

Biología reproductiva de *Euterpe oleracea* Mart., palma con alto valor nutricional para las comunidades del Pacífico colombiano.

Jhoniel Javier Borja Rentería
Estudiante Maestría en Bosque y Conservación Ambiental.
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Eva Ledezma Rentería
Docente. Universidad Tecnológica del Chocó.

Juan C. Copete
Estudiante de Doctorado. Universidad de Zurich. Suiza.

Recibido: 29-11-2023
Aceptado: 11-06-2024

ORCID Jhoniel Javier Borja
0000-0003-4125-5395

ORCID Eva Ledezma
0000-0002-0686-7444

ORCID Juan C. Copete
0000-0002-9651-6276

Resumen

Euterpe oleracea (naidí, murrapo o Açaí) es una especie de palma que posee frutos oleaginosos con alto valor nutricional, su comercialización como pulpa constituye una fuente de ingreso económico para algunos pobladores en el sur del Pacífico colombiano. La pulpa contiene proteínas, minerales (calcio, magnesio, potasio, manganeso, cobre, níquel, boro, cromo) y vitaminas (B1, B6). Sin embargo, su aprovechamiento en el norte del Pacífico es limitado. Con la finalidad de conocer el estado de las poblaciones de esta especie en bosques inundables del Chocó, se estudió una población en el municipio de Quibdó desde octubre de 2022 hasta octubre de 2023. Se evaluó la biología floral, éxito reproductivo y eficiencia reproductiva (N=30 individuos). Se registró el número de raquillas por inflorescencias y la cantidad de flores masculinas y femeninas presentes en cada raquilla, el éxito reproductivo se registró mediante la relación total de flores producidas por inflorescencias y la cantidad de frutos que se desarrollaron. El naidí es monoica con flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia, pero se desarrollan primero las masculinas (9-12 días) y luego las femeninas (9 días). Presenta flores en las raquillas en tríadas en la parte proximal y en diádas hacia la apical. La palma naidí produce entre 3 ± 1 inflorescencias ($1,4 \pm 0,8$ SD n=30). Su floración y fructificación se da durante todo el año. Cada inflorescencia produce $119,6 \pm 19,27$ SD (n=30) raquillas y con un total aproximado $1395,4 \pm 241,7$ SD (n=30) flores masculinas y $698,5 \pm 1207$ SD (n=30) femeninas. Además, cada racimo produce en promedio $1287,7 \pm 421,8$ SD (n=30) frutos. Aquellos individuos

Citación sugerida:

Borja-Rentería, J. J., Ledezma-Rentería, E., & Copete, J. C. (2024). Biología reproductiva de *Euterpe oleracea* Mart., palma con alto valor nutricional para las comunidades del Pacífico colombiano. Revista de Ciencias, 27(2): e20213395. <https://doi.org/10.25100/rc.v27i2.13395>



con una mayor cantidad de flores también producen más frutos. Esta relación positiva presenta una gran variabilidad individual, con algunos individuos que exhiben un alto éxito reproductivo (60 %). En conjunto, la población evaluada tiene un alto éxito reproductivo promedio. Las palmas en la población mostraron una alta eficiencia reproductiva. La producción promedio fue de 1421,34 flores por inflorescencia con alto rendimiento de frutos (promedio de 1287,7 frutos). La tasa de abortos fue baja (entre 0,34 y 1,36), lo que indica que las palmas son eficientes en la producción de frutos. La notable alta significativa producción de frutos registrada, convierten al naidí de la localidad de estudio en un producto forestal no maderable con oportunidad para su aprovechamiento sostenible.

Palabras clave: Arecaceae, Açai, Atrato, pulpa, Quibdó, murrapo.

Reproductive biology of *Euterpe oleracea* Mart., a palm with high nutritional fruits for the communities from Colombian Pacific region.

Abstract

Euterpe oleracea (naidí, murrapo, or Açai) is a species of palm with oleaginous fruits with high nutritional value; its commercialization as pulp is a source of economic income for some people in the southern Pacific region of Colombia. The pulp contains proteins, minerals (calcium, magnesium, potassium, manganese, copper, nickel, boron, chromium) and vitamins (B1, B6). However, its utilization in the northern Pacific is limited. To know the status of the populations of this species in the flooded forests of Choco, a population was studied in the municipality of Quibdo from October 2022 to October 2023. Floral biology, reproductive success, and reproductive efficiency were evaluated (N=30 individuals). The number of rachillae per inflorescence and the number of male and female flowers present on each rachilla were recorded. Reproductive success was recorded by the total ratio of flowers produced per inflorescence and the number of developed fruits. Naidí is monoecious with male and female flowers on the same inflorescence, but the male flowers develop first (9-12 days) and then the female flowers (9 days). It has flowers on the rachillae in triads in the proximal part and the dyads towards the apical part. The naidí palm produces between 3 ± 1 inflorescences (1.4 ± 0.8 SD $n=30$). Flowering and fruiting occur throughout the year. Each inflorescence produces 119.6 ± 19.27 SD ($n=30$) racemes and a total of approximately 1395.4 ± 241.7 SD ($n=30$) male flowers and 698.5 ± 1207 SD ($n=30$) female flowers. In addition, each cluster produced on average 1287.7 ± 421.8 SD ($n=30$) fruits. Those individuals with a greater number of flowers also produced more fruit. This positive relationship presents a great individual variability, with some exhibiting high reproductive success (60 %). Overall, the evaluated population has a high average reproductive success. The palms in the population showed high reproductive efficiency. The average production was 1421.34 flowers per inflorescence with a high yield (average 1287.7 fruits). The abortion rate was low (between 0.34 and 1.36), indicating that the palms are efficient in fruit production. The significant high fruit production recorded makes the naidí of the study locality a non-timber forest product with opportunities for sustainable use.

Keywords: Arecaceae, Açai, Atrato, pulp, Quibdó, murrapo.

1. Introducción

En Colombia, principalmente, en los bosques del Chocó biogeográfico, las especies de la familia Arecaceae, más conocidas como palmas, representan un mosaico exuberante en el dosel ⁽¹⁻³⁾. Esto incluye al género *Euterpe* con siete especies ⁽⁴⁾, distribuidas en América tropical, desde Nicaragua hasta Bolivia, y desde el nivel del mar hasta 2000 m. En Colombia se encuentran tres especies: *Euterpe precatoria*, *E. oleracea* y *E. catinga* ⁽³⁾.

Euterpe oleracea es monoica, cespitosa, que tiene entre 25 y 45 tallos que pueden alcanzar alturas hasta 20 m y diámetros de hasta 18 cm, con raíces adventicias de color rojo y abundantes neumatóforos que le ayudan a respirar en suelos anegados; la corona tiene entre 8 y 14 hojas pinnadas de hasta 3,7 m de largo, con 40 a 80 pinnas colgantes a cada lado, y las pinnas medias alcanzan hasta 1,1 m de largo y 4,5 cm de ancho. Las inflorescencias nacen por debajo de las hojas y llevan entre 80 y 162 raquillas de hasta 75 cm de largo, con flores unisexuales dispuestas en triadas hacia la parte proximal y pareadas o solitarias en la parte distal. Los frutos son esféricos, miden entre 1 y 2 cm de diámetro, son de color púrpura a negro y tienen el remanente estigmático lateral. El epicarpio es delgado, liso y tuberculado, el mesocarpio es granular, el endocarpio es fibroso y cubre completamente la semilla, que es esférica y tiene endospermo ruminado. Las primeras hojas de las plántulas son bífidas ^(3,4).

