor proporción de variabilidad se tuvo a la altura de la planta y el número de foliolo (Tabla 7). En razón a esta variabilidad observada, se formaron grupos de palmeras de características morfológicas y productivas superiores, dentro y entre poblaciones. Aunque la proporción de variabilidad de estos caracteres morfológicos haya llegado al 84 % en algunas variables, ninguno fue ≥ 1 como para pertenecer a ecotipo distinto. Este resultado corrobora las afirmaciones de Lorenzi *et al.* (2010) y Pimentel *et al.* (2011), que menciona al Paraguay, como área de distribución natural de *A. totai*.

Sin embargo, en el análisis morfológico del estípite en las poblaciones estudiadas, se ha encontrado en igual proporción plantas con estípite cilíndrico, cónico y con cierta intumescencia. Esta intumescencia, hace suponer que pertenecería a *A. intumescens* y posibles híbridos con *A. totai*. Esta posibilidad hace necesario, el estudio de la diversidad genética, con marcadores moleculares del género *Acrocomia* en Paraguay.

Caracterización ambiental

Las condiciones ambientales en el área de distribución de la especie en el sur de Paraguay, va de temperatura extrema de 0 – 38,5 °C. Precipitaciones entre 1.500 – 2.200 mm anuales. Los suelos son Ultisoles de origen areniscas y de basaltos. Contenido de 3 – 50 % de arcilla. Porcentaje de materia orgánica entre 1,67 – 4,20. El fósforo entre 3,0 – 4,46 mg.kg⁻¹. El pH entre 4,64 – 5,71. Aluminio entre 0,01 –

5,93 cmol(+).kg⁻¹. Saturación de base de 7,63 – 67,50 %. Hierro de 49,33 – 232,77 mg.kg⁻¹. Estos resultados denotan una amplia diversidad de tipos de suelos, textura y composición química. Lo cual demuestra que las especies del género *Acrocomia* poseen una plasticidad adaptativa a diferentes ambientes y condiciones edafoclimáticas para expresar al máximo su potencial genético, tal como han reportado anteriormente (Novaes, 1952; Lorenzi, 1992; Motta *et al.*, 2002 y Freitas Teles *et al.*, 2011). Estas características lo convierten en una especie promisoría para ocupar lugares marginales, limitados por sus características físico-química para otros cultivos. Además de la flexibilidad reproductiva de la especie *Acrocomia* (cruzado y de autopolinización) sugiere que esta especie, puede tener mucho éxito en la colonización de nuevas áreas, lo que es evidenciado por la amplia distribución de la especie en la región neotropical (Scariot *et al.*, 1991) y en diferentes tipos de ambientes del Paraguay.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio realizado en el Departamento de Itapúa, Extremo Sur de Paraguay, se concluye lo siguiente:

1. Existe variabilidad para los caracteres morfológicos y productivos de las poblaciones estudiadas de *Acrocomia* sp., siendo la población de Trinidad2 la que presenta mayor disimilitud de sus caracteres con respecto a las demás poblaciones. La población de Yatytay presenta la mayor variabilidad y agrupa a los caracteres de las demás poblaciones. Esta situación, posibilitaría realizar colectas de genotipos superiores en esta población, debida a la singularidad ya mencionada para iniciar programa de mejoramiento genético de la especie en la región.
2. En el aspecto taxonómico, el ecotipo encontrado pertenece a *A. totai*.
3. El número de hojas presentaron correlación negativa con los caracteres productivos, donde las plantas con mayor número de hojas son menos productivas.
4. El diámetro en la base de las plantas de *Acrocomia* sp. presentaron una estrecha correlación con los caracteres reproductivos, que tienen gran importancia en la valoración económica de la especie, evidenciando la posibilidad de seleccionar árboles altamente productivos a edades tempranas.
5. En cada ambiente estudiado hubo presencia de plantas de *Acrocomia* sp. con genotipos superiores, evidenciando la variabilidad genética y la plasticidad fenotípica de la especie.
6. Las palmeras de *Acrocomia* sp. asentadas en suelos derivados de basaltos, de textura arcilloso, con mejores características físico-química, presentaron mayores caracteres productivos, como se podido observar en Obligado, Trinidad 1 y Yatytay. En los suelos derivados de areniscas, de textura franco-arcillo-arenoso, con características físico-químicas más limitados, presentaron caracteres productivos reducidos, observada en Artiga y Trinidad 2.
7. Las propiedades químicas del suelo, como el pH, porcentaje de base intercambiable y contenido de aluminio, afecta directamente a la capacidad productiva de las palmeras, tal como se observa en la población de Trinidad2.

