

**Caracterización de poblaciones y producción silvestre de frutos de jagua (*Genipa americana* L.) en los municipios de Maceo, Puerto Berrio y San Luis, Antioquia: bases para su protocolo de manejo sostenible en el Magdalena Medio**

**Characterization of populations and wild production of jagua fruits (*Genipa americana* L.) in the municipalities of Maceo, Puerto Berrio and San Luis, Antioquia: bases for its sustainable management protocol in Magdalena Medio**

**Proyecto "Promoviendo los Productos Forestales No Maderables  
Partnerships For Forest-P4F"**

Convenio 19-169, celebrado entre Palladium International Limited y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Presentado por:

Juan Carlos Copete Maturana

Biólogo, Magíster en Bosques y Conservación, Investigador Asistente II, Ciencias Básicas de la Biodiversidad – Especies de Interés del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, [jcopete@humboldt.org.co](mailto:jcopete@humboldt.org.co)

Copete, J. C., <https://orcid.org/0000-0002-9651-6276>

Supervisora: María Claudia Torres Romero, Investigadora Adjunta, Ciencias Básicas de la Biodiversidad – Especies de Interés del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia-ANDI, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Partnerships For Forests-P4F y Gobierno del Reino Unido

Bogotá, D.C., 2022

## **Participación**

A continuación, se expresa reconocimiento y gratitud a las personas que colaboraron con el desarrollo del presente trabajo.

Jhon Fredy Zapata González

Héctor Darío Gutiérrez Mosquera

Cristian Zapata

Araceli Benítez

José Eber Fernández Ceballos

Dainer Cosme Serna

Empresa Ecoflora

De manera especial destacamos la colaboración en el trabajo de inventarios y de seguimiento a la producción de frutos de Dainer Cosme Serna, líder de la cuadrilla de cosechadores de jagua en el Prodigio.

## **Elaboración de cartografía**

Juan Carlos Copete Maturana, Investigador asistente II, Instituto Humboldt

## **Revisión**

María Claudia Torres, Investigadora Adjunta, Instituto Humboldt

## PÁGINA DE FICHA DE CATALOGACIÓN EN LA FUENTE

Copete Maturana, Juan Carlos

Caracterización de poblaciones y producción silvestre de frutos de jagua (*Genipa americana* L.) en los municipios de Maceo, Puerto Berrío y San Luis, Antioquia: bases para su protocolo de manejo sostenible en el Magdalena Medio = Characterization of populations and wild production of jagua fruits (*Genipa americana* L.) in the municipalities of Maceo, Puerto Berrío and San Luis, Antioquia: bases for its sustainable management protocol in Magdalena Medio / Juan Carlos Copete Maturana. – Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2022.

29 páginas

Incluye bibliografía, tablas, mapas, fotos a color

1. Árbol. – 2. Dispersión. – 3. Estructura poblacional. – 4. Magdalena medio. – 5. Manejo sostenible. – 6. Producción de frutos. – 7. Polinización. – 8. Rubiaceae. I. Juan Carlos Copete. II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt .

Catalogación en la fuente – Biblioteca Francisco Javier Matís.

Cómo citar este documento:

Copete, J. C. (2022). Caracterización de poblaciones y producción silvestre de frutos de jagua (*Genipa americana* L.) en los municipios de Maceo, Puerto Berrio y San Luis, Antioquia: bases para su protocolo de manejo sostenible en el Magdalena Medio = Characterization of populations and wild production of jagua fruits (*Genipa americana* L.) in the municipalities of Maceo, Puerto Berrio and San Luis, Antioquia: bases for its sustainable management protocol in Magdalena Medio. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

## Tabla de Contenido

Resumen	2
Abstract	3
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1. Objetivo general	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. Área de estudio	10
4. Métodos.	12
4.1. Fase preparatoria	12
4.2. Fase de campo	12
4.3. Análisis de los datos	13
5. Información sobre la especie y las poblaciones de jagua	13
5.1. Descripción de la especie <i>Genipa americana</i>	13
5.2. Distribución y área de recolección	15
5.3. Usos	15
5.4. Dispersión	16
5.5. Abundancia	16
5.6. Estructura poblacional	17
5.7. Fenología, visitantes florales, y producción de frutos	19
6. Caracterización de la cosecha y manejo	22
6.1. Cosecha y cadena productiva	22
6.2. Prácticas de manejo	24
6.3. Propiedad de la tierra y formas de acceso al recurso	25
6.4. Impacto de la cosecha	25
7. Evaluación de la sostenibilidad	26
8. Recomendaciones de manejo	27
9. Seguimiento y monitoreo	27
10. Referencias bibliográficas	29

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio de la jagua en Antioquia.	10
<b>Figura 2.</b> Panorámica de los bosques y parches del área de estudio. A. Cañón del río Alicante. B. Parche de bosque en El Prodigio.	10
<b>Figura 3.</b> Representación de los transectos realizados para la toma de información de <i>G. americana</i> (Balslev et al., 2010).	12
<b>Figura 4.</b> <i>Genipa americana</i> . A. Árbol. B. Flores masculinas. C. Flor femenina. D. Frutos.	13
<b>Figura 5.</b> Distribución de <i>G. americana</i> (Francis, 1993).	14
<b>Figura 6.</b> Test de normalidad Shapiro Will, de las clases de tamaño de la jagua en 11 transectos en Antioquia.	16
<b>Figura 7.</b> Distribución de clases de tamaño de <i>G. americana</i> en Antioquia.	17
<b>Figura 8.</b> Distribución de los estados reproductivos en <i>G. americana</i> , registrados en 11 transectos en Antioquia.	18
<b>Figura 9.</b> Diferenciación sexual de <i>Genipa americana</i> en San Luis Antioquia. A. Individuo masculino. B. Individuo femenino. C. Flor masculina ♂, y flor femenina ♀.	19
<b>Figura 10.</b> Algunos visitantes florales de <i>G. americana</i> en el Prodigio. A. Abeja sin aguijón. B. Araña.	20
<b>Figura 11.</b> Relación entre el número de frutos con el DAP (A) y la altura (B) en 30 individuos adultos de jagua en el corregimiento El Prodigio, Antioquia.	21
<b>Figura 12.</b> Cosecha de los frutos de <i>G. americana</i> con corta rama en el Corregimiento El Prodigio.	22
<b>Figura 13.</b> Forma correcta de corta el fruto de <i>G. americana</i> .	23
<b>Figura 14.</b> Distribución de los árboles de <i>G. americana</i> , en los potreros del Corregimiento El Prodigio.	24

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Individuos registrados en los 11 transectos establecidos en el área de estudio.	16
<b>Tabla 2.</b> Promedio y desviación estándar de la producción de frutos de <i>G. americana</i> en 30 individuos adultos.	21

## Resumen

Los productos forestales no maderables del bosque (PFNM) han sido un recurso vital de supervivencia para las comunidades rurales de los trópicos, pero es necesario el conocimiento sobre su biología, ecología y aprovechamiento para el adecuado manejo sostenible. Estudiamos aspectos de la historia natural de la jagua (*Genipa americana*) y evaluamos la estructura de la población y la producción de frutos en los municipios de Maceo, Puerto Berrio y San Luis, Antioquia. Para evaluar la estructura de la población se realizaron 11 transectos de 500 x 5 m (0,25 ha) en bosques maduros en los municipios de Maceo y Puerto Berrio donde se registraron todos los individuos en sus diferentes clases de desarrollo (Plántulas, Juveniles I, Juveniles II, Subadultos y Adultos). Para evaluar la producción de frutos se registró el número de cada estructura floral de la especie (flor y fruto) y los frutos de cada árbol fueron pesados, contados y medidos en 30 individuos adultos del municipio San Luis. Se realizó un análisis de varianza para comparar la representación de individuos en cada clase de desarrollo y un análisis de correlación y regresión lineal para evaluar las relaciones entre la producción de frutos, la altura y el diámetro del árbol. Se registraron en total 147 individuos con una baja densidad promedio entre transectos de  $13 \pm 10$  individuos. La población de jagua se encuentra en buen estado con una alta proporción de plántulas que indican una población relativamente estable. Se registró una producción promedio de  $468 \pm 318$  frutos por árbol, cada fruto tuvo un peso promedio de  $0,14 \pm 0,76$  kg y un tamaño promedio de  $62 \pm 12$  mm de largo por  $82 \pm 14$  mm de ancho. En una muestra de 17 individuos de jagua la producción de frutos fue estimada en 1,6 toneladas. Se encontró una relación significativa entre la producción de fruto y el diámetro del árbol, pero no se encontró relación entre el número de frutos producido por cada árbol y la altura. Nuestros resultados demostraron que la jagua tiene alto potencial para el aprovechamiento de frutos con fines comerciales, convirtiéndose en una estrategia económica y de conservación de los bosques húmedos tropicales del departamento de Antioquia.

