

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**



**“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE CACAO SILVESTRE (*Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng.) EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA AMAZONIA PERUANA”**

**TESIS PRESENTADA POR:**

Bachiller: GONZALES AQUINO, Clotilde

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO  
AMBIENTE

**ASESOR:** Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS, Joel

**CO-ASESOR:** M.Sc. GARATE QUISPE,

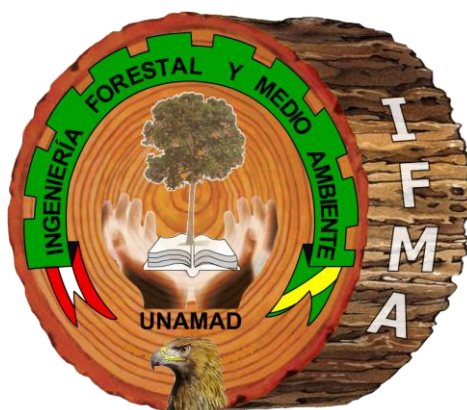
Jorge Santiago

**PUERTO MALDONADO, 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**



**“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE CACAO SILVESTRE (*Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng.) EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA AMAZONIA PERUANA”**

**TESIS PRESENTADA POR:**

Bachiller: GONZALES AQUINO, Clotilde

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO  
AMBIENTE

**ASESOR:** Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS, Joel

**CO-ASESOR:** M.Sc. GARATE QUISPE,  
Jorge Santiago

**PUERTO MALDONADO, 2021**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi pareja, que siempre me brindo su apoyo incondicional para poder lograr esta meta.

A mi padre por sus sabias enseñanzas desde cuando era muy pequeña, gracias por todo lo que hiciste por mí.

A los docentes que fueron claves para lograr este objetivo con sus enseñanzas.

A mis hijos Alexander y Georgette, por apoyarme en lo que podían a cosechar los frutos de cacao. Espero que les sirva de guía para que logren sus propósitos.

A mis amistades que siempre estuvieron con sus mensajes positivos, si se puede, no te rindas, lo lograras.

## **Agradecimiento**

Estoy eternamente agradecida por el apoyo, paciencia recibida de mi asesor Ph.D. Joel Peña Valdeiglesias, así como de mi Coasesor M.Sc. Jorge Santiago Garate Quispe.

A mi casa de estudios Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios “UNAMAD”, a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, durante mi periodo de estudio.

A mi padre Julián Gonzales Loa la persona más maravillosa del mundo que nunca se rindió.

Muy agradecida por el apoyo de mis hermanos, mis hijos y mis amistades.

## Presentación

El presente estudio se desarrolló como parte final del proceso de formación de pregrado de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, además este trabajo constituye un requisito obligatorio para la obtención del título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente por la UNAMAD.

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad brindar información del cacao silvestre poco conocida en nuestra región Madre de Dios. Tiene como objetivo Caracterizar fenotípicamente a una población de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.) en un sistema silvopastoril que contiene las actividades ganaderas y de aprovechamiento forestal no maderable (castaña). Además, el sistema silvopastoril presenta especies de alto valor comercial maderable y no maderable, como la castaña, misa, quillabordón, huitó y otras especies de frutales, como naranja, caimito, limón, guaba, anona, etc. Asimismo, se realiza el manejo para asegurar la adecuada entrada de luminosidad para el mantenimiento del forraje para los ganados.