8. BIBLIOGRAFIA

- Abreu, A. G.; R. H. Geribello Priolli; J. A. Azevedo-Filho; S. M. Nucci; M. I. Zucchi; R. Marques Coelho and C. A. Colombo. 2012. "The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae)". *Genetic and Molecular Biology* 35 (1):119 - 121.
- Aquino, F.F.; P. P. De Sousa; I. G. Andrade; L. M. Ribeiro y M. O. Mercadante-Simões. 2009. "Efeito da luz sobre a anatomia foliar de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Martius (Arecaceae)". *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*, 3 pp.
- Arrúa, R. D; G. Gonzalez; C. Cespedes; Y. Gonzalez; C. Vogt y G. Delmás. 2009. "Flora y vegetacion de la compañía Pikysry, Caacupé, Departamento de Cordillera, Paraguay". *Rojasiana* 8 (2): 65 - 80.
- Ayala, I. M. y P. L. Gómez. 2000. Identificación de variables morfológicas y fisiológicas asociadas con el rendimiento en materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas*, 21 (especial), p 10-21.
- Bartrina, L. 2007. "Contexto geográfico general. Biodiversidad del Paraguay: Una aproximación a sus realidades". (Salas–Dueñas, DA, and JF Facetti, eds.). *Fundación Moisés Bertoni*. Asunción, Paraguay, p. 25-32.
- Berton, L.H.C; J.A. Azevedo Filho; C.R.L. Carballo; W.J. Siqueira; C.A. Colombo. 2012. *Seleção de matrizes de macaúba (Acrocomia aculeata) para produção de biodiesel. VI Workshop Agroenergia*. Riberirao Preto, Sao Paulo. ISBN: 978-85-85564-24-7
- Castillo, A. M. y B. Pistillo. 2005. "Geología del Departamento de Itapúa". *Congreso Paraguayo de Recursos Hidricos*, 1 - 4.
- Correa, J.B.L; H. C.T. Días; A.Y. Sato; K.C. Torello; A.G. Ferraz and F.M. Ferreira. 2016. The influence of the number of the leaves in the macaúba palm *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. On the correlation between stemflow and grossprecipitation. *Revista Árvore*. Viçosa 40(3): 387 – 393. ISSN: 0100-6762.
- Costa, C.F. 2009. "Solos e outros fatores ambientais associados á diversidade fenotípica de macaubais no Estado de Sao Paulo". *Instituto Agronômico, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical*. Tesis de mestre 54 pp.
- Da Conceição, L. D.H.C.S.; R. Antoniassi; N.T. Vilela Junqueira; M.F. Braga; A.F. Faria – Machado; J. Barbosa Rogerio; I. Druprat Duarte and H. Ribeiro Bizzo. 2015. "Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil". *Bio Med Central Research Notes* 8(406):1-9.

- Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC). 2013. "Compendio Estadístico Ambiental del Paraguay 2002 – 2012". Asunción, Paraguay. 119 p.
- Dirección General de Estadísticas, Encuesta y Censos (DCEEC/STP). 2007. Encuesta Permanente de Hogares. Secretaria Técnica de planificación. Presidencia de la Republica. En: Revistas de Estudios Paraguayos. 2010. Fernando de la Mora – Paraguay 28 (1 y 2).
- Di Rienzo, J. A.; A. W. Guzmán and F. Casanoves. 2002. "A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree". *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 7(2):129-142.
- Di Rienzo, J. A; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada; y C. W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Domiciano, G. P. 2015. "Parâmetros genéticos y diversidade en progênies de Macaúba com base en características morfológicas e fisiológicas". *Ciencia Rural* 5(9):1599-1605.
- Encina, A. y J. E. Ibarra. 2010. "Relación entre materiales geológicos y las propiedades físicas y químicas de los suelos". *Investigación Agrarias* 10 (1):59-64.
- Faria, G. 2012. "Caracterizãõ morfoanômica da planta, plantula e sementes da macauba (*Acrocomia aculeata* (Jacq. Lodd. ex Martius)". Universidade Federal de Lavras, Programa de Pos-graduaçãõ en Agronomia/Fitotecnia. Tesis de mestre. 55 p.
- Freitas Teles, H. 2009. "Caracterizaçãõ de ambientes com ocorrênciã natural de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Logg. ex Martius e suas populações nas regiões Centro e Sul do Estado de Goiãas". Tesis Mestrado, Universidade Federal de Goiãas, Programa de Pos-graduaçãõ en Agronomia - Area Produçãõ Vegetal, Goiãnia. 137 p.
- Freitas Teles, H. D.; L. L. Pires; J. García; J. Q. S. Rosa; J. G. Farias y R. V. Naves. 2011. "Ambientes de ocorrênciã natural de macaúba". *En: Pesq. Agropec. Trop.*, Goiãnia 41(4):595-601. ISSN 1983-4063. Disponible en: www.agro.ufg.br/pat.
- Gauto, I. ; R. E. Spichiger and F. W. Stauffer. 2011. "Diversity, distribution and conservation status assessment of Paraguayan palms (*Arecaceae*)". *Biodivers. Conserv.* Springer 20: 2705-2728.
- Gauto, M. I. 2009. "Conservation status assessment of paraguayan palms (*Arecaceae*)". Master in Biology, Universite de Geneve, Faculte des Science, Geneve. 132 p.

- Gray, M. 2005. "Palm and Cycad Societies of Australia". En línea. Fecha de consulta: 13 de agosto de 2016. Anais eletrônicos... Disponível em <http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>.
- Hahn, W. J. 1990. "A synopsis of the Palmae of Paraguay". Universidad of Cornell, Faculty of the Graduate School. 226 pp.
- Hauptenthal, D. I.; A. Schneider y C.B. Sorol. 2011. "Caracterización de frutos de "Mbokaya" *Acrocomia aculeata* de la zona centro - sur del Departamento de Itapúa, Paraguay". VIII Jornada Científico Tecnológico - UNAM, 1.
- Henderson, A.; G. Galeano and R. Bernal. 1995. "Field Guide to de Palms of the Americas". New Jersey: Princepton University, p. 166-167.
- Izquierdo, F. C. 2008. "Análisis de la diversidad y diferenciación genética del Pehuén (*Araucaria araucana*)". Tesis de maestría. Bariloche: Escuela para graduados Alberto Soriano – INTA- EEA Bariloche. 114 p.
- Joseau, J.; A. Verga y M. Díaz. 2005. "Los recursos genéticos de *Prosopis*". IDIA XXI 5 (8):207-211.
- Joseau, M.J., A.R. Verga; M. del P. Díaz and N. B. Julio. 2013. "Morphological diversity of populations of the genus *Prosopis* in the Semiarid Chaco of northern Córdoba and southern Santiago del Estero". American Journal of Plant Sciences 4: 2092-2111.
- Lanes, E. C. 2014. "Variabilidade molecular e sistema de reprodução de Macaúba (*Acrocomia aculeata*)". Tesis Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Fitotecnia. Programa de Pós-graduação e Melhoramento, Viçosa. 112 pp.
- Lanes, E. C.M.; S. Y. Motoike; K. N. Kuki; C. Nick and R. D. Freitas. 2016. "Molecular Characterization and population Structure of the Macaw Palm, *Acrocomia aculeata* (*Arecaceae*), ex Situ Germplasm collection using Microsatellites Markers". Journal of Heredity. 11 p.
- Lima, E. S.; J. M. Felfili; B. S. Marimon y A. Scariot. 2003. "Diversidade, estrutura e distribuição de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central – DF". Revista Brasileira de Botânica 26(3):361-370.
- Lopes Bhering, L.; M. F. Vilelea; F. G. Aquino; B. G. Laviola; N. T. Vilela Junqueira y A. Cargnim. 2010. "Mapeamiento de maciços naturais de ocurrencia de macaúba (*Acrocomia aculeata*) visando á exploração sustentável". En EMRAPA: ALGODÃO, IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simposio Internacional de Oleaginosas Energeticas p 143 -148. João Pessoa.
- Lopes, C. M.; I. Andrade; V. Pedroso y S. Martins. 2004. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 19(2), 61-75.