Esta especie se distribuye ampliamente desde América Central hasta América del Sur. (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú, Venezuela y Guayana Francesa (G. F.)). En Colombia, *E. oleracea* o la palma de naidí o murrayo, como se conoce, crece en la región del Chocó biogeográfico y en los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena; crece en zonas húmedas a pluviales, por debajo de 200 m.s.n.m., sobre suelos que permanecen inundados gran parte del año (Figura 1). Es común en todo el territorio del departamento del Chocó, donde se observa a lo largo de los ríos y quebradas. En el municipio de Quibdó se encuentra de forma silvestre en la llanura aluvial del río Atrato ⁽³⁾.



Figura 1. Hábito de crecimiento de la palma naidí en bosques inundables del Chocó: A-B: crecimiento cespitoso; C: tallos emergiendo desde el suelo.

Euterpe oleracea (naidí) posee frutos oleaginosos con alto valor nutricional, industrial y farmacéutico y constituyen una de las principales fuentes de ingreso económico para algunos pobladores en el sur del Pacífico, quienes hacen aprovechamiento de frutos y palmito (i.e. meristemo apical). El derivado de los frutos de naidí es considerado un alimento funcional ⁽⁵⁾, en sus frutos presenta compuestos antioxidantes y minerales como calcio, magnesio, manganeso, hierro, zinc y cobre ⁽⁶⁾. La pulpa de naidí también contiene proteínas, minerales (p. ej., calcio, magnesio, potasio, manganeso, cobre, níquel, boro, cromo) y vitaminas (p. ej., B1, B6) ⁽⁷⁾.

La fruta presenta un rico perfil fitoquímico compuesto por elementos fenólicos, quinonas, terpenos y norisoprenoides, todos los cuales están relacionados con su potencial para promover la salud y prevenir enfermedades. Estudios *in vitro* demostraron que el naidí o Açaí posee efectos antioxidantes y antiinflamatorios; ejerce actividades cardio, gastro, hepato, neuro y renoprotectoras; mejora la hiperinsulinemia y la dislipidemia; y muestra acciones antineoplásicas ⁽⁷⁾. Además, ejerce efectos antimicrobianos y antiparasitarios. Los ensayos clínicos han demostrado que el Açaí protege contra el cáncer de próstata, los factores de riesgo de síndrome metabólico “MetS” y las disfunciones auditivas. Además, sus derivados, como extractos de bayas de frutas enteras, de semillas y enriquecidos, no tienen toxicidad hepática, cardíaca o nefrítica, lo que fortalece su potencial de seguridad y salud ^(7,8). Además, es una especie ecológicamente importante en los ecosistemas ⁽⁹⁻¹²⁾. También, se encuentra entre las palmas con mayor número de usos en el Pacífico colombiano ⁽¹³⁾.

Euterpe oleracea es conocida a nivel mundial como Açaí, nombre común dado a los frutos en Brasil, desde donde se exporta en grandes cantidades a diferentes países. En Colombia, el consumo del fruto es una práctica tradicional arraigada a las comunidades negras ⁽¹⁴⁾. Esta palma florece y fructifica durante todo el año, siendo una especie con floración asincrónica dado que se pueden encontrar individuos dentro de una misma población floreciendo y fructificado al mismo tiempo ^(9,11,15,16) pero principalmente, presenta dos picos de fructificación entre marzo y abril y entre septiembre y diciembre ^(9,14).

La extracción de frutos de esta palma está directamente relacionada con su éxito reproductivo, el cual es un factor esencial para la supervivencia y la evolución de las plantas ^(15,17), debido a que la reproducción en palmas es compleja y está influenciada por una serie de factores, que incluyen la polinización, la dispersión de semillas, el ambiente y la competencia entre individuos ⁽¹⁸⁻²²⁾ que determinan el potencial ecológico que puede tener las especies dentro de un ecosistema, determinar las etapas reproductivas que presentan especies como la palma de naidí contribuiría de una manera significativa a mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta región, además de conservar estos ecosistemas ⁽⁹⁾.

Los estudios del éxito reproductivo en palmas son fundamentales en la implementación de estrategias de conservación y manejo adecuado, así como para la comprensión de la diversidad y la dinámica de las poblaciones ^(9,16,23,24), debido a la importancia que pueden tener los estudios sobre el éxito reproductivo en algunas especies de palmas, la presente investigación, tuvo como objetivo estudiar el éxito reproductivo de *E. oleracea* (naidí) en Quibdó.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en el municipio de Quibdó, específicamente en el área bajo la jurisdicción de la Junta de Acción Comunal del barrio Avenida Bahía Solano, situado en el departamento del Chocó desde octubre de 2022 hasta octubre de 2023 (Figura 2). El ecosistema investigado es un bosque ubicado en las proximidades del río Atrato, lo que resulta en

inundaciones recurrentes durante la mayor parte del año. Este entorno está principalmente dominado por la presencia de la palma *Euterpe oleracea*. Las condiciones climáticas en esta región se caracterizan por precipitaciones anuales que promedian alrededor de 8050 mm, con una temperatura media de 24.6 °C y una humedad relativa cercana al 97%. Este territorio se clasifica como una zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T), según la clasificación de ⁽²⁵⁾. La población residente ocupa las áreas a lo largo de las orillas del río Atrato, siendo habitada principalmente por personas afrodescendientes e indígenas de la etnia Emberá. Para acceder al barrio Avenida Bahía Solano, es necesario utilizar medios de transporte fluvial, como botes o lanchas rápidas.