**Palabras claves:** Árbol, dispersión, estructura poblacional, magdalena medio, manejo sostenible, producción de frutos, polinización, Rubiaceae.

## Abstract

Non-timber forest products from the forest (NTFP) have been a vital survival resource for rural communities in the tropics, but knowledge about their biology, ecology and use is necessary for appropriate sustainable management. We study aspects of the natural history of the jagua (*Genipa americana*) and we evaluate the structure of the population and the production of fruits in the municipalities of Maceo, Puerto Berrio and San Luis, Antioquia. To evaluate the structure of the population, 11 transects of 500 x 5 m (0.25 ha) were established on mature forests in the municipalities of Maceo and Puerto Berrio where all the individuals in their different development classes were recorded (Seedlings, Juvenil I, Juvenil II, Subadults and Adults). To evaluate fruit production, the number of each floral structure of the species (flower and fruit) was recorded and the fruits of each tree were weighed, counted and measured in 30 adult individuals of the San Luis municipality. An analysis of variance was carried out to compare the representation of individuals in each development class and a correlation and linear regression analysis to evaluate the relationships between fruit production, height and tree diameter. A total of 147 individuals were recorded with a low average density between transects of  $13 \pm 10$  individuals. The jagua population is in a good condition with a high proportion of seedlings indicating a relatively stable population. An average production of  $468 \pm 318$  fruits per tree was recorded, each fruit had an average weight of  $0.14 \pm 0.76$  kg and an average size of  $62 \pm 12$  mm long by  $82 \pm 14$  mm wide. In a sample of 17 individuals of jagua, fruit production was estimated in 1.6 tons. A significant relationship was found between fruit production and tree diameter, but no relationship was found between the number of fruits produced by each tree and the height. Our results showed that jagua has high potential for the use of fruits for commercial purposes, becoming an economic and conservation strategy for the humid tropical forests of the department of Antioquia.

**Keywords:** dispersal, fruit production, middle Magdalena, pollination, population structure, Rubiaceae. sustainable management, tree.

## 1. Introducción

Los productos forestales no maderables del bosque (PFNM) son todos aquellos provenientes del bosque y diferentes a la madera como flores, frutos, semillas, látex, cortezas, fibras y plantas medicinales. La mayor producción de estos productos ocurre en los bosques tropicales, siendo de gran valor económico y alimenticio para comunidades rurales (Peters, 1996; Ticktin, 2004).

La jagua (*Genipa americana* L.), como es conocido el fruto de esta especie perteneciente a la familia Rubiaceae en Colombia, es una especie con alto valor cultural para las comunidades indígenas del Pacífico colombiano ya que el fruto se utiliza como tinte natural para la coloración de fibras naturales y como bloqueador solar y repelente de insectos para las largas travesías en los ríos del departamento del Chocó (Torres Torres, 2018; Castaño y Palacios, 2014), además es una especie de importancia económica por la utilización de la madera en la ebanistería y por la utilización de sus frutos como fuente de alimento (Francis, 1993; López-Camacho, 2008).

Sumado a la variedad y los múltiples usos que recibe la jagua, en las últimas décadas la demanda para la explotación de esta especie ha aumentado debido a la cosecha del fruto para la extracción de un tinte natural de color azul con fines comerciales (Ecoflora, 2015; Álvarez-Ochoa, 2013; Lares et al., 2014; Martínez-Lozada, 2016).

La principal fuente de la materia prima para la obtención del tinte proviene de poblaciones naturales de jagua (Castaño y López, 2014), lo cual genera una presión sobre esta especie en algunas regiones del país (López-Camacho, 2008). De acuerdo con esto, para lograr un adecuado aprovechamiento sostenible de cualquier producto forestal no maderable del bosque es recomendable conocer algunos aspectos biológicos de la especie como son: fenología, polinizadores, dispersores de semillas, estructura y dinámica de la población. Sin embargo, son muy pocos los estudios detallados acerca de estos aspectos para la jagua. Algunos estudios reportan aspectos sobre polinización, fenología y dispersores. Por ejemplo, Duque (2006) reportó que los polinizadores de *G. americana* son abejas del género Euglosine, Müller-Freire et al. (2013) registraron que la época de floración de la jagua ocurre en el mes de noviembre y que la fructificación se da entre los meses de febrero y octubre con un síndrome de dispersión de tipo Zoocórica. Castaño y Palacios (2014) documentaron que las épocas de floración y fructificación de la jagua ocurrieron entre los meses de mayo y septiembre, épocas del año que coinciden con los picos de precipitación. Pese a estos valiosos reportes, es necesario realizar estudios más detallados en estos temas y relacionados con el estado y viabilidad poblacional con el fin de brindar recomendaciones a los cosechadores de jagua.

El presente documento brinda información detallada de fenología, estructura poblacional, régimen de cosecha y productividad de *Genipa americana* de una población natural en los municipios de Maceo, Puerto Berrio y San Luis, Antioquia. La información aquí presente será de gran valor para establecer buenas prácticas de aprovechamiento y para promover su sostenibilidad.



## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Recolectar y analizar información sobre la biología, la ecología y el proceso de aprovechamiento de la jagua con el fin de evaluar y planificar su uso sostenible.

### **2.2. Objetivos específicos**

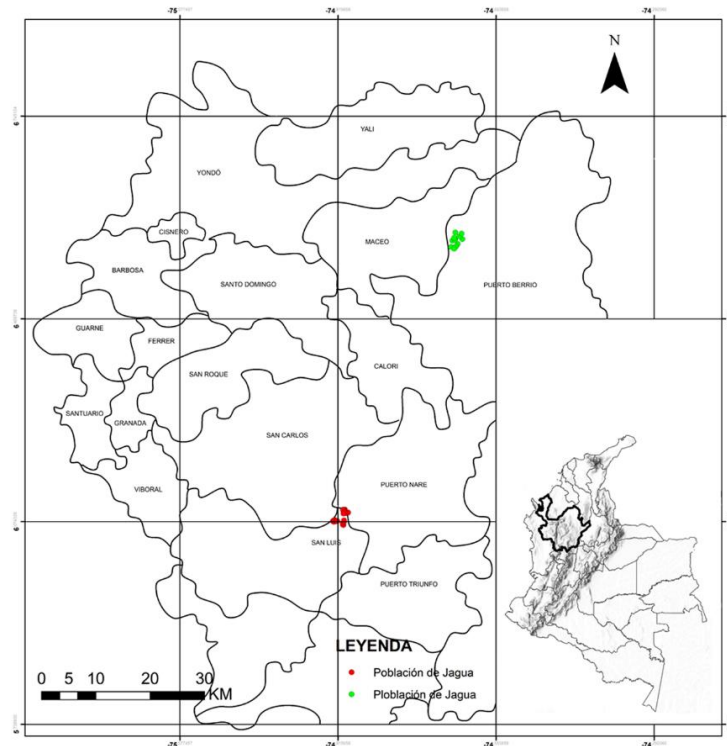
- ✓ Revisar la literatura para identificar áreas de recolección y obtener información secundaria sobre la especie.
- ✓ Evaluar la distribución, abundancia, estructura poblacional y productividad de la especie para identificar su estado actual e impactos.
- ✓ Caracterizar la actividad de aprovechamiento a partir de la información ecológica obtenida y la información brindada por los cosechadores.

## **3. Área de estudio**

El presente estudio se realizó en los municipios de Maceo y Puerto Berrio en el Cañón del Río Alicante, sobre el Magdalena Medio, y en el municipio San Luis, corregimiento El Prodigio, en predios de propiedad privada y en reserva natural, en el departamento de Antioquia (Figura 1). Este territorio se caracteriza por presentar una precipitación anual que va de 4000 a 6000 mm, con una temperatura media de 25 °C, humedad relativa de 80 % y pertenece a la zona de vida bosque pluvial tropical (bp-T) (Espinal, 1977).

El Cañón del río Alicante (Figura 2A), tiene una extensión de 6.292 ha y delimita los municipios de Maceo y Puerto Berrio en Antioquia. Se encuentra a una distancia de 20 km desde el casco urbano de Maceo. Esta área fue declarada como Distrito de Manejo Integrado (DMI), con el fin de combinar acciones de protección del ecosistema con posibilidad del uso del área reservada para realizar actividades económicas controladas, investigativas, educativas y recreativas por parte de CORANTIOQUIA mediante la resolución N° 233 del 12 de octubre de 2006 (Alcaldía de Maceo, 2020).

Los habitantes del Cañón del Río Alicante son familias campesinas que tienen como actividades económicas la ganadería, la minería, la agricultura y el turismo; no poseen servicios de acueducto, alcantarillado o puestos de salud y el único servicio cubierto durante todo el día es la energía. En este territorio no existe presencia de grupos armados al margen de la ley y sus habitantes gozan de una inmensa tranquilidad y paz.