## Resumen

La explotación intensiva de las especies amazónicas ha generado una disminución drástica en sus poblaciones silvestres. El cacauí o cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.) es una especie con una gran importancia ecológica, y es conocida por su gran potencial económico dentro de las especies de *Theobroma*. Sin embargo, los estudios de poblaciones silvestres en la Amazonia peruana son escasos. El objetivo del presente estudio fue caracterizar fenotípicamente una población de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la Amazonia de Madre de Dios. Se evaluó una población (25 individuos) de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril de 25 ha. A cada árbol se le midió su DAP, altura y diámetro de copa. Para la caracterización morfológica de los frutos y semillas se midió el diámetro, longitud, y peso de cada uno. La densidad encontrada (1 ind/ha) es inferior al reportado por otros estudios en la Amazonia ( $> 7$  ind/ha). El diámetro promedio de los árboles de *T. speciosum* fue 15,2 cm, la altura promedio fue 12,3 m y el diámetro de copa promedio fue 4,6 m. La estructura de la población evaluada no siguió el patrón típico de J-invertida. A escala de 60 a 100 m, los individuos de *T. speciosum* tuvieron un patrón de distribución espacial agregado. Se encontró una alta variabilidad, entre individuos, en la producción de frutos, en promedio de 90 frutos por árbol, y una producción promedio de 8,9 kg/árbol. Por otro lado, el número promedio de semillas por fruto fue 25. La variación en el diámetro y longitud de fruto fue relativamente homogénea. La longitud promedio de los frutos fue de 9,2 cm y el diámetro fue de 5,9 cm. La altura de los individuos se relacionó de forma directa con el porcentaje de dosel, producción de frutos por árbol y el número de semillas por árbol. Mientras que el diámetro de copa se relacionó de forma inversa y con el diámetro de las semillas. Los resultados encontrados en el presente estudio servirán de base para futuros estudios en *T. speciosum*, así como de soporte para análisis sobre la viabilidad de aprovechamiento de poblaciones silvestres de esta especie.

**Palabras clave:** Cacauí, estructura poblacional, morfometría, Tambopata, Producción de frutos

## Abstract

The intensive exploitation of Amazonian species has generated a drastic decrease in their wild populations. The Cacauhy or wild cacao (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.) is a species of great ecological importance y is known for its great economic potential among *Theobroma* species. However, studies of wild populations in the Peruvian Amazon are scarce. The objective of the present study was to phenotypically characterize a population of *T. speciosum* in a silvopastoral system in the Amazon of Madre de Dios. A population (25 individuals) of *T. speciosum* was evaluated in a 25 ha silvopastoral system. Each tree was measured for DBH, height y crown diameter. For the morphological characterization of the fruits y seeds, the diameter, length, y weight of each was measured. The density found (1 ind/ha) is lower than that reported by other studies in Amazonia (> 7 ind/ha). The average diameter of the *T. speciosum* trees was 15.2 cm, the average height was 12.3 m y the average crown diameter was 4.6 m. The population structure evaluated did not follow the typical J-inverted pattern. At the 60 to 100 m scale, *T. speciosum* individuals had an aggregated spatial distribution pattern. A high variability was found among individuals in fruit production, with an average of 90 fruits per tree, y an average production of 8.9 kg/tree. On the other hand, the average number of seeds per fruit was 25. Variation in fruit diameter y fruit length was relatively homogeneous. The average fruit length was 9.2 cm y diameter was 5.9 cm. On the other hand, the height of the individuals was directly related to the percentage of canopy, fruit production per tree y the number of seeds per tree. While canopy diameter was inversely related to seed diameter. The results found in the present study will serve as a basis for future studies on *T. speciosum*, as well as support for analyses on the feasibility of harvesting wild populations of this species.

**Keywords:** Cacauhy, Population structure, morphometry, Tambopata, fruit production

## Introducción

Los estudios de los sistemas reproductivos de las especies tropicales y subtropicales son importantes para la elaboración de planes de manejo forestal, parte fundamental de la dinámica de los bosques. La disminución de la densidad de los árboles ha alterado toda su ecología, y las actividades extractivas de productos forestales, ha causado significativamente la disminución de producción de frutos que asegure la perpetuidad de los ecosistemas (Peña-Valdeiglesias 2008). Por lo tanto, para que una especie arbórea permanezca en una comunidad forestal, se espera que encuentre una gran representatividad de los individuos jóvenes. Un pequeño número de individuos en las clases de diámetro más pequeño puede ser consecuencia de perturbaciones causadas por incendios y / o animales (Muller-Landau et al. 2006).

El cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd ex Spreng), árbol tropical típica del norte de América del Sur, que se encuentra en la selva amazónica (de Freitas et al. 2018; Varella, Tatiane Lemos et al. 2018). Estudios recientes demostraron que los ácidos grasos encontrados en sus semillas poseen composición química similar a la del cacao (*Theobroma cacao*), por lo tanto, sugieren que el cacao silvestre tendría un alto potencial en la industria de alimentos (Gilabert-Escrivá et al. 2002). Sin embargo, esta especie se encuentra muy dispersa en forma natural y es poco cultivada en la Amazonia peruana (Silva y Venturieri 2010). Además, que existen pocos estudios sobre la estructura poblacional y características fenotípicas de cacao silvestre, en Madre de Dios y en el Perú. Por estas razones el presente estudio pretende cubrir ese vacío de información y será útil como referencia para futuros estudios.