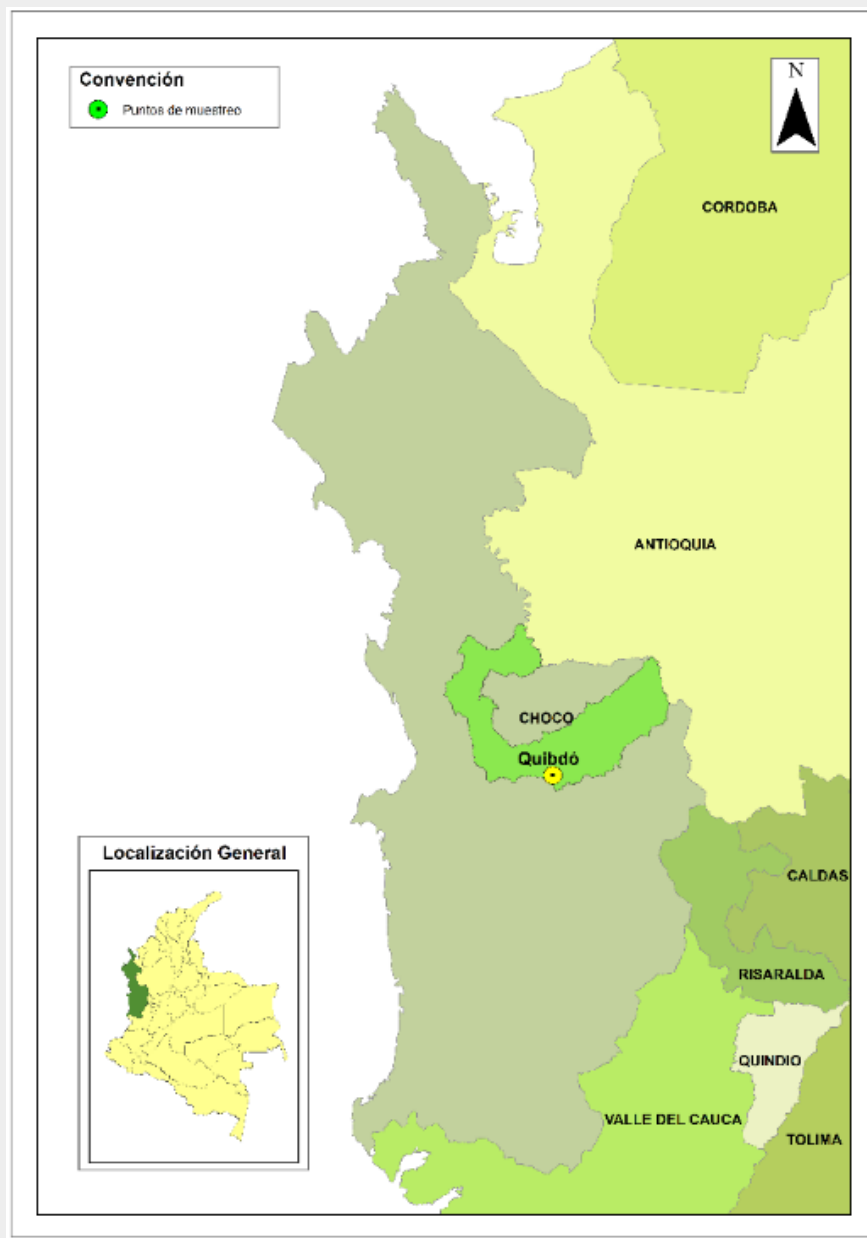


Figura 2. Localización del área de estudio donde se encuentran ubicadas las poblaciones de palma de *Euterpe oleracea* (naidí) en el barrio Avenida Bahía Solano del Municipio de Quibdó-Chocó.

Para determinar el éxito reproductivo de *E. oleracea*, en la Avenida Bahía Solano del Municipio de Quibdó, se realizó seguimiento a 30 individuos tomados al azar dentro de esta población de naidí que crecen a orillas del río Atrato (Figura 2). Para ello, se hicieron seguimientos visuales con ayuda de binoculares y, se utilizó equipo de ascenso, para acceder a las estructuras reproductivas de las palmas y poder determinar:

Fenología floral

En el estudio de la biología reproductiva de *Euterpe oleracea*, se realizó un seguimiento de las fases florales en 30 individuos durante un período de un año, desde octubre de 2022 hasta octubre de 2023. Las visitas a los individuos se llevaron a cabo de forma mensual para observar la morfología de las inflorescencias, incluyendo el número de raquillas por inflorescencia, así como la cantidad de flores masculinas y femeninas presentes en cada raquilla. Se procedió a analizar la disposición de las flores masculinas y femeninas en las raquillas, y para estimar el número total de flores por inflorescencia, se multiplicó el número de flores de cada raquilla por el promedio de raquillas contadas en 10 inflorescencias, siguiendo el método propuesto por Núñez ⁽²⁶⁾.

Éxito reproductivo

Se comparó el éxito reproductivo de cada palma a través de la relación: total de flores producidas por inflorescencias y la cantidad de frutos que se desarrollaron y maduraron. Se cortaron cinco infrutescencias con frutos maduros por cada individuo de palma y se contó el total de frutos producidos por infrutescencias. Además, se determinó el número de flores producidas en las infrutescencias mediante el conteo del número total de flores formadas por raquilla y por inflorescencias. El éxito reproductivo se calculó mediante la determinación del porcentaje de frutos producidos utilizando fórmula:

$$\text{Éxito reproductivo} = \left(\frac{\text{Total frutos}}{\text{Total flores producidas}} \right) \times 100$$

Las flores que no se desarrollaron en frutos se denominaron abortos y la tasa de aborto de cada individuo se obtuvo de la diferencia entre el total de flores producidas y el total de frutos formados ⁽²⁷⁾.

Eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva natural o aborto de unidades reproductivas se consideró en tres niveles, el número de flores por inflorescencia, el número de frutos por infrutescencia y el número de flores no desarrolladas o abortos. Se escogieron al azar 10 inflorescencias de 30 individuos, se marcaron y se dejó que ocurriera el proceso reproductivo sin intervención. Comprobada la maduración de los frutos y previo al inicio de la dehiscencia se recolectaron las infrutescencias y se contaron los frutos formados y los abortos a partir de las cicatrices dejadas por cada flor en la raquilla; el número de flores se calculó a partir de la suma de frutos formados y los abortos. La producción de frutos se obtuvo dividiendo los valores promedio de frutos por infrutescencia y flores por inflorescencia (relación fruto/flor). El análisis de gráficas se realizó utilizando el software estadístico RStudio versión 5701.9.0.0.

3. Resultados

Fenología floral

Con el monitoreo realizado en las inflorescencias se documentó y describió la biología reproductiva. Se observó que es monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas. La antesis (i.e. fase de apertura y actividad) de las masculinas ocurre después de la apertura y caída de la espata. Estas permanecen abiertas y activas durante un período aproximado de 10 o 12 días. Posteriormente, se produce la caída de la espata y comienza la fase femenina, la cual tiene una

duración de 8 a 9 días. No se observó un período de tiempo entre la fase masculina y la femenina.

Las flores femeninas permanecen en la inflorescencia durante un promedio de 9 días, siendo viables durante las primeras 48 horas después de la exposición del estigma. En este sentido, se constató que el naidí presenta una estrategia reproductiva específica, caracterizada por una antesis protándrica (masculina primero) y un período de viabilidad corto de las flores femeninas (Figura 3).



Figura 3. Estructura reproductiva de la palma naidí: A. Inflorescencia monoica. B. flores en fase femenina. C. flores en fase masculina.

El seguimiento de las fases florales permitió observar algunos insectos que acceden a las inflorescencias en busca de recompensas florales que son ofertadas por las flores, tales como abejas sin aguijones (*Trigona* sp., *Trigonisca* sp., *Plebeia* sp.), escarabajos (Curculionidae, Nitidulidae, Hydroscaphidae, Staphylinidae), moscas (Syrphidae), entre otros.

Además, se encontró que *E. oleracea* produce en promedio $1,4 \pm 0,8$ SD ($n=30$) inflorescencias por palma. Cada inflorescencia puede tener hasta 106 cm de largo, incluyendo pedúnculos florales. Naidí presenta un raquis principal del cual se desprenden, en promedio, $119,6 \pm 19,27$ SD ($n=30$) raquillas. Estas raquillas muestran tamaños que varían entre 64 y 60 cm (Figura 3a).

La distribución de flores en las raquillas es en tríadas en la parte proximal y en díadas hacia la parte apical (Figura 3b).