- López, J. A.; E. L. Litle; G. F. Ritz; J.S. Rombold y M. J. Hahn. 2002. "Árboles comunes del Paraguay". Asunción: Cuerpo de Paz. 178 p.
- Lorenzi, H, Kahn, F., Noblick, L. R., y E. Ferreira. 2010. *Flora Brasileira – Arecaceae (Palmeiras)*. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 368 p.
- Lorenzi, G. M. 2006. "*Acrocomia aculeata* (Lodd.) ex Mart.- *Arecaceae*: Bases para el Extrativismo Sustentavel". Tese doctoral, Universidade Federal do Paraná, Programa Pós-graduação en Agronomia, Curitiba. 172 p.
- Lorenzi, G. M. y R. R. B. Negrelle. 2006. "*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex Mart.: Aspectos ecológicos, usos y potencialidades". *Visão Acadêmica* 7(1):1-12.
- Lorenzi, H.; H. M. Souza; J. T. Medeiros-Costa; L. S. Cerqueira y E. Ferreira. 2004. "Palmeiras brasileira y exóticas cultivadas". Nova Odessa, São Paulo.: Instituto Plantarum. 432 p.
- Lorenzi, H.; H. D. Souza; J. D. Medeiros-Costa; Cerqueira L. D. J. D. y N. V. Behr. 1996. *Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas*. Nova Odessa: *Plantarum*. 156 p.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum. 370 p.
- Lozada, S. y M. Moraes. 2013. "Estructura poblacional de totai (*Acrocomia aculeata*, *Arecaceae*) según presencia de ganado en localidades de Beni y Santa Cruz (Bolivia)". *Ecologia en Bolivia* 48(2):72-86.
- Manfio, C. E.; M. D. V de Resende; C. E.M dos Santos; S. Y. Motoike; M. A. Lonza y J. M. V. Paes. 2011. "Melhoramento genético da macaúba". En: *Informe Agropecuario* 32(265):32 – 40. ISSN: 0100-3364.
- Manfio, C. E.; S. Y. Motoike; M. D. Resende y C. E. Santos. 2012. "Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativa de parâmetro genética e diversidade genética". *Pesquisa Florestal Brasileira* 63-68.
- Manly, B.J.F. 2008. *Métodos estadísticos multivariados*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman. 229 p.
- Marzocca, A. 1985. "Nociones basicas de Taxonomia Vegetal". Costa Rica: Editorial: IICA. 263 p.
- Mehlich, A. 1953. "Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄". North Carolina Soil Test División, Publ. North Carolina Dept. of Agriculture, Raleigh 1 – 53.
- Mérelles, M. F. 2005. "Aportes al conocimiento de la flora y las comunidades vegetales en la cuenca del lago Ypoá, Región Oriental, Paraguay". *Miscelanea* 14:159-168.