En Madre de Dios se encuentran poblaciones naturales de *T. speciosum*, sin embargo, no se le viene dando el interés adecuado para su aprovechamiento. Mas aun considerando que estudios previos reportan que esta especie es resistente a condiciones extremas de la Amazonia (suelos pobres, ácidos,

entre otros). Por lo que el presente estudio brindará la información base sobre la caracterización morfológica de los árboles, frutos y semillas de esta especie.

## Tabla de contenido

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Dedicatoria .....                                     | i         |
| Agradecimiento.....                                   | ii        |
| Presentación.....                                     | iii       |
| Resumen .....                                         | iv        |
| Abstract .....                                        | v         |
| Introducción .....                                    | vi        |
| <b>CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>    | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Descripción del problema .....</b>             | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Formulación del problema .....</b>             | <b>1</b>  |
| <b>1.3 Objetivos .....</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>Objetivo General.....</b>                          | <b>2</b>  |
| <b>Objetivos Específicos .....</b>                    | <b>2</b>  |
| <b>1.4 Variables.....</b>                             | <b>2</b>  |
| <b>1.5 Operacionalización de variables .....</b>      | <b>4</b>  |
| <b>1.6 Hipótesis .....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>1.7 Justificación.....</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>1.8 Consideraciones éticas.....</b>                | <b>5</b>  |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>               | <b>6</b>  |
| <b>2.1 Antecedentes de estudio .....</b>              | <b>6</b>  |
| <b>2.2 Marco teórico .....</b>                        | <b>7</b>  |
| <b>2.2.1 El género Theobroma.....</b>                 | <b>7</b>  |
| <b>2.2.2 Aspectos taxonómicos .....</b>               | <b>8</b>  |
| <b>2.2.3 Descripción botánica de la especie .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>2.2.4 Aspectos ecológicos.....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>2.2.5 Ecología de la especie .....</b>             | <b>10</b> |
| <b>2.2.6 Ecología reproductiva.....</b>               | <b>10</b> |
| <b>2.2.7 Utilización de la Especie .....</b>          | <b>11</b> |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3 Definición de términos .....                                          | 12        |
| <b>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>                    | <b>14</b> |
| 3.1 Tipo de estudio .....                                                 | 14        |
| 3.2 Diseño del estudio.....                                               | 14        |
| 3.3 Área de estudio.....                                                  | 14        |
| 3.4 Población y muestra.....                                              | 15        |
| 3.4.1 Población.....                                                      | 15        |
| 3.4.2 Muestra .....                                                       | 15        |
| 3.5 Métodos y técnicas.....                                               | 15        |
| a. Materiales .....                                                       | 15        |
| b. Equipos .....                                                          | 16        |
| 3.6 Tratamientos de los datos.....                                        | 21        |
| <b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                          | <b>23</b> |
| 4.1 Vegetación asociada a <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril |           |
| 31                                                                        |           |
| 4.2 Caracterización fenotípica .....                                      | 34        |
| 4.3 Producción de frutos.....                                             | 34        |
| 4.3.1 Peso seco y húmedo de las semillas.....                             | 39        |
| 4.3.2 Número de semillas por fruto.....                                   | 40        |
| 4.4 Caracterización morfológicamente los frutos y semillas .....          | 42        |
| 4.4.1 Frutos.....                                                         | 42        |
| 4.4.2 Semillas .....                                                      | 47        |
| 4.5 Variables dasométricas vs frutos .....                                | 48        |
| 4.6 Variables dasométricas vs semillas .....                              | 50        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                                  | <b>53</b> |
| <b>SUGERENCIAS .....</b>                                                  | <b>54</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                       | <b>59</b> |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> ( <i>Theobroma speciosum</i> willd. ex spreng), A.- rama vegetativa; B.-pétalo, cara interna; C.-gineceo; D.-tubo estacional; E.- estambre, cara externa; F.- estaminodio; G.- fruto. Fuente: (Rondón & Cumana 2005). ....                                                                   | 9  |
| <b>Figura 2.</b> Midiendo la altura del árbol con la ayuda de un distanciómetro, de una distancia determinada donde se pueda observar el ápice y la base (árbol completo). ....                                                                                                                               | 16 |
| <b>Figura 3.</b> Se realizó en la (a) la medición a la altura del pecho, en la (b) se observa que se hizo con una cinta diamétrica. ....                                                                                                                                                                      | 17 |
| <b>Figura 4:</b> Se midió el lado más largo y corto de la copa. ....                                                                                                                                                                                                                                          | 17 |
| <b>Figura 5.:</b> Midiendo la cobertura del dosel, cuatro mediciones por cada árbol (E, OE, N, S) ....                                                                                                                                                                                                        | 18 |