Cada tríada está conformada por una flor central femenina y dos laterales masculinas y las díadas están conformadas por dos flores masculinas. Una inflorescencia de naidí posee en promedio 2094,033 (n=30) flores; con 1395,4 flores masculinas y 698,5667 flores femeninas (n=30). Se observó que, en octubre y noviembre muchos individuos naidí se encontraban en etapa de fructificación, y al mismo tiempo estaban en época de floración.

Éxito reproductivo

La relación entre el número de flores y la cantidad de frutos en las palmas de Naidí se representó utilizando colores para indicar el «éxito reproductivo». De los 30 individuos evaluados, 13 mostraron un alto éxito reproductivo (representados en rojo), 7 tuvieron éxito reproductivo medio o regular, y 9 presentaron un bajo éxito reproductivo (representados en azul). Esto indica que, en conjunto, los 30 individuos evaluados tienen un éxito reproductivo promedio. La gráfica muestra una relación positiva entre el número de flores y la cantidad de frutos en las palmas de naidí. Esto significa que, a mayor número de flores, mayor cantidad de frutos se produce. La tendencia general es clara, los individuos con más flores también tienen más frutos (Figura 4). Cada inflorescencia de naidí produce en promedio $119,6 \pm 19,2$ (n=30) raquillas y cada raquilla contiene en promedio $17,75 \pm 3,53$ (n=30) flores. De estas en promedio $11,8 \pm 2,35$ son masculinas, y $5,9 \pm 1,1$ SD son flores femeninas. Además, en cada raquilla se encontró un promedio de $10,8 \pm 3,6$ (n=30) frutos. En conjunto cada racimo produce en promedio $881,8 \pm 513,3$ frutos (Figura 5 a y b).

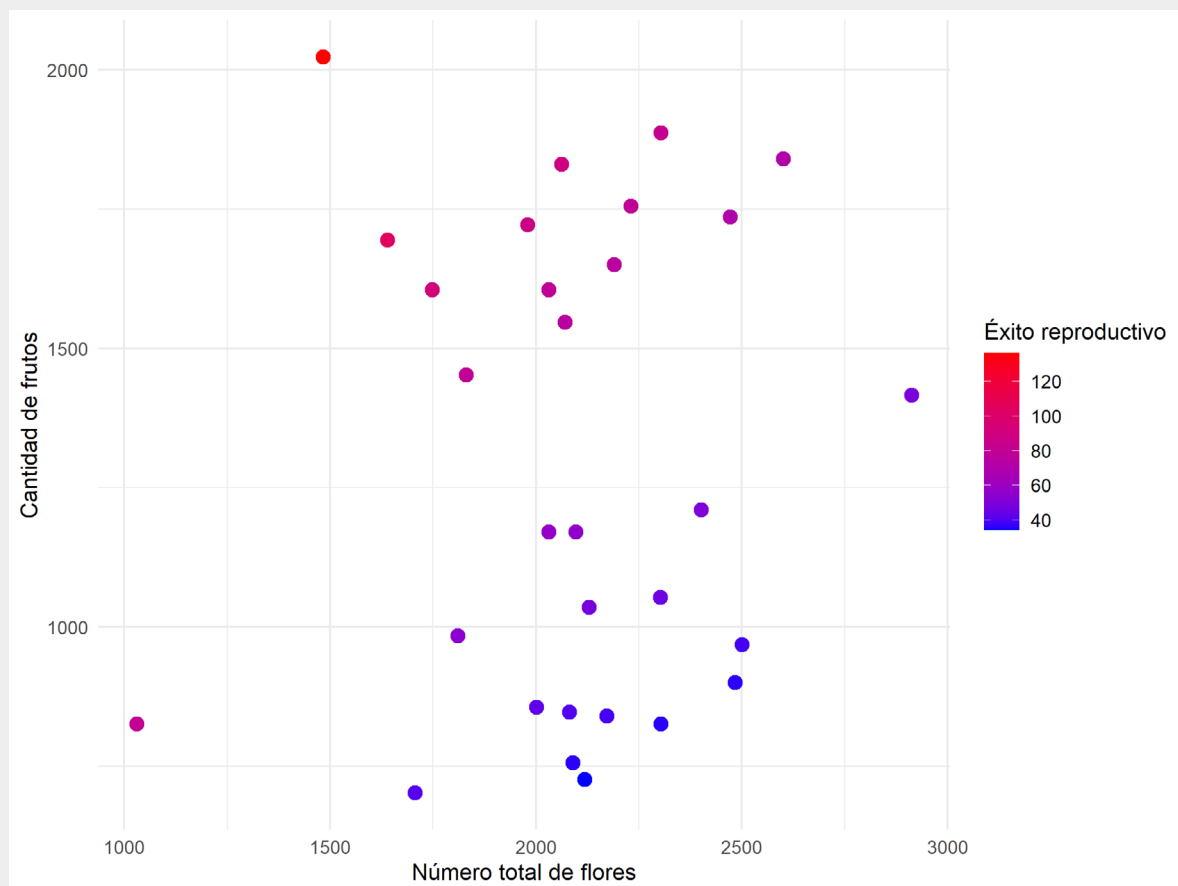


Figura 4. Éxito reproductivo de los individuos de *Euterpe oleracea* a partir de la relación flores producidas por inflorescencia, frutos maduros producidos por infrutescencia (n = 30 inflorescencias).

Se observa una tendencia general positiva: a mayor número de flores, mayor cantidad de frutos. Sin embargo, hay una gran dispersión en las barras, lo que indica que existe mucha variabilidad en la relación entre el número de flores y la cantidad de frutos producidos (Figura 4). Se observan individuos con un alto éxito reproductivo, que han producido un número elevado de flores y frutos en comparación con las demás palmas.