- Missouri Botanical Garden. 2016. *Acrocomia aculeata*. Consulta en 20 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.mobot.org/Manual.Plantas/042861/G042863.html>.
- Moraes, M; N. Paniagua; R. Cámara-Leret; H. Balslev y M. J. Macia. 2014. "Palmas útiles de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú". In :Cosechas de Palmas en el Noroeste de Sudamerica- Las bases científicas para su manejo y conservación p. 18. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Mota, C. S., Leite, H. G., y M. A. O. Cano. 2014. Equações para estimar área foliar de folíolos de *Acrocomia aculeata*. Pesquisa Florestal Brasileira, 34(79): 217-224.
- Motta, P. E. F; N. Curi; A. T. Olivera-Filho y J. B. N. Goames. 2002. "Ocorrência da macauba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos y vegetacionais". Pesquisa Agropecuaria Brasileira 37(7):1023-1031.
- Novaes, R.J. 1952. Contribuição para o estudo do coco macaúba. São Paulo, (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – SP. 85 p.
- Nucci, S. M. 2007. "Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genéticas de populações de macaúba". Tesis de Mestre, Instituto Agronomico de Campinas, Programa de Pós-graduação en Agricultura Tropical y Sub-tropical, Campinas. 90 p.
- Oakley, L. J. y D. E. Prado. 2011. "El dominio de los bosques secos estacionales neotropicales y la presencia del arco pleistocénico en la República del Paraguay". Rojasiana 10(1):55-75.
- Oliveira, D. A.; A.F. Melo Junior; M. M. Brandão; L. A. Rodrigues; F.S.A. Fonseca; M. F. M. Ferreira y G. M. Silva. 2008. "Diversidade genética de populações de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. (Arecaceae) no norte do estado de Minas Gerais". In EMBRAPA Cerrado, SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPOSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS 2. Brasília, DF., Brasil: Embrapa Cerrado. 12-17.
- Paul, R.M y Steinhort, I. 2011. "Palmeras: Caracterización taxonómica y palinológica". Editorial Universal, Posadas. Universidad Nacional de Misiones. 96 p.
- Pimentel, L. D.; L. A. Dias; J. M. Paes; A. Y. Sato y S. Y. Motoike. 2011. "Diversidade no gênero *Acrocomia* e proposta de subdivisão da especie *Acrocomia aculeata*". In Informe Agropecuario, Macaúba: potencial e sustentabilidade para o biodiesel. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: EPAMIG 32: 81 - 87.
- Plata Rueda, M. 2014. "Avaliação de germoplasma para melhoramiento e a conservação da macaúba". Universidade Federal de Viçosa, Programa

pós-graduação em Fitotecnia II. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. 44 p.

Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra (PRUT). 1995. "Estudio de Reconocimiento de Suelos, Capacidad de uso de la Tierra y Propuesta de Ordenamiento Territorial Preliminar de la Región Oriental del Paraguay". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Banco Mundial. Asunción – Paraguay. 1246 p.

Ramírez, B.; J. Zoñudo; J. Garcia; J. Délano y E. Pimienta. 2013. "Importancia agroecológica del coyul (*Acrocomia mexicana* Karw ex Mart.)". Estudios Sociales 21(41):96-113.

Sanjimenez-Argandoña, E. J. y C. A. Chuba. 2011. "Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd". Revista Brasileira de Fruticultura 33(3):1023-1028.

Santos, J. V. F dos; W. Machado; F.F. Lira; S. A. Takahashi; M. F. Guimarães y A. C. Leal. 2013. "Caracterização biométrica de frutos diferentes de macaúba". Biochemistry and Biotechnology Reports. Número Especial 2(3):14 – 16. ISSN: 2316 – 5200.

Scariot, A.; E. Lleras and J. D. Hay. 1991. "Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil". Biotropica 23 (1):12-22.