**Figura 1.** Área de estudio de la jagua en Antioquia.



**Figura 2.** Panorámica de los bosques y parches del área de estudio. A. Cañón del río Alicante. B. Parche de bosque en El Prodigio.

El corregimiento El Prodigio está ubicado al inicio del Magdalena Medio, por lo cual posee un clima cálido y conserva algunos parches de bosques (Figura 2B). Este corregimiento pertenece al Municipio de San Luis y está a una distancia de 21 km desde el Casco urbano de San Luis. Sus habitantes tienen como actividad económica la ganadería, la minería y el turismo. Las necesidades básicas insatisfechas (NBI) no son tan bajas porque los habitantes gozan de una cobertura total de acueducto, alcantarillado, puestos de salud, energía permanente, educación hasta el bachillerato, señal telefónica y de internet (Alcaldía de San Luis, 2020).

En la actualidad no existen grupos armados al margen de la ley, pero en tiempos pasados, antes del acuerdo de paz de La Habana entre el Gobierno nacional y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), este territorio fue golpeado fuertemente por la violencia y las guerras creadas por este grupo guerrillero y los grupos paramilitares.

## **4. Métodos.**

### **4.1. Fase preparatoria**

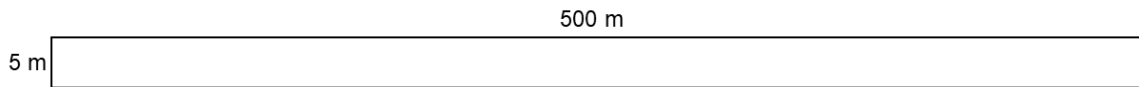
Para esta actividad se realizó una búsqueda intensiva sobre aspectos de la historia natural de la jagua (*Genipa americana*), su ecología y las áreas de distribución natural, en bases de datos especializadas (Jstor, Science Direct, Scopus, Bayerische Staatsbibliothek). Una vez identificadas las áreas donde se localizan las poblaciones naturales de jagua, se realizaron talleres de socialización con los pobladores para explicar el proyecto marco de esta investigación y realizar los primeros acercamientos con los representantes del Ecoflora, empresa encargada de la explotación y extracción de la jagua.

Se generaron mapas de los predios a visitar para identificar la cobertura de los bosques, empleando los programas Google Earth 2020 y ArcMap versión 10.3. Se realizó una salida previa al Cañón del río Alicante, en la que se verificó la existencia de jagua y se ajustó la metodología de campo. Además, se marcaron y georeferenciaron 101 individuos de la especie.

### **4.2. Fase de campo**

Para evaluar la estructura poblacional de la jagua, se establecieron 11 transectos lineales de 500 x 5m (0,25 ha) (Figura 3). Los transectos se establecieron aleatoriamente en bosques sin aparente intervención humana. Cada transecto fue retirado el uno del otro por una distancia de 500 m. En cada transecto se identificaron y se cuantificaron todos los individuos de jagua presentes en sus diferentes clases de crecimiento: Plántulas, Juvenil I, Juvenil II, Sub adultos y Adultos, clasificación que estuvo basada en el diámetro del tronco a 1,3 m (DAP) de cada individuo. Las plántulas comprenden individuos con  $DAP \leq 10$  cm, los Juveniles I agrupan individuos con DAP

entre 10,1 y 20 cm, los Juveniles II agrupan individuos entre 20,1 y 30 cm de DAP, los Sub-adultos agrupan individuos entre 30,1 y 40 cm de DAP y los adultos comprenden individuos con DAP  $\geq$  40,1 cm y con señales de alguna estructura reproductiva (Pérez-Medina, 2014).



**Figura 3.** Representación de los transectos realizados para la toma de información de *G. americana* (Balslev et al., 2010).

La fenología se evaluó mediante observaciones directas por medio de binoculares a 30 árboles seleccionados al azar que presentaron señales de algunas estructuras reproductivas como botones florales, flores y frutos. La sincronía de la floración fue estimada mediante el índice de Bencke y Morellato (2002).

La productividad se registró únicamente en árboles adultos ( $n = 30$ ) que estuvieran dentro de los predios cosechados, y a cada árbol se le registró el número de frutos verdes, número de frutos maduros, kilogramos de frutos aprovechados y se midió el tamaño de los frutos aprovechados.

#### **4.3. Análisis de los datos**

Para evaluar la estructura de la población se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar la representatividad de individuos entre las categorías de crecimiento de la especie. Debido a que los datos tuvieron una distribución no normal, se empleó una transformación para la posterior realización de la prueba de comparación (Legendre y Legendre, 2012).

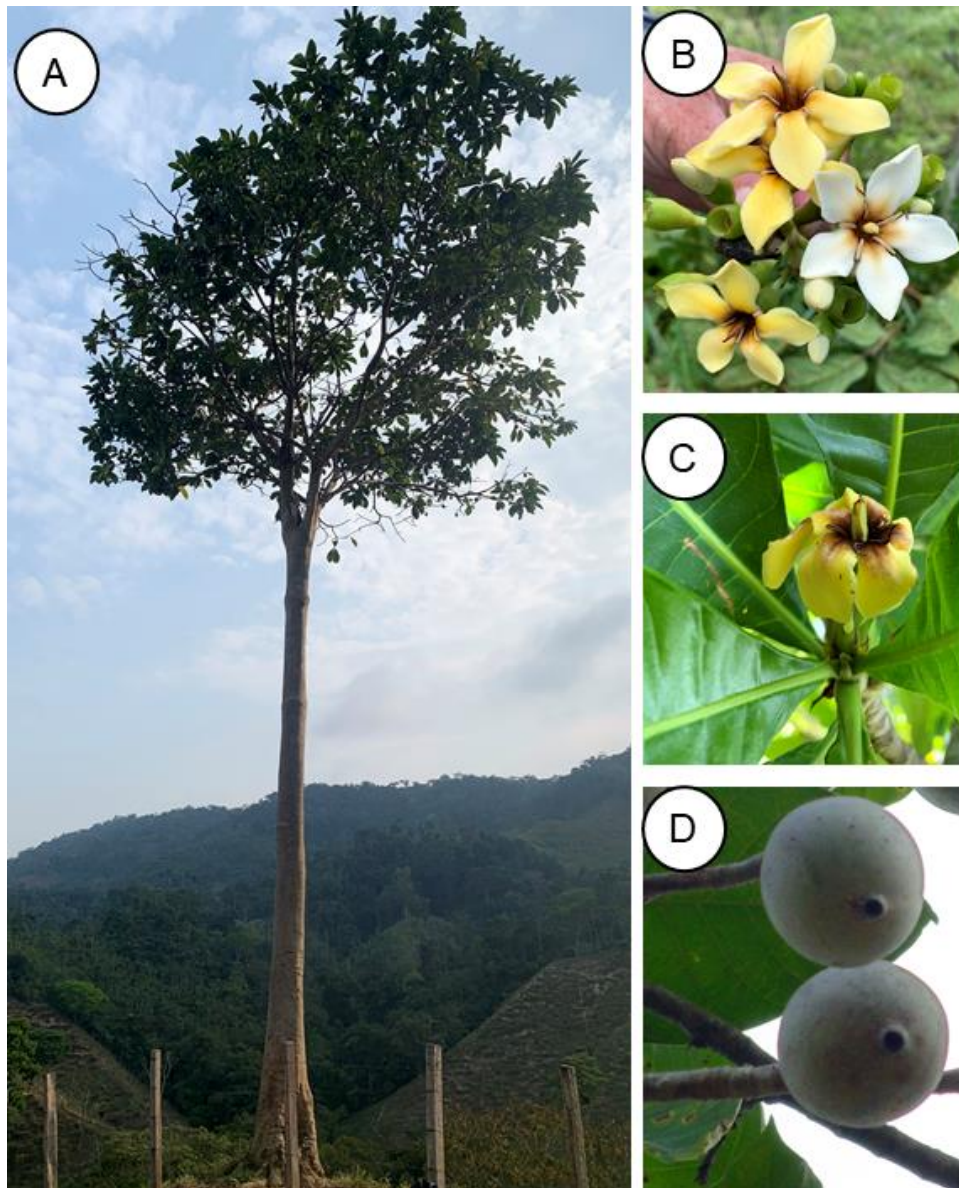
Para evaluar la productividad de frutos de la jagua, se obtuvieron estadísticos descriptivos (promedios, rangos y desviación estándar) con el fin de determinar su variabilidad. Para evaluar relaciones entre el diámetro del árbol y el número de frutos producidos, se realizó un análisis de correlación y regresión lineal.