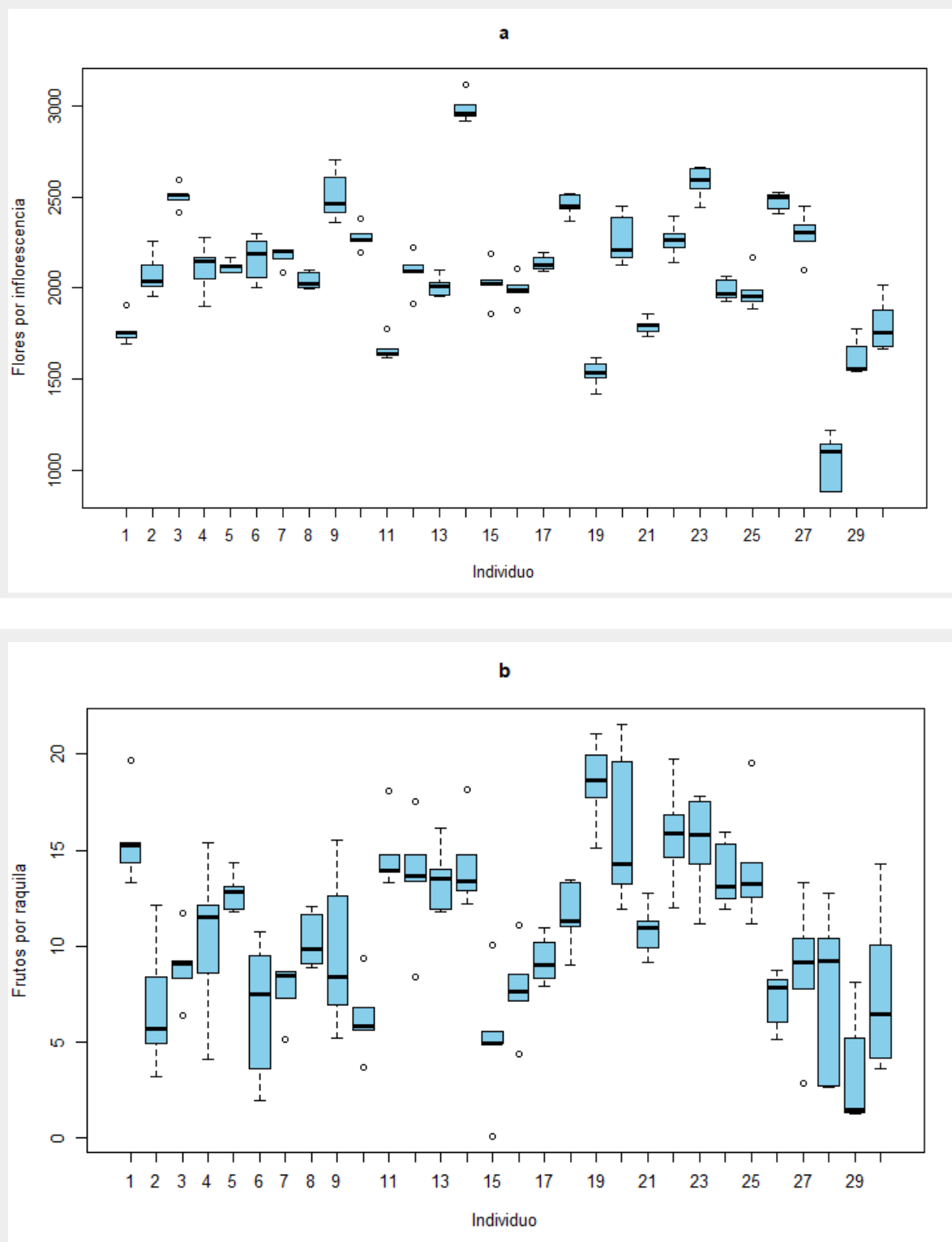


Figura 5. Distribución de la producción de inflorescencias (a) y distribución de los frutos por raquillas (b), la línea roja discontinua representa la mediana de los individuos de *Euterpe oleracea* en bosques inundables del Chocó biogeográfico- barrio avenida Bahía Solano- Quibdó

La producción de inflorescencias en la palma *Euterpe oleracea* exhibe una distribución variable entre los individuos estudiados. Aproximadamente el 60% de la población presenta una producción que oscila entre 50 y 150 inflorescencias. Asimismo, un reducido porcentaje, alrededor del 10%, muestra una producción inferior a 50 inflorescencias, mientras que otro grupo similar supera las 200 inflorescencias (Figura 5 a). Es importante destacar que la distribución de la producción de inflorescencias no sigue una distribución normal, por lo que hay más individuos con una producción elevada de inflorescencias en comparación con aquellos que tienen una producción más baja.

Por otro lado, la producción de frutos por raquila presenta una distribución relativamente uniforme, con la mayoría de los individuos (50%) concentrando su producción entre 1 y 10 frutos por raquila. Un pequeño porcentaje de la población (5%) presenta una producción superior a 50 frutos por raquila, mientras que otro grupo (45%) tiene una producción inferior a 10 frutos por raquila (Figura 5 b). La producción de inflorescencias y frutos por raquila en *E. oleracea* muestra una variabilidad moderada entre individuos. Si bien la población exhibe una tendencia general hacia una producción media, se observa una mayor variabilidad en la producción de frutos por raquila en comparación con la producción de inflorescencias (Figura 5 a-b).

Eficiencia reproductiva

Las palmas del estudio mostraron una eficiencia reproductiva, con un promedio de 1421,34 flores por inflorescencia y un promedio de 1287,7 frutos $\pm$ 421. Esta eficiencia se refleja en la baja tasa de abortos, que osciló entre 0,34 y 1,36, con una mediana de 0,74. Aunque se observó una amplia variabilidad en la producción de flores (SD = 1242), la mayoría de las palmas invirtieron una cantidad considerable de recursos en la producción de flores. Esta inversión se tradujo en un rendimiento significativo de frutos, lo que indica una alta eficiencia en la conversión de flores en frutos (Figura 6).

La baja tasa de abortos sugiere que las palmas del estudio son eficientes en la producción de frutos viables. Esto es importante para el éxito reproductivo de las palmas, ya que los frutos son la unidad de dispersión de las semillas. En general, los resultados del estudio indican que las palmas del estudio tienen una alta eficiencia reproductiva. Esta eficiencia se refleja en la producción de flores, el rendimiento de frutos y la tasa de abortos (Figura 6).

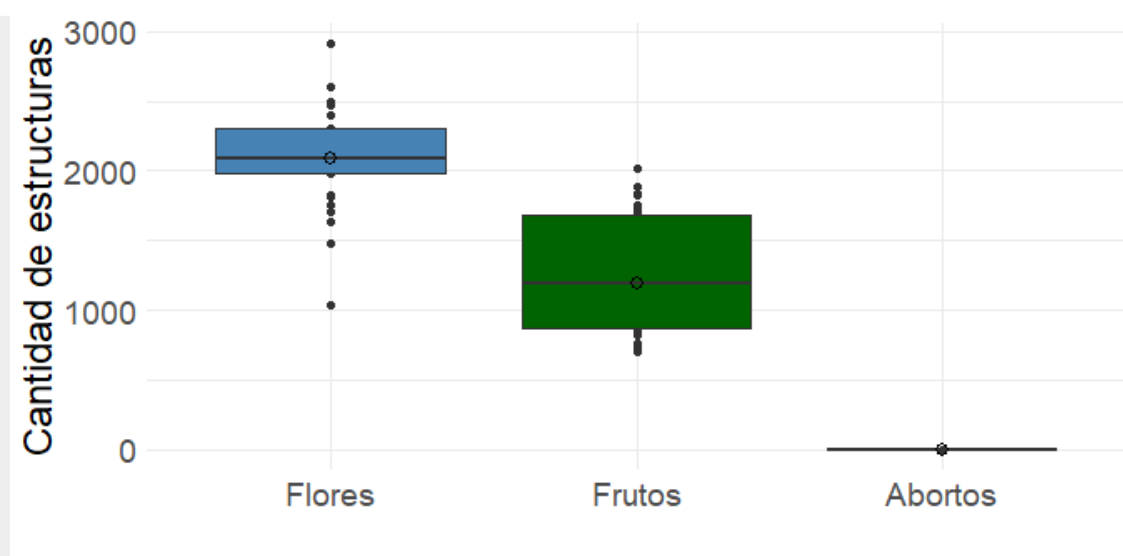


Figura 6. Eficiencia reproductiva de los individuos de *Euterpe oleracea* en bosques inundables del Chocó biogeográfico, en el barrio avenida Bahía Solano, Quibdó.