Scariot, A.; E. Lleras and J. D. Hay. 1995. "Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences". Biotropica 27(2):168-173.

SEAM. 2013. Resolución N° 614/13. "Por lo cual se establecen las Ecorregiones para las Regiones Oriental y Occidental del Paraguay". Asunción, Paraguay. 3 p.

Silva, L. C. C.; R. D. C. Lemos; C. G. I. Carvalho; P. I. V. Good-God; L. O. D. Oliveira; M. D. B. L. Costa and M. A. Moreira. 2017. Genetic Diversity And Structure Of Macaw Palm: Implications For Genetic Variability Sampling. *Revista Árvore*, 41(5).

Soil Taxonomy. 1992. "Key to soil taxonomy". Soil Survey staff. AID. USDA. SMSS. Technical Monograph. 19 p.

The Plant List. 2013. Versión 1.1. . Fecha de consulta: 28 de enero de 2019. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/>

USDA. 2016. "National Genetic Resources Program". Consultado el 15 de setiembre de 2016, de Taxon: *Acrocomia* spp.: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?312245>.

- Uzzo, R. P.; M. L. Bovi; S. H. Spiering y L. A. Sáes. 2004. "Coeficiente de caminhamento entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira real australiana". *Horticultura Brasileira* 22(1):136-142.
- Valim, H. 2015. "Variabilidade en progênies de macaúba com base em variáveis quantitativas relacionadas a aspectos agronômicos". Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinaria. Brasília: Universidade de Brasília. 41 p
- Verga, A.; D. López Lauenstein; C. López; M. Navall; J. Joseau; C. Gómez; O. Royo; W. Degano y N. Marcó. 2009. "Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográfica Chaqueña y Espinal norte de Argentina". *Quebracho* 17(1, 2):31-40.
- Verga, A. y H. R. Gregorius. 2007. "Comparing Morphological with Genetic Distances Between Populations: A New Method and its Application to the *Prosopis chilensis*-*P. flexuosa* complex". *Silvae Genetica* 56(2):45-50.
- Verga, A. R. 1995. "Genetische Untersuchungen an *Prosopis chilensis* und *P. flexuosa* (*Mimosaceae*) im trockenen Chaco Argentiniens". Dissertation. In Gottingen Research Notes in Forest Genetics. Gottinger Forstgenetische Berichte. Abteilung für Forstgenetik und Forstpflanzenz Uchun der Universität Göttingen. ISSN 0 940-7103. 96 p.
- Vianna, S. A.; P. A. Hiane; M. N. Jordão y A. Pott. 2015. Evaluación física y nutricional de los frutos de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex Mart. (*Arecaceae*) con base en el color de la pulpa. *Revista Biodiversidad Neotropical* 5(2): 89-95.
- Vianna, S.A; L.H.C. Berton; A. Pott; S.M.C. Guerreiro y C.A. Colombo. 2017. Biometric characterization of fruits and morphoanatomy of the mesocarp of *Acrocomia* Species (*Arecaceae*). *International Journal of Biology* 9(3): 78 – 92. ISSN: 1916 – 9671.
- Von Lisingen, L. y A. C. Cervi. 2009. "*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd ex Mart., nova ocorrência para a flora do Estado do Paraná". *Acta Biol. Par. Curitiva* 36 (3-4):186-192.

9. Anexo



Figura 12. Hoja M2 escaneada para la determinación del largo, ancho y superficie foliar de *A. aculeata* en ImageJ