### **5. Información sobre la especie y las poblaciones de jagua**

#### **5.1. Descripción de la especie *Genipa americana***

Árbol dioico, caducifolio, con altura entre 10 y 25 m, y un DAP promedio de 50 cm, corteza externa lisa, con cicatrices semicirculares más claras y la corteza interna castaño; ramas numerosas en verticilo, con las hojas concentradas en los extremos, estípulas son acuminadas y glabras con un tamaño entre 8 y 12 mm; hojas simples y opuestas, con formas desde obovadas a oblongas, desde glabras a pubescentes, de textura subcoriácea verde oscuro por el haz y verde claro por el envés, tamaños variables de 10 a 35 cm de largo y 5,5 a 19 cm de ancho y con margen entero. Flores masculinas de 3,5 cm de largas, morfológicamente hermafroditas, pero funcionalmente

estaminadas que se presentan en racimos en la cima de cada rama (Figura 4B) y las flores femeninas de 5 cm de largas, morfológicamente hermafrodita, pero funcionalmente pistiladas, que se presentan de forma solitaria en la cima de cada rama (Figura 4C), ambas flores son de corola tubular blanco amarillento, cáliz es verde, tubular cilíndrico (Croat, 1978); frutos en bayas de color pardo, de forma redonda (Gentry, 1996) (Figura 4D), ligeramente escabrosas al tacto; cáliz persistente con sabor muy característico y aroma penetrante. Cuando está inmaduro es color verde, cubierto por una cutícula café verdoso, y cuando madura se vuelve carnosos y de color café. Al hacer un corte en el fruto, este se oxida azul y mancha la piel del mismo color, cada fruto puede medir entre 7 a 8,5 mm de largo, 8 a 9,5 mm de ancho y 1,5 a 2 mm de grueso y puede contener entre 90 y 250 semillas (Castaño y Palacios, 2014).



**Figura 4.** *Genipa americana*. A. Árbol. B. Flores masculinas. C. Flor femenina. D. Frutos.

## 5.2. Distribución y área de recolección

*G. americana* se encuentra naturalmente en el neotrópico desde México hasta el norte de Argentina y en las islas del Caribe (Figura 5). En Colombia se ha reportado en el Chocó biogeográfico, en la Amazonia y en los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, creciendo preferiblemente en lugares con precipitaciones que oscilan entre 1200 y 4000 mm anuales con una temperatura media entre 18 y 28 °C (Francis, 1993).

Las áreas de aprovechamiento de la jagua para la obtención del colorante se sitúan en el municipio de San Luis, específicamente en los corregimientos El Prodigio, Las Confusas y Los Medios, territorio perteneciente a la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE), bajo la resolución 134-0213 del 11 de diciembre del 2015, por la cual se autoriza a la empresa Ecoflora Cares el aprovechamiento del fruto de *Genipa americana* de 413 árboles (CORNARE, 2015).



**Figura 5.** Distribución de *G. americana* (Francis, 1993).

## 5.3. Usos

La jagua es una especie ampliamente utilizada en la región del Chocó biogeográfico por parte de los indígenas y afrodescendientes. Por ejemplo, los indígenas la utilizan como repelente para insectos y como bloqueador solar y los afrodescendientes utilizan el tallo para cabos de hachas y

el fruto como tinte para el cabello (Castaño y Palacios, 2014). Además, se han reportado múltiples usos para esta especie, especialmente en países de América del Sur (Brasil, Colombia y Ecuador), donde a menudo sus frutos son empleados para bebidas y tintes (Ecoflora, 2015; Torres Torres, 2018). La madera es de gran valor comercial y altamente utilizada en la industria artesanal (Francis, 1993; López-Camacho, 2008).

Debido a los usos que registra *Genipa americana*, ha sido el foco de varios estudios fitoquímicos con el fin de conocer las mejores técnicas para la extracción del compuesto “Genipina” el cual da el color azul que posee el fruto (Álvarez-Ochoa, 2013; Lares et al., 2014; Martínez-Lozada, 2016). Sin embargo, en el área de estudio, la jagua no recibía ningún tipo de uso antes de la llegada de la empresa Ecoflora, la cual dio a conocer el gran valor económico de esta especie.

#### 5.4. Dispersión

Mediante observaciones de campo e información de los guías locales José Zapata y Jhon Fredy González, se identificó que *Genipa americana* posee dos síndromes de dispersión de semillas. La primera de ellas es la zoocoría, donde participan varias especies de animales entre aves como pavas (*Opisthocomus hoazin*) paujil (*Crax alberti*) y tucanes (*Ramphastos brevis*), y algunos mamíferos como la guagua (*Cuniculus paca*) y el ñeque (*Dasyprocta punctata*). El segundo síndrome de dispersión identificado fue la hidrocora, que consiste en la dispersión de semillas por acción del agua. Estos resultados son semejantes a los registrados por Müller –Freire et al. (2013) y Castaño y Palacios (2014), quienes registran que la jagua es dispersada por el agua y por algunos animales.

#### 5.5. Abundancia

En el Cañón del Río Alicante se registró un total de 53 individuos/ha en 11 transectos de 500 x 5 m (2,75 ha) y la densidad por transecto fue muy baja con un promedio de  $13 \pm 11$  individuos (Tabla 1).

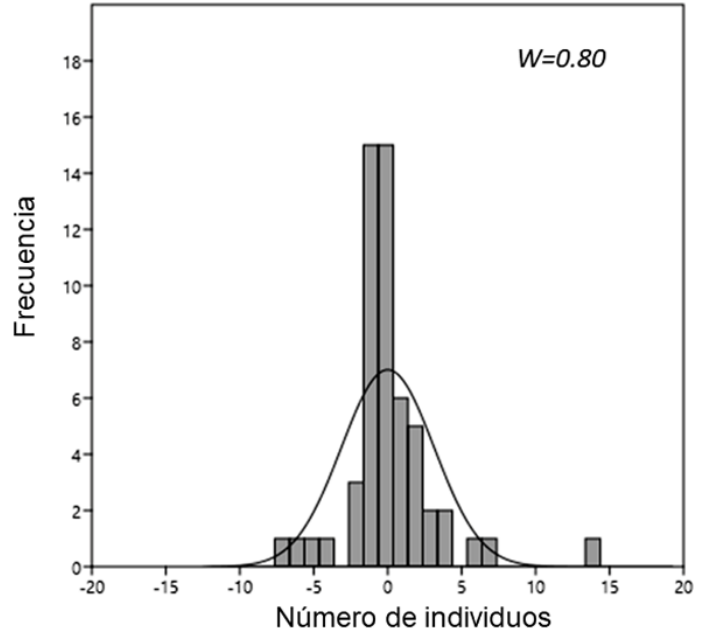
**Tabla 1.** Individuos registrados en los 11 transectos establecidos en el área de estudio.

Transecto	Individuos totales
1	13
2	4
3	6
4	21
5	8
6	16
7	6

8	12
9	3
10	17
11	41
Promedio	13
Desviación estándar	11
Individuos/ha	53

**5.6. Estructura poblacional**

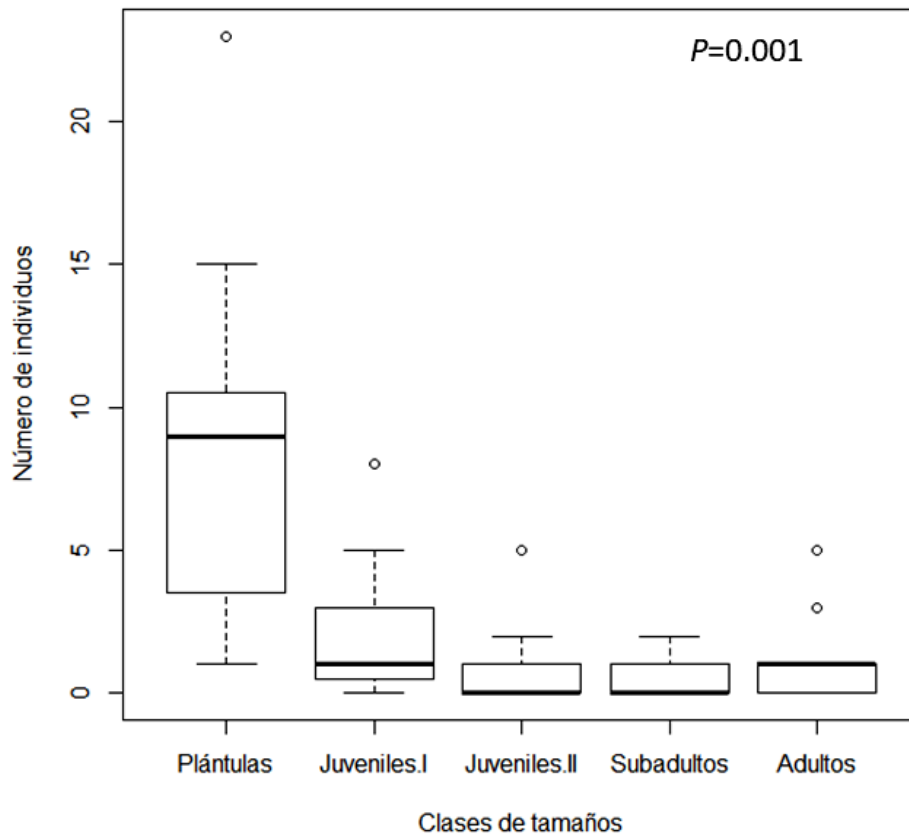
Debido a que la cantidad de individuos registrada en los transectos tuvo una distribución no normal, los datos fueron transformados para las comparaciones posteriores (Figura 6). El análisis de varianza arrojó diferencias significativas entre las medias de las diferentes clases de tamaños ( $P = 0,001$ ), lo cual indica que la representatividad de individuos entre categorías es desproporcionada, siendo las plántulas las que agrupan una mayor cantidad de individuos a diferencia del resto (Figura 7). De esta manera, la población de jagua encontrada en este estudio dentro de bosques naturales tiene la típica forma de “J” invertida que asegura el buen estado de esta población (Figura 7). Adicionalmente, la alta regeneración de esta población sugiere que en la actualidad es relativamente estable.