4. Discusión

Fenología floral

Euterpe oleracea es una especie de palma monoica con inflorescencias masculinas y femeninas en el que se desarrollan primero las flores masculinas y luego las femeninas. Este tipo de floración ya ha sido reportado especies pertenecientes al género ^(3,15,16,28) y esta característica biológica ha sido fundamental para evitar la autopolinización, a través de la reducción en el flujo de polen entre flores de la misma inflorescencia; además, de promover la polinización cruzada, optimizar los recursos y proporcionar ventajas selectivas en términos de supervivencia y éxito reproductivo ^(4,29).

La separación entre cada evento fenológico en diferentes épocas es un rasgo adaptativo que puede estar influenciado por factores ambientales, genéticos y bióticos como la polinización facilitada entre plantas co-florecentes ^(30,31), que exhiben flores de múltiples para atraer una mayor diversidad de polinizadores, lo que aumenta las visitas y la producción de semillas en las plantas ⁽³⁰⁾. Muchas especies de plantas mantienen una separación espacio temporal entre cada fase floral, algo similar a lo encontrado en este estudio en el que *E. oleracea* presentan una separación de 4-9 días entre fase masculina y femenina; fenómeno registrado en otros estudios en el que los individuos de naidí presentan una separación en la apertura floral de 5- 8 días ⁽¹⁶⁾, según otros autores como ⁽²⁸⁾ y ⁽³²⁾ reportan que en otras especies del género como *Euterpe edulis* y *E. precatoria* también se presentan esta separación en las fases florales y este comportamiento se le atribuyen para asegurar la polinización cruzada, es decir, la transferencia de polen de una planta a otra, lo que facilita la polinización y con ello se logra aumentar el éxito reproductivo de las palmas ⁽³²⁾.

Otro aspecto que juega un papel importante en el éxito reproductivo en las poblaciones de naidí, es la disposición que presentan las flores en las inflorescencias; el cual va de triadas a diadas en el que dos flores masculinas rodean una flor femenina ⁽¹⁶⁾. Dicha característica ha sido observada en este estudio y al parecer es un patrón de especies monoicas con flores unisexuales en la misma estructura ^(3, 18, 20, 26, 28, 32, 33), el cual la presencia de flores masculinas en la inflorescencia aumenta la cantidad de polen disponible para la polinización y, con ello, que puede aumentar la eficiencia reproductiva de la palma ^(22,31,34).

Éxito reproductivo

Euterpe oleracea es una palma que presentó una significativa producción de frutos en los meses de octubre y noviembre en bosques inundables estudiados del Chocó. Durante ese periodo, se observó que los individuos de esta población se encontraban fructificando y floreciendo. Lo que concuerda con datos similares a los reportados en otros estudios para esta especie ^(9,28). *E. oleracea* florece y fructifica durante todo el año, con picos marcados desde enero y marzo, así como entre junio y agosto, siendo este último el de mayor productividad ^(9,11,15,16).

Según Copete, ⁽¹⁶⁾ *E. oleracea* en zonas inundables del río Cajambre produce entre 949 ± 641 frutos por racimos, datos similares a los de este estudio en el que una palma de naidí produce entre $1287,7 \pm 421,8$ frutos por racimos. La producción de frutos se atribuye a la polinización ⁽³²⁾ de insectos como abejas sin aguijón, escarabajos y moscas ^(16,32). Según Bezerra ⁽³⁵⁾ y Venturieri ⁽³⁶⁾, en los bosques amazónicos, *E. oleracea* recibe una abundante visita de abejas, aparentemente responsables de su polinización. La alta tasa de visitas de estas abejas parece estar positivamente relacionada con la producción de frutos y semillas en esta especie de palma.

La abundancia de frutos, que se convierten en semillas al madurar, garantiza el éxito reproductivo de esta población y aportan al fitness de la especie. Se cree que en palmas como naidí la presencia de dos picos de fructificación durante el año (enero a marzo y junio a agosto) favorecen a la germinación, especialmente en un contexto donde factores como la disponibilidad de nutrientes, procesos de polinización y condiciones climáticas pueden afectar este proceso ^(9,28,37). Por lo tanto, comprender los aspectos reproductivos en especies con alto interés ecológico y económico es fundamental, porque permite implementar otras estrategias de aprovechamiento y conservación de las especies ⁽⁸⁾.

Eficiencia reproductiva

Una mayor producción de frutos puede traducirse en una alta eficiencia reproductiva que garantiza que una palma tenga una notable capacidad para producir semillas viables a partir de la inversión de recursos en la floración y la fructificación ^(9,15,38). Sin embargo, la viabilidad que puedan tener las semillas de naidí estarán determinadas por las condiciones ambientales, la disponibilidad de nutrientes, precipitación y las inundaciones que puedan influir en la tasa de germinación ^(9,16).

En este estudio, se encontró que *E. oleracea* presenta una alta eficiencia reproductiva, evidenciada en una producción de frutos que supera el 60% de las flores producidas. Esta característica se observó en más del 60% de los individuos estudiados ($n = 30$). Estos resultados coinciden con los reportados por Cifuentes ⁽⁹⁾, quien también encontró una alta eficiencia reproductiva en *E. oleracea*, donde en el murrpal mixto y puro los individuos con espata se convirtieron en racimos de frutos verdes (65,5 % y 68,8%). La eficiencia reproductiva de la palma de naidí se atribuye a su capacidad de adaptarse a las diferentes condiciones cambiantes del ecosistema, como son las inundaciones ⁽⁹⁾. Además, la presencia de neumatóforos, raíces aéreas que le permiten respirar durante las inundaciones es una adaptación de la especie para soportar las inundaciones y ser capaz de producir nuevas hojas y raíces ⁽⁹⁾.

Esta capacidad de adaptación le permite a la palma mantener su productividad incluso en condiciones adversas, lo que se traduce en una alta eficiencia reproductiva. En comparación con el estudio de Cifuentes ⁽⁹⁾, nuestro estudio encontró una tasa de conversión de flores en frutos ligeramente superior. Esto podría deberse a diferencias en las condiciones ambientales o en las metodologías de estudio utilizadas. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que *E. oleracea* es una especie con una alta eficiencia reproductiva, lo que le permite persistir y prosperar en su entorno.

Dentro de algunas poblaciones de palmas, algunos individuos pueden presentar una alta eficiencia reproductiva en el número de flores formadas con relación alto porcentajes de frutos formados o viceversa como se observó en este estudio (Figura 6). Pero esta eficiencia puede estar determinada por la edad de la palma, la competencia que se pueda presentar entre los individuos, la disponibilidad de nutrientes y las variables de precipitación que pueden afectar significativamente el éxito reproductivo de *Euterpe oleracea* ^(9,28).

Los datos obtenidos en este estudio permiten determinar que *Euterpe oleracea* es una especie que presenta una alta producción de frutos en los bosques inundables del Chocó, principalmente en los bosques del barrio avenida Bahía Solano donde se cultiva. Esta productividad que posee la palma de naidí en este bosque puede garantizar una alta disponibilidad de frutos para estas comunidades y ser considerada una especie que puede generar ingresos económicos a la falta de empleo, y además la probabilidad de su comercialización y transformación de la materia prima que se obtiene a partir de los frutos.