| <b>Figura 6:</b> La cosecha de los frutos ya maduros, para llevarlos al laboratorio. ....                                                                                                                                                                                                                     | 19 |
| <b>Figura 7.:</b> En la (a) se está midiendo el grosor del pericarpo y en la (b) la longitud del fruto. ....                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| <b>Figura 8.</b> Pesando de uno a uno los frutos por cada árbol. ....                                                                                                                                                                                                                                         | 20 |
| <b>Figura 9.</b> Extrayendo las semillas de todos los frutos para pesarlos. ....                                                                                                                                                                                                                              | 20 |
| <b>Figura 10.</b> En la (a) se observa las semillas frescas y en la (b) las semillas ya secadas en el horno (estufa). ....                                                                                                                                                                                    | 21 |
| <b>Figura 11.</b> Fotografía del sistema silvopastoril estudiado en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                                                                                                                                                                            | 23 |
| <b>Figura 12.</b> Distribución por clases diamétricas de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                                                                                                            | 24 |
| <b>Figura 13.</b> Distribución por clases altimétricas de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                                                                                                           | 25 |
| <b>Figura 14.</b> Distribución espacial de los individuos de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. El tamaño de los círculos representa el diámetro de los individuos. ....                                                                     | 26 |
| <b>Figura 15.</b> Función de Ripley K(r) considerando a todos los individuos de <i>T. speciosum</i> . Los patrones observados se muestran con una línea continua, las líneas punteadas representan al intervalo de confianza. ....                                                                            | 27 |
| <b>Figura 16.</b> Función de correlación por pares g(r) considerando a todos los individuos de <i>T. speciosum</i> . Los patrones observados se muestran con una línea continua, las líneas punteadas representan al intervalo de confianza. ....                                                             | 28 |
| <b>Figura 17.</b> Patrón de distribución espacial de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la Amazonia peruana. La línea negra representa al patrón observado de distribución espacial y la zona gris representa a los límites de confianza del 99% para 9999 permutaciones de Monte Carlo. .... | 29 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 18.</b> Densidad estimada de los individuos de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril. (A) en el área de distribución de las especies, y (B) estimada en todo el área del sistema silvopastoril. ....                                                                                                      | 30 |
| <b>Figura 19.</b> Fotografías de las especies asociadas a <i>T. speciosum</i> . (A) castaña, misa y quillabordon. (B) misa, marañón y castaña. (C) Huito, quillabordon y castaña. (D) pashaco y castaña.....                                                                                                                  | 33 |
| <b>Figura 20.</b> Producción de frutos (kg/árbol) de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (kg/árbol) y (B) boxplot de la producción (kg/árbol) de la población evaluada. ....                      | 35 |
| <b>Figura 21.</b> Fotografías de producción de frutos de <i>T. speciosum</i> .....                                                                                                                                                                                                                                            | 36 |
| <b>Figura 22.</b> Producción de frutos (frutos/árbol) de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. ....          | 36 |
| <b>Figura 23.</b> Número de perforaciones por fruto de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Número de perforaciones por fruto según cada individuo y (B) boxplot del número de perforaciones por fruto de la población evaluada. ....     | 37 |
| <b>Figura 24.</b> Ejemplo de perforaciones en los frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en .....                                                                                                                                                                                  | 38 |
| <b>Figura 25.</b> Peso húmedo y seco de las semillas de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                                                                                                                             | 39 |
| <b>Figura 26.</b> Producción de frutos (frutos/árbol) de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. ....          | 40 |
| <b>Figura 27.</b> Fotografía del numero de semillas por fruto de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.....                                                                                                                                                      | 41 |
| <b>Figura 28.</b> Grosor del pericarpio de los frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. ....          | 42 |
| <b>Figura 29.</b> Peso del pericarpio (gr/fruto) de los frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. .... | 43 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 30.</b> Peso de frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Peso de frutos de cada individuo y (B) boxplot del peso de frutos de la