**Figura 6.** Test de normalidad Shapiro Wilk, de las clases de tamaño de la jagua en 11 transectos en Antioquia.



Las categorías mejor representadas fueron las Plántulas con 64 % y 34 individuos/ha, con un rango de 1-25 y media de 9 individuos por transecto, y los Juveniles I con 16 % y 9 individuos/ha. Las categorías menos representadas fueron los Sub adultos con 4,76 % y 2 individuos/ha, con un rango de 0 a 5 y una media de 1 individuo por transecto, y Juveniles II con 6,12 % y 3 individuos/ha (Figura 7). Se registraron 11 individuos adultos de los cuales 7 individuos fueron machos y 4 individuos fueron hembras.



**Figura 7.** Distribución de clases de tamaño de *G. americana* en Antioquia.

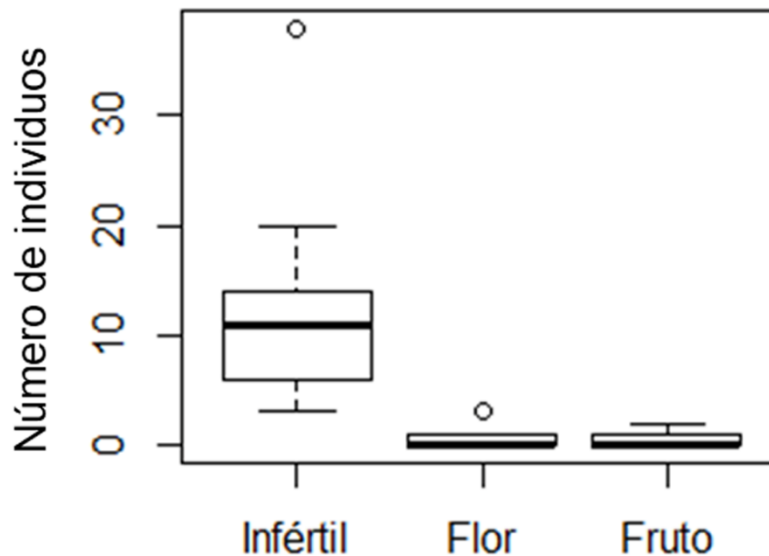
Además de la abundancia registrada en los transectos, se encontraron 8 individuos/ha aislados en los potreros y en algunos parches de bosques del Cañón del Río Alicante para un área muestreada de 3 ha. Las categorías con mayor número de individuos fueron los adultos con 4,33 individuos/ha, seguida de las plántulas con 2,66 individuos/ha. La categoría con menor número de individuos fue la juvenil con 1 individuo/ha. La mayoría de estos individuos son adultos debido a que han sido dejados por los ganaderos para el sombrío del ganado y debido a que sus frutos maduros sirven como alimento para el ganado.

La abundancia de jagua registrada para áreas de potrero en el presente estudio es superior a la registrada en el área aprovechada (San Luis, Antioquia) donde se encontraron en total 413 individuos con DAP superior a 10 cm, los cuales estuvieron distribuidos en 10 predios que comprenden 123 ha (3 individuos/ha, Ecoflora, 2015).

Por otra parte, se observó que *Genipa americana* es una especie altamente adaptativa debido a que fue registrada en diferentes hábitats como zonas inundables al margen del río y terrazas al interior del bosque. Esta observación ha sido registrada en investigaciones anteriores como la de Silva de Andrade et al. (1999), quienes reportaron que las plántulas de *Genipa americana* crecieron en suelos con inundaciones periódicas, y la de Lavinsky (2007), quien reportó que la jagua es una especie altamente plástica y se adapta a diferentes ambientes.

### 5.7. Fenología, visitantes florales, y producción de frutos

A lo largo del periodo de estudio se observaron árboles florecidos y fructificados al mismo tiempo, por lo cual esta especie puede florecer y fructificar durante todo el año. De los 147 individuos registrados, 135 estaban en estado infértil, 6 en floración y 6 en fructificación (Figura 8).



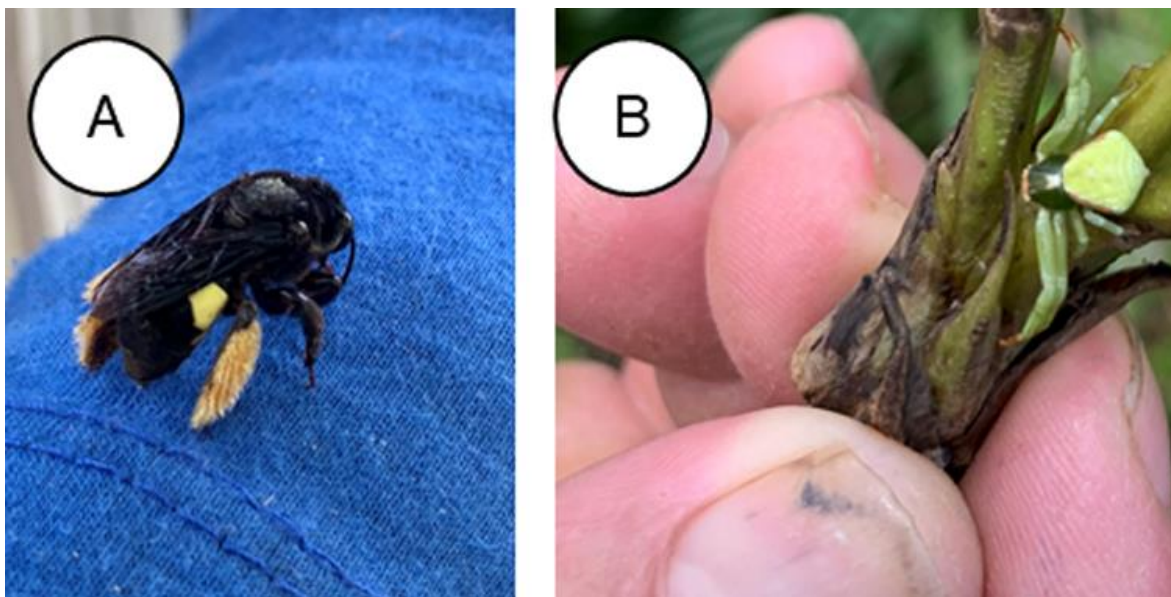
**Figura 8.** Distribución de los estados reproductivos en *G. americana*, registrados en 11 transectos en Antioquia.

En cuanto a la biología reproductiva, *Genipa americana* es una especie dioica con individuos totalmente masculinos y femeninos, lo que hace que los mecanismos de polinización de la especie dependan de un agente polinizador. Las flores masculinas de *Genipa americana* tienen 3,5 cm de largas, morfológicamente hermafroditas, pero funcionalmente estaminadas, que se presentan en racimos en la cima de cada rama (Figura 9A) y las flores femeninas de 5 cm de largas, morfológicamente hermafroditas, pero funcionalmente pistiladas, que se presentan de forma solitaria en la cima de cada rama (Figura 9B). Ambas flores son de corola tubular blanco amarillento, cáliz es verde, tubular y cilíndrico (Figura 9C).



**Figura 9.** Diferenciación sexual de *Genipa americana* en San Luis Antioquia. A. Individuo masculino. B. Individuo femenino. C. Flor masculina ♂ , y flor femenina ♀.