Aunque se observó que esta especie no tiene un gran mercado en esta zona, esto puede traducirse en una mayor probabilidad de reproducción, debido a que las poblaciones no están teniendo ningún tipo de extracción que pueda afectar las poblaciones de naidí en esta comunidad. Los naidizales en esta zona están pasando desapercibidos y su alto valor nutricional ^(11,39) no se aprovecha por las poblaciones en el barrio avenida Bahía Solano donde esta especie forma densas poblaciones.

5. Conclusiones

La palma de naidí (*Euterpe oleracea*) presenta una fenología floral particular caracterizada por antesis protándrica (las flores masculinas maduran y liberan polen antes que las flores femeninas de la misma inflorescencia) y un corto período de viabilidad de las flores femeninas. Esta estrategia reproductiva, junto con la diversidad en la disposición de las flores en las inflorescencias (tríadas y díadas), juega un papel fundamental en el éxito reproductivo de la palma de naidí, ya que promueve la polinización cruzada, la antesis protándrica y la corta viabilidad de las flores femeninas minimizan la autofecundación y favorecen la fecundación con polen de otras palmas. Aumenta la producción de frutos viables: la diversidad en la disposición floral y la polinización cruzada garantizan una mayor cantidad de frutos con semillas viables.

El éxito reproductivo de la especie *E. oleracea* está altamente relacionado con la cantidad de flores producidas. Las palmas que producen más flores tienen un mayor éxito reproductivo, medido como la cantidad de frutos producidos. Esta relación se ve afectada por otros factores, como las condiciones ambientales, la salud de la palma y la competencia entre individuos. Se necesitan más estudios para comprender mejor la interacción entre estos factores y su impacto en el éxito reproductivo de la especie.

Si bien no existe un mercado consolidado para la palma de naidí en el área estudiada, su alta productividad, valor nutricional, económico y farmacéutico sugieren un considerable potencial para su aprovechamiento sostenible. La ausencia de una extracción intensiva en estas poblaciones podría ser una ventaja para su conservación y aprovechamiento futuro, especialmente en comunidades locales donde podría generar ingresos económicos y contribuir a la seguridad alimentaria.

6. Recomendaciones

Desarrollar estrategias para aprovechar y conservar la palma de naidí en estos bosques, con el objetivo de realizar futuras investigaciones sobre la biología reproductiva de la especie y abordar otros aspectos relevantes.

Promover programas de sensibilización a las comunidades locales sobre el valor económico y ecológico de la palma de naidí, además de fomentar el uso sostenible de la palma de naidí en la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen al señor Eliécer Rivas, presidente de la Junta de Acción Comunal del barrio Avenida Bahía Solano, en el marco del proyecto caracterización de naidí (*Euterpe oleracea*) en los municipios de influencia del proyecto en el Departamento de Chocó, por haber facilitado el ingreso a esta área y por su invaluable acompañamiento en el trabajo de campo. Este proceso no habría sido posible sin su autorización y respaldo, su liderazgo y compromiso con la comunidad son elementos fundamentales que han fortalecido nuestra

labor en investigación. La riqueza natural de la llanura aluvial del río Atrato, donde se distribuye la palma de naidí se ha revelado gracias a su colaboración. Estamos encantados de contar con su apoyo para avanzar en el conocimiento y conservación de esta especie. Esperamos seguir colaborando estrechamente con la Junta de Acción Comunal y comunidad en general para garantizar la sostenibilidad de este valioso recurso silvestre.

Referencias

1. Copete JC, Cámara-Leret R, Sánchez M, Balslev H. (2019). Relación entre la composición florística y los nutrientes del suelo en comunidades de palmas del Chocó biogeográfico en Colombia y Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(4): 716-732. doi: 10.15517/rbt.v67i4.34044
2. Copete JC, Sánchez M, Cámara-Leret R, Balslev H. (2019). Diversidad de comunidades de palmas en el Chocó biogeográfico y su relación con la precipitación. *Caldasia*, 41(2): 358-369. doi: 10.15446/caldasia.v41n2.66576
3. Galeano G, Bernal R. (2010). Palmas de Colombia Guía de campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia *Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia*. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/81059>
4. Henderson A, Galeano G. (1996). *Euterpe*, *Prestoea*, and *Neonicholsonia* (Palmae). *Flora Neotropica*, 72: 1-89. <https://www.jstor.org/stable/4393873>
5. Jensen GS, Wu X, Patterson KM, Barnes J, Carter SG, Scherwitz L, Beaman R, Endres JR, Schauss AG. (2008). In vitro and in vivo antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (18), 8326-8333. doi: 10.1021/jf8016157.
6. Gordon A, Cruz AP, Cabral LM, de Freitas SC, Taxi CM, Donangelo CM, de Andrade Mattietto R, Friedrich M, da Matta VM, Marx F. (2012). Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of açaí fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. *Food Chemistry*, 133(2):256-263. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.150.
7. Oliveira de Souza M, Silva M, Silva ME, de Paula Oliveira R, Pedrosa ML. (2010). Diet supplementation with acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp improves biomarkers of oxidative stress and the serum lipid profile in rats. *Nutrition*, 26(7-8): 804-810. doi: 10.1016/j.nut.2009.09.007
8. de Souza Milanesi L, Montagna T, dos Reis MS, Peroni N. (2021). Population Biology of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius-Arecaceae) in Managed Landscape Units in Southern Brazil. *Economic Botany*, 75(2): 144-57. doi: 10.1007/s12231-021-09519-2
9. Cifuentes, L., Moreno, F., & Arango, D. A. (2013). Comportamiento fenológico de *Euterpe oleracea* (Arecaceae) en bosques inundables del Chocó biogeográfico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 591-599. doi: 10.7550/rmb.30326

10. Gómez-Martínez C, Aase ALTO, Totland Ø, Rodríguez-Pérez J, Birkemoe T, Sverdrup-Thygeson A, Lázaro A. (2020). Forest fragmentation modifies the composition of bumblebee communities and modulates their trophic and competitive interactions for pollination. *Scientific Reports*, 10(1): 10872. doi: 10.1038/s41598-020-67447-y
11. Montenegro-Gómez SP, Rosales-Escarria M. (2015). Fruto de naidi (*Euterpe oleracea*) y su perspectiva en la seguridad alimentaria colombiana. *ENTRAMADO*, 11(2): 200–2007. doi: 10.18041/entramado.2015v11n2.22238
12. Sangronis E, Sanabria N. (2007). Caracterización del acai o macana (*Euterpe oleracea* Mart.): un fruto del Amazonas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(1): 94-98. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2007/1/art-13/>
13. Ledezma-Renteria E, Galeano G. (2014). Usos de las palmas en las tierras bajas del Pacífico colombiano. *Caldasia*, 36(1):71–84. doi: 10.15446/caldasia.v36n1.43892.
14. Vallejo MI, Valderrama N, Bernal R, Galeano G, Arteaga G, Leal C. (2011). Producción de palmito de *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) en la costa pacífica colombiana: estado actual y perspectivas. *Colombia Forestal*, 14(2): 191–212. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2011.2.a05
15. Arango DA, Duque ÁJ, Muñoz E. (2010). Dinámica poblacional de la palma *Euterpe oleracea* (Arecaceae) en bosques inundables del Chocó, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 58(1): 465-481. doi: 10.15517/rbt.v58i1.5222
16. Copete JC. (2021). Caracterización de poblaciones y producción silvestre de frutos de naidí (*Euterpe oleracea* Mart.) en Buenaventura, Valle del Cauca: bases para su protocolo de manejo sostenible en el Pacífico colombiano. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, Bogotá.
17. Benítez, B. ., & Bertoni, S. . (2021). Caracterización biológica del “palmito”, *Euterpe edulis* C. Martius. I. *Steviana* , 4, 35–46. doi: 10.56152/StevianaFacenV4A3_2012
18. Núñez LA, Isaza C, Galeano G. (2015). Ecología de la polinización de tres especies de *Oenocarpus* (Arecaceae) simpátricas en la Amazonia Colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 63(1): 35-55. doi: 10.15517/rbt.v63i1.13030
19. Guerrero-Olaya NY, Núñez LA. (2017). Ecología de la polinización de *Syagrus smithii* (Arecaceae), una palma cantarofila de la Amazonia Colombiana. *Revista Peruana de Biología*, 24(1): 43–54. doi: 10.15381/rpb. v24i1.13102