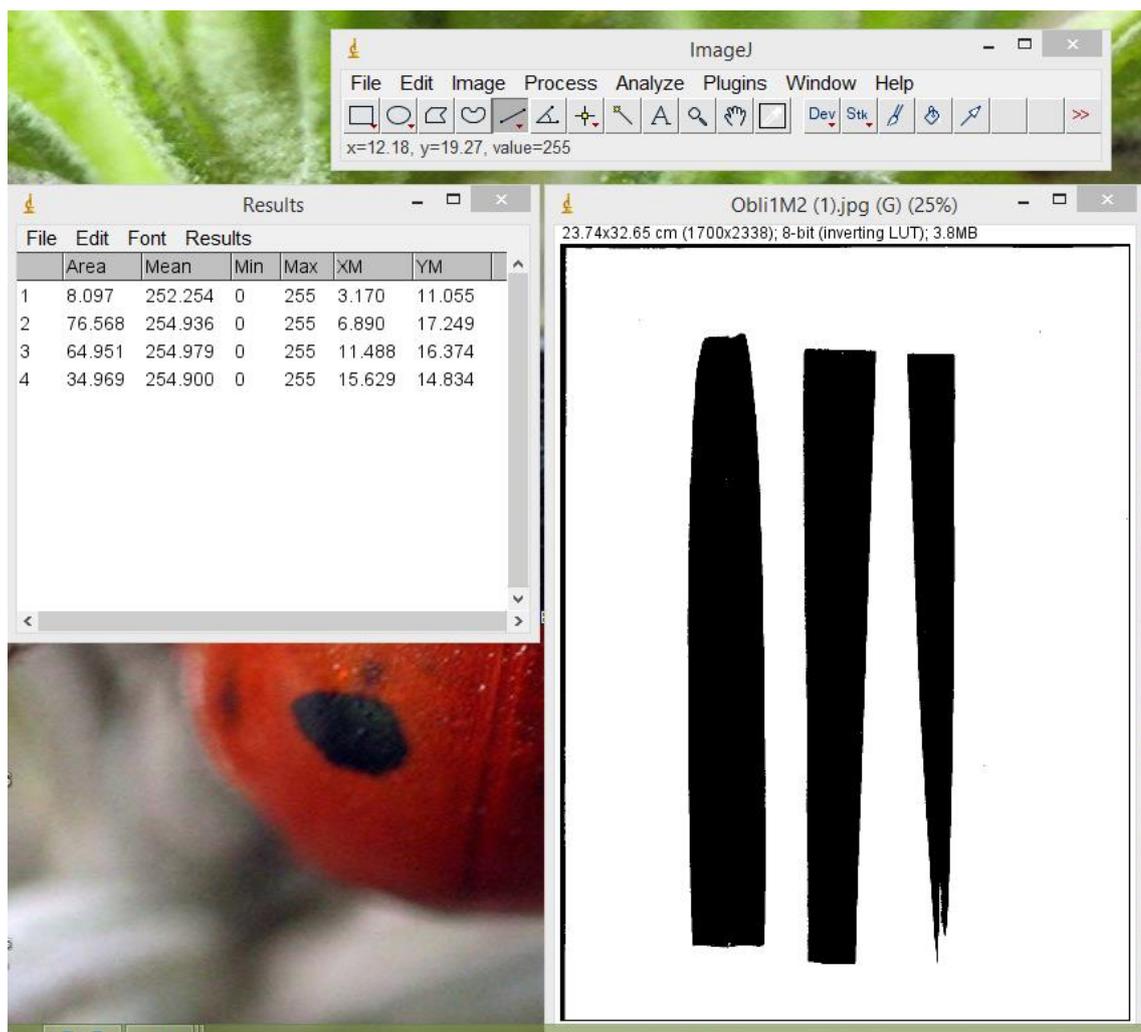


Figura 13. Determinación de la superficie foliar de *A. aculeata* con ImageJ



Figura 14. Fruto recién cosechado y etiquetado de *A. aculeata* de la población de Trinidad2



Figura 15. Determinación de diámetro longitudinal y transversal de frutos de *A. aculeata* con calibre Vernier



Figura 16. Palmera de *A. totai* de la población de Obligado



Figura 17. Palmera de *A. intumescens* (A), *A. totai* (B) y posible híbrido (C) de los palmares del género *Acrocomia* en Obligado