Se observó presencia de varios visitantes florales en el momento de la antesis, entre estos, abejas sin aguijones que posiblemente pueden ser las polinizadoras (Figura 10A), colibríes y pequeñas arañas (Figura 10B). De los 30 árboles marcados, seis presentaron flores y todos en conjunto presentaron 30 frutos. Estas observaciones se asemejan a las encontradas en varias investigaciones. Por ejemplo, Müller-Freire et al. (2013) encontraron que la floración de *Genipa americana* ocurre en el mes de noviembre y que la fructificación ocurre de febrero a octubre. Duque (2006), registró que los polinizadores de la jagua son abejas del género *Euglosine*. Castaño y Palacios (2014) encontraron que la época de mayor floración y fructificación de la jagua comprende mayo y septiembre, las cuales coinciden con épocas de mayor precipitación, aunque afirmaron que la jagua fructifica durante todo el año.



**Figura 10.** Algunos visitantes florales de *G. americana* en el Prodigio. A. Abeja sin aguijón. B. Araña.

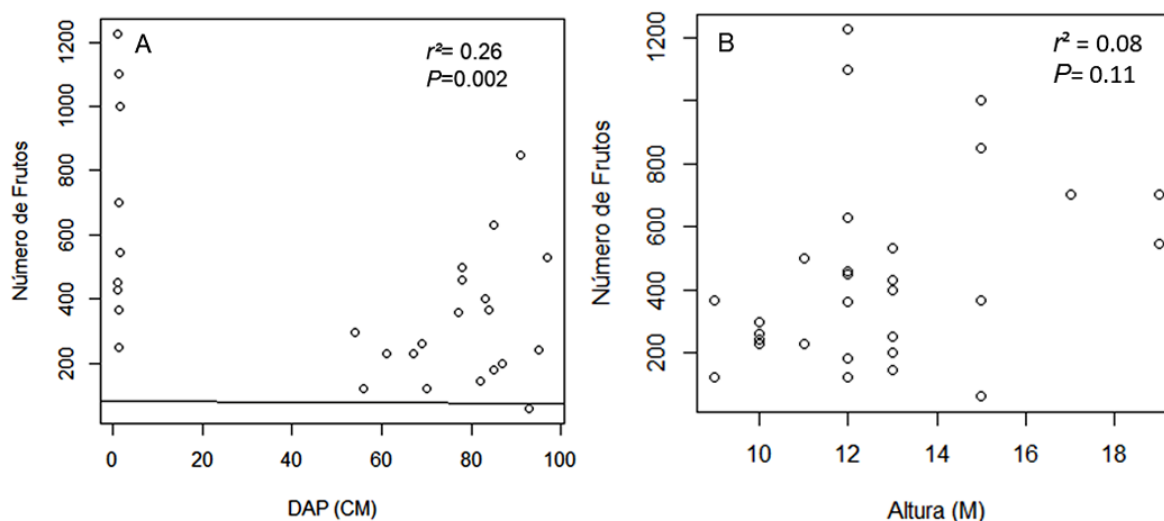
Durante el estudio se encontró que un árbol de jagua produce en promedio  $468 \pm 318$  frutos (n 30). Cada fruto pesa en promedio  $0,14 \pm 0,76$  g. De los 17 individuos registrados, la producción de jagua fue de 1,6 toneladas (n = 17) y cada fruto mide en promedio  $62 \pm 12$  mm de largo por  $82 \pm 14$  mm de diámetro (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedio y desviación estándar de la producción de frutos de *G. americana* en 30 individuos adultos.

Número de frutos / individuo	Peso de frutos cosechados (kg) / individuo	Peso (g) /fruto	Producción de frutos (t) / individuo	Tamaño promedio de frutos (mm)
$468 \pm 318$	$253 \pm 361$	$0,14 \pm 0,76$	1,6	$62 \pm 12 \times 82 \pm 14$

De acuerdo con las observaciones de campo, los individuos femeninos en los bosques del área de estudio producen flores a partir de los 25 cm de DAP y los individuos masculinos a los 15 cm de DAP. Por otra parte, se observó que los árboles dispersos dentro de los pastizales tienen mayor producción de frutos que los que están dentro del bosque (519 vs. 235). Esta alta producción puede ser un claro ejemplo de competencia por nutrientes y la radiación solar. Árboles que reciben más radiación debida a la baja competencia o sombra proporcionada por otros árboles, pueden tener mayor oportunidad de hacer fotosíntesis y producir una mayor cantidad de frutos.

Se encontró una relación directa y significativa entre el número de frutos producidos y el DAP de los árboles (Figura 11A), pero no se encontró una relación entre el número de frutos y la altura (Figura 11B). Esto indica que los árboles con troncos más gruesos y posiblemente de mayor edad producen una mayor cantidad de frutos.



**Figura 11.** Relación entre el número de frutos con el DAP (A) y la altura (B) en 30 individuos adultos de jagua en el corregimiento El Prodigio, Antioquia.

## 6. Caracterización de la cosecha y manejo

### 6.1. Cosecha y cadena productiva

De acuerdo con las observaciones realizadas en áreas de distribución natural de la jagua y la información proporcionada por los cosechadores es posible encontrar individuos con flores y frutos verdes y maduros simultáneamente en un mismo individuo, por lo que se puede establecer un régimen de cosecha continuo. No obstante, existe un pico de producción en el que la cosecha se realiza con mayor intensidad y estos periodos van desde abril hasta junio y de septiembre a noviembre.

Los frutos de jagua deben ser colectados cuando han alcanzado un tamaño que va desde 60 a 90 cm de diámetro y de 10 a 15 cm de largo, pero que aún se encuentran en un estado verde; ya que el proceso de extracción de colorante es difícil si se usan frutos maduros o enfermos.

Una técnica bien conocida para saber la madurez de los frutos en el árbol es la practicada por los campesinos cosechadores del borojó (*Borojoa patinoi*). Para esta especie el fruto está en el momento adecuado de recolección cuando se jala y el pedúnculo (parte que une al fruto con la rama) se desprende con una sección del fruto, dejando un hueco en él. La cosecha de jagua debe realizarse antes de que los frutos lleguen a este punto de madurez (Castaño y Palacios, 2014).

La recolección de la jagua en el suroriente de Antioquia es una actividad realizada únicamente por hombres. Los frutos son colectados directamente de los árboles cuando están entre verdes y maduros, etapa que los cosechadores llaman “jecho”. La actividad de cosecha se realiza

mensualmente por un grupo de cuatro personas, dos escaladores capacitados con cursos de alturas y equipos de seguridad y dos empacadores. La cosecha consiste en escalar el árbol e ir recolectando cada uno de los frutos que se consideran buenos con ayuda de un corta ramas (Figura 12). El personal corta los frutos uno a uno evitando quebrar las ramas. A su vez, cada fruto se corta de forma que el pedúnculo quede adherido para evitar la maduración rápida del fruto (Figura 13). Otra persona va recogiendo los frutos del suelo y empacando en un costal y, posteriormente, son transportados al corregimiento y trasladados directamente a Medellín, donde se encuentra la planta de procesamiento.

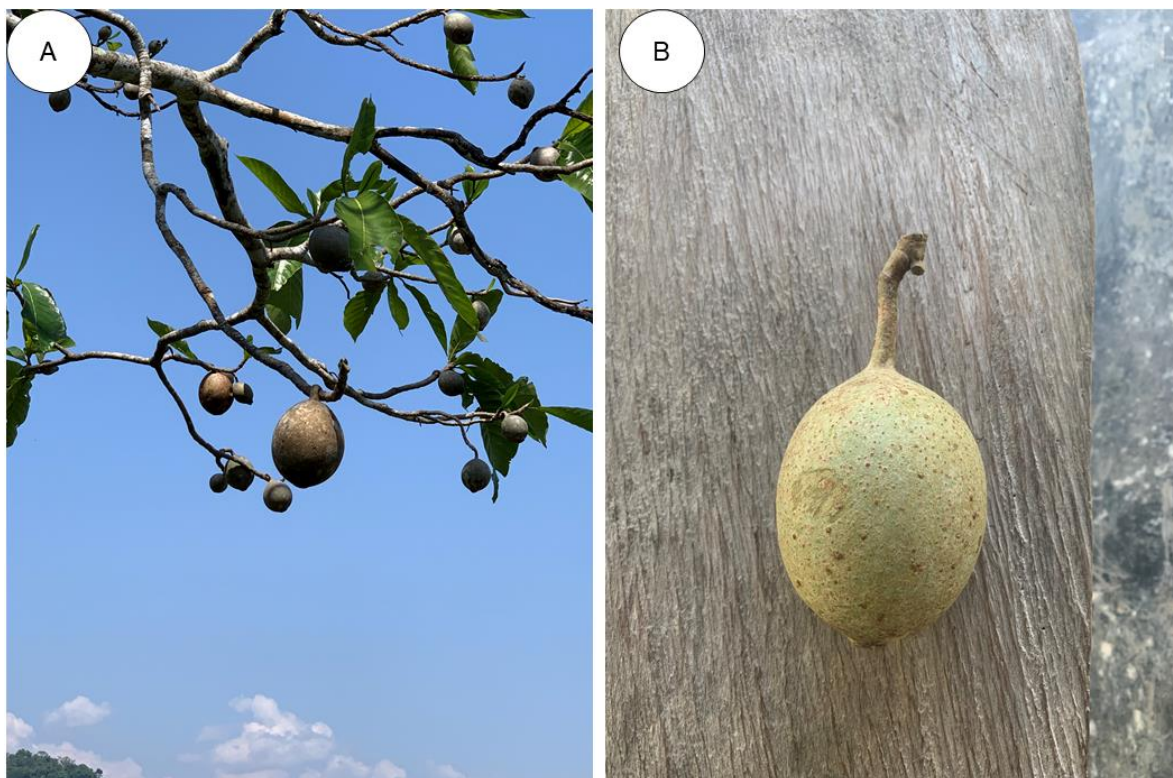
La cantidad de fruto cosechado depende de la demanda de la empresa Ecoflora. Por ejemplo, si la empresa requiere dos o tres toneladas de jagua para cierto mes del año, solo debe encargarse a las personas que realizan el proceso de cosecha puesto que la jagua es una especie que produce abundantes frutos durante todo el año.