20. Carreño J. (2013). Ecología de la polinización de tres palmas de cera (*Ceroxylon parvifrons*, *C. ventricosum* y *C. vogelianum*) Coexistente en el sur de los Andes de Colombia. *Universidad de los Andes*. <http://hdl.handle.net/1992/11983>
21. Llado Periago A. (2020). Análisis de los parámetros que afectan el éxito reproductivo del endemismo gimnésico *Arum pictum subsp. sagittifolium* Rosselló & L. Sáez. *University of the Balearic Islands*. <http://hdl.handle.net/11201/154459>
22. Brieva-Oviedo E, Núñez LA. (2020). Biología reproductiva de la palma amarga (*Sabal mauritiiformis*: Arecaceae): especie económicamente importante para la Costa Caribe colombiana. *Caldasia*, 42(2): 278–293. doi: 10.15446/caldasia.v42n2.75595
23. López-Toledo L, Espinosa-Hidalgo C, Horn C, Endress BA. (2015). Efectos del manejo tradicional sobre la palma *Brahea aculeata* en una selva seca del sur de Sonora, México. *Botanical Sciences*, 93(3): 461–471. doi: doi.org/10.17129/botsci.58
24. Aranguren CI, Galeano G, Bernal R. (2014). Manejo actual del Açaí (*Euterpe precatoria* mart.) para la producción de frutos en el sur de la amazonia colombiana management of Açaí (*Euterpe precatoria* mart.). *Colombia Forestal*, 27(1): 77-99. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n1/v17n1a05.pdf>
25. Holdridge LR. (1978). Ecología basada en zonas de vida. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
26. Núñez LA. (2014). Patrones de asociación entre insectos polinizadores y palmas silvestres en Colombia con énfasis en palmas de importancia económica. *Universidad Nacional de Colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75139>
27. Dafni A. (1993). Pollination Ecology: A Practical Approach. Oxford University Press, Oxford. 250 pp. doi: 10.1046/j.1420-9101.1993.6050776.x
28. Dario A, Solórzano C. (2020). Estructura poblacional, fenología reproductiva y productividad de *Euterpe precatoria* Mart. en un humedal amazónico ecuatoriano. *IKIAM*. https://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/handle/RD_IKIAM/558
29. Barfod AS, Hagen M, Borchsenius F. (). Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). *Annals of Botany*, 108(8):1503–1516. doi: 10.1093/aob/mcr192
30. Ghazoul J. (2006). Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of Ecology*, 94(2):295–304. doi: 10.1111/j.1365-2745.2006.01098.x

31. Brieva-Oviedo E, Maia ACD, Núñez LA. (2020). Pollination of *Bactris guineensis* (Arecaceae), a potential economically exploitable fruit palm from the Colombian Caribbean. *Flora*, 269: 151628. doi: 10.1016/j.flora.2020.151628
32. Zamudio F, Gatti MG, Hilgert NI, Álvarez LJ, Mulieri P, Aguilar R, et al. (2021). Insects or Wind? New findings on the pollination system of *Euterpe edulis* (Arecaceae). *Arthropod Plant Interact*, 15(4): 503–516. doi: 10.1007/s11829-021-09836-2
33. Bernal R, Galeano G (Eds.). (2013). Cosechar sin destruir- Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Universidad Nacional de Colombia. *Instituto de Ciencias Naturales*. https://www.researchgate.net/publication/328410910_Cosechar_sin_destruir
34. Núñez LA, Rojas-Robles R. (2008). Reproductive biology and pollination ecology of the milpesos palm *Oenocarpus batana* in the Colombian Andes. *Caldasia*, 30(1): 101–125. <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v30n1/v30n1a5.pdf>
35. Bezerra LA, Campbell AJ, Brito TF, Menezes C, Maués MM. (2020). Pollen Loads of Flower Visitors to Açaí Palm (*Euterpe oleracea*) and Implications for Management of Pollination Services. *Neotropical Entomology*, 49(4): 482–490. doi: 10.1007/s13744-020-00790-x
36. Venturieri GC. (2006). Manejo de polinizadores autóctonos de Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) na Amazônia oriental. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/580126>
37. Augusto M, Jardim G, Yoshio Kageyama P. (1994). Fenología de floración e frutificación en población natural de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) No estuário Amazônico. *IPEF*, 47: 62-65. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr47/cap08.pdf>
38. Lindner S, Garcia DS, Thalmayr P, Hilgert NL. Aprovechamiento múltiple de los frutos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae): La conservación del poder germinativo como aspecto clave en el manejo de la especie. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 56(4): 467–478. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n4.32130>
39. Rojano, B. A., Zapata Vahos, I. C., Alzate Arbeláez, A. F., Mosquera Martínez, A. J., Cortés Correa, F. B., & Gamboa Carvajal, L. (2011). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açaí Colombiano) (*Euterpe oleracea* Mart). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(2), 6213-6220. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a18.pdf>

Origen del artículo y fuente de financiación:

Esta investigación se realizó en el marco del programa de Colombia Científica (Reconstrucción del tejido social en zonas de post-conflicto en Colombia), liderado por la Universidad de Caldas.

J. J. Borja-Rentería recopiló la información de campo, realizó los análisis y participó en la redacción del manuscrito. E. Ledezma-Rentería contribuyó en la recolección de datos de campo y en la redacción del manuscrito. J. C. Copete colaboró en el análisis de los datos y en la redacción del manuscrito.

Jhoniel Javier Borja Rentería
Estudiante Maestría en Bosque y
Conservación Ambiental.
Universidad Nacional de Colombia, sede
Medellín.

jborjar@unal.edu.co

Eva Ledezma Rentería
Docente.
Universidad Tecnológica del Chocó.
d-eva.ledezma@utch.edu.co

Juan C. Copete
Estudiante de Doctorado. Universidad
de Zurich. Suiza.

juancarlos.copetematurana@uzh.ch