**Figura 12.** Cosecha de los frutos de *G. americana* con corta rama en el Corregimiento El Prodigio.

Las personas encargadas de cosechar el fruto no están contratadas por la empresa directamente y su pago es diario. Cada kilogramo de fruto cosechado en una determinada finca se paga a 500 pesos al propietario de la finca.

Hasta el momento la actividad de cosecha del fruto de la jagua en este corregimiento no es una actividad que genere muchos ingresos a la población, pero en un futuro puede convertirse en una actividad representativa para la comunidad debido a que se están haciendo planes de cultivo de jagua en las fincas de la región.



**Figura 13.** Forma correcta de corta del fruto de *G. americana*.

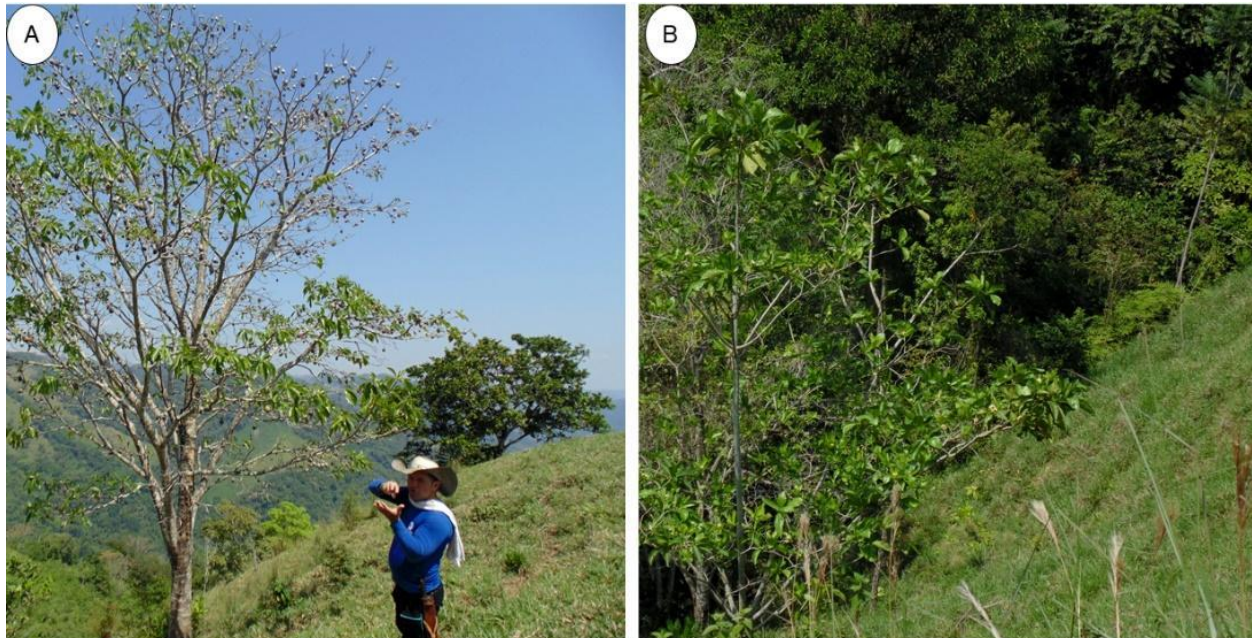
## 6.2. Prácticas de manejo

Para el manejo de la jagua, los cosechadores identifican áreas potenciales donde puede crecer la especie, aunque se debe aclarar que la presencia de individuos de jagua no garantiza la producción de frutos, puesto que es una especie dioica. Posteriormente, los árboles identificados como potenciales productores de frutos son marcados y georreferenciados para facilitar su ubicación. La mayoría de árboles cosechados son individuos adultos que se encuentran dentro de matrices de pastos y no se evidencia regeneración abundante debido a que el pisoteo de ganado lo impide. Para estos árboles se observaron algunas prácticas de manejo:

- ✓ Cosecha no intensiva: hace referencia a la recolección parcial de los frutos de un árbol sin alcanzar su totalidad con el fin de asegurar que varios frutos lleguen a la madurez para consumo de aves y mamíferos silvestres.
- ✓ Limpieza de árboles: consiste en retirar la maleza o árboles de bajo porte que impiden el ascenso para cosechar frutos.
- ✓ Poda o corte de ramas: consiste en cortar las ramas de baja altura que pueden ser consumidas por el ganado.

### 6.3. Propiedad de la tierra y formas de acceso al recurso

Los lugares donde se aprovecha la jagua en El Prodigio son de propiedad privada, bajo la figura de fincas ganaderas en las que los árboles de jagua están distribuidos dentro de los potreros (Figura 14). El acceso al recurso ocurre por medio de permisos pactados entre la empresa Ecoflora y los dueños de las fincas, quienes acuerdan el aprovechamiento de los frutos de la jagua y la retribución monetaria de la empresa a los dueños de las fincas por cada kilogramo cosechado.



**Figura 14.** Distribución de los árboles de *G. americana*, en los potreros del Corregimiento El Prodigio.

### 6.4. Impacto de la cosecha

De acuerdo con lo observado en campo, no existe un impacto negativo sobre las poblaciones de jagua que se deba a la cosecha de sus frutos. Además, durante los recorridos no se observaron técnicas de aprovechamiento destructivas que tengan efectos sobre la producción de frutos de jagua. Sin embargo, no se observó una fuente de regeneración natural de la especie, lo cual se debe a que los individuos cosechados están dentro de potreros y los frutos que alcanzan a madurar son consumidos por el ganado, las semillas que germinan son dañadas por los plaguicidas aplicados al pasto y las plántulas de la jagua no cuentan con la sombra adecuada para su establecimiento en los primeros estadios de vida (Lavinsky et al., 2007) dificultando su reclutamiento. De esta manera, la baja regeneración es consecuencia de un impacto generado por la forma de uso del suelo y las prácticas ganaderas, no por las actividades de cosecha de los frutos.



## **7. Evaluación de la sostenibilidad**

Según Stockdaley et al. (2019), para la evaluación de la sostenibilidad de una actividad de aprovechamiento sobre un PFSM se deben tener en cuenta aspectos ecológicos, sociales, económicos y políticos que se analizan a continuación para la actividad de aprovechamiento de la jagua.

### **Ecológico:**

De acuerdo con las observaciones de campo y la información proporcionada por los cosechadores, la jagua tiene una baja abundancia en parches de bosques conservados y en áreas de pastos su abundancia es también baja y los individuos se encuentran de forma dispersa con una regeneración muy limitada. Es una especie dioica (con individuos machos y hembras), pero florece y fructifica durante todo el año y produce abundantes frutos, lo cual favorece su aprovechamiento.

### **Componente social:**

En la actualidad no existe una empresa comunitaria o una asociación de cosechadores de jagua dentro del área de estudio y la relación entre la empresa que realiza la extracción del tinte y la población rural se limita únicamente al acuerdo de cosecha entre dueños de predios y la empresa. Además, la empresa encargada de cosechar y transformar los frutos (Ecoflora) contrata a los cosechadores que van de finca en finca recolectando los frutos. Estas personas están capacitadas con cursos de alturas y tienen las herramientas adecuadas para la cosecha, pero no cuentan con un salario fijo. De esta manera, las personas que realizan el aprovechamiento son muy pocas y, generalmente, las personas capacitadas y que cuentan con los elementos para realizar la cosecha en los árboles son las mismas para todos los predios. Como consecuencia, la participación de la comunidad en la toma de decisiones sobre el recurso aprovechado es baja, pero esto no se considera un aspecto negativo, teniendo en cuenta que los predios donde se cosecha son de propiedad privada y con los propietarios si se hacen acuerdos para el acceso al recurso.

### **Componente económico:**

En el área de estudio existen pocas familias que se benefician de la cosecha del fruto de la jagua debido a que únicamente los dueños de las grandes extensiones de tierras donde la especie crece reciben los beneficios económicos derivados de la compra del fruto. Esto ocurre debido a que las áreas con presencia de jagua corresponden a grandes extensiones de tierra que son de propiedad de una sola persona. Por otro lado, debido a que es un producto más o menos reciente, no cuenta con un mercado amplio y abierto y la experiencia de comercialización se encuentra en construcción y muy dependiente de la demanda de Ecoflora que es la empresa encargada de la extracción del tinte. No obstante, la jagua tiene una alta potencialidad de aplicación en la industria alimenticia y hace falta mucho por explorar en torno a iniciativas de uso distintas a las que actualmente implementa Ecoflora.

### **Componente político:**

En la actualidad no existen planes o incentivos de conservación para los remanentes de bosque donde crece la especie, aunque dentro del área de estudio existe un permiso de aprovechamiento para frutos de jagua que fue otorgado por las autoridades ambientales regionales, lo cual puede ser considerado como un incentivo al manejo sostenible de esta especie. No fueron identificadas colaboraciones entre la comunidad y otros organismos diferentes a Ecoflora o proyectos comunitarios en torno al aprovechamiento de jagua.

### **8. Recomendaciones de manejo**

De acuerdo con las observaciones sobre la especie jagua y su manejo se pueden hacer varias recomendaciones:

- No cosechar todos los frutos verdes de un árbol, ya que se necesitan frutos maduros para la alimentación de aves y algunos pequeños mamíferos.
- Es necesaria la recolección de semillas de los árboles productores para el establecimiento de semilleros para el enriquecimiento posterior de áreas donde crece naturalmente la jagua.
- Se recomienda implementar planes de conservación para los relictos de bosque en el área de estudio ya que las poblaciones de jagua de estos relictos pueden servir como reservorio de la especie y fuente de material parental para enriquecimiento.

### **9. Seguimiento y monitoreo**

Se debe hacer seguimiento a las siguientes variables:

- ✓ Producción y recolección de frutos a nivel de árboles y área

Este monitoreo servirá para tener una estimación más acertada de la producción de frutos, ya que se ha observado que existen periodos de mayor y menor producción de frutos, y conocer estos periodos es fundamental para planear las actividades de cosecha.

- ✓ Monitoreo a la fenología

Este seguimiento permitirá saber los tiempos de producción de flores y de frutos de la especie y también permitirá identificar los individuos masculinos y femeninos clave para la productividad de la especie.

- ✓ Monitorear la producción de frutos maduros

Este monitoreo permitirá tener una estimación de la producción de frutos maduros que servirán con fuente de semillas para el establecimiento de viveros con fines de enriquecimiento de áreas donde crece naturalmente la especie.

## 10. Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Maceo. (2020). *Alcaldía Municipal de Maceo. Cañón del Río Alicante*. Recuperado de <http://www.maceo-antioquia.gov.co/turismo/canon-del-rio-alicante>
- Alcaldía de San Luis. (2020). *Alcaldía Municipal de San Luis en Antioquia*. Recuperado de <http://www.sanluis-antioquia.gov.co>
- Álvarez Ochoa, G. (2013). Extracción, caracterización y valoración de genipina a partir del fruto de la *Genipa americana* [Tesis para optar por el título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Ciencias Químicas, Universidad ICESI]. Repositorio de la Universidad ICESI [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/76708/1/extraccion\\_caracterizacion\\_valoracion.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/76708/1/extraccion_caracterizacion_valoracion.pdf)
- Balslev, H., Kahn, F., Millan, B., Svenning, J-C., Kristiansen, T., Borchsenius, F. Pedersen, D. y Eiserhardt, W. L. (2011). Species diversity and growth forms in tropical american palm communities. *The Botanical Review*, 77(4), 381-425. doi 10.1007/s12229-011-9084-x
- Bencke Cinara, S. C. y Morellato, L. P. C. (2002). Estudio comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em tres tipos de floresta atlantica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(2), 237-248. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200012>
- Castaño, B., y Palacios, N. E. (2014). Protocolo de aprovechamiento de la jagua (*Genipa americana*) en el Medio Atrato. En M. C. Torres Romero y L. F. Casas Caro (Eds.), *Protocolos de aprovechamiento para la flora silvestre no maderable: metodología, estudios de caso y recomendaciones técnicas* (pp. 45-63). Bogotá, D.C., Colombia: Fondo Biocomercio - Fundación Natura.
- Croat, T. B. (1978). *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford University Press.
- Silva de Andrade, A. C., Nunes Ramos, F., Souza, A. F., Bruno Lourerio, M., y Bastos, R. (1999). Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. *Brazilian Journal of Botany*, 22(2), 281-28. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000500009>
- Duque, V. M. (2006). Plan de manejo general de áreas silvestres para la producción de frutos de jagua o huito (*Genipa americana*). Comunidades negras de Vigía del Fuerte y Bojayá, en la zona del Atrato medio, eco-región de Pacífico colombiano. Programa de las Naciones Unidas.
- Ecoflora. (2015). Plan de manejo para el aprovechamiento de flora silvestre, jagua (*Genipa americana*) en predios del corregimiento El Prodigio, municipio de San Luis (Antioquia). Sabaneta, Antioquia.

- Espinal Tascon, L. S. (1977). Zonas de vida y formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Francis, J. K. (1993). *Genipa americana* L. Jagua, genipa. Rubiaceae. Madder Family. New Orleans, LA: USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry; 5 p. (SO-ITF-SM; 58). <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/30359>
- Gentry, A. (1996). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa*. University of Chicago Press, Chicago. 918 pp.
- Legendre, P. y Legendre, L. (Eds). (2012). Numerical Ecology (3ª. Ed). [Developments in Environmental Modelling, 24]. Elsevier.
- López-Camacho, R. (2008). Productos forestales no maderables: Importancia e impacto de su aprovechamiento. *Colombia Forestal*, 11(1), 215-231.
- Martínez-Lozada, A. E. (2016). Elaboración de un producto cosmético para tinción del cabello a partir del extracto de los frutos del huito, planta nativa del centro cultural uni-shu de la comuna chiguilpe de Santo Domingo de los Tsáchilas [Tesis para optar por el título de Bioquímico Farmacéutico, Universidad Regional Autónoma de los Andes-Uniandes]. Repositorio Institucional Uniandes <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/4782>
- Müller-Freire, J., Coimbra de Azevedo, M., Da Cunha, C. F., Da Silva, T. F. y Silva de Resende, A. (2013). Fenología reproductiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaborai, R. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(75), 243-252 <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.75.454>
- Lavinsky, A. O., De Souza, S. A., Schramm Mielke., M., Furtado De Almeida, A. A., Pinto Gomes, F., Franca, S., y Da Costa Silva, D. (2007). Effects of light availability and soil flooding on growth and photosynthetic characteristics of *Genipa americana* L. seedlings. *New Forest*, 34, 41–50. <https://doi.org/10.1007/s11056-006-9036-1>
- Pérez Medina, S. (2014). Ecología de poblaciones y aspectos implicados en la conservación de *Xylopia ligustrifolia* y *Laetia americana*, dos especies de los ecosistemas inundables de la cuenca media alta del río Cauca (Valle del Cauca) [Tesis de pregrado en Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad ICESI]. Repositorio de la Universidad ICESI [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/handle/10906/78002](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/78002)
- Peters, C. M. (1996). *The ecology and management of non-timber forest resources*. World Bank Books. <https://doi.org/10.1596/0-8213-3619-3>
- R Development Core Team. (2019). R: a language and environment for statistical computing. Recuperado de <http://www.R-project.org>

- Stockdaley, M., López, C., Blauert, J., Miranda, M., Arancibia, E., y Edouard, F. (2019). Manejo comunitario sustentable de Productos Forestales No Maderables. Editorial Ideograma.
- Ticktin, T. (2004). The Ecological Implications of Harvesting Non-Timber Forest Products. *Journal of Applied Ecology*, 41(1), 11–21. doi: 10.1111/j.1365- 2664.2004.00859.x
- Torres Torres, M. G. (2018). Caracterización de las cadenas de valor de los productos forestales no maderables en el Chocó biogeográfico. WWF-Colombia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Lares Velásquez, C. J., Rivas, A., y Santos Ocanto, I. (2014). Obtención de Genipina a partir de frutos de caruto (*Genipa americana* L.) del llano venezolano. *Avances en Química*, 9(2), 75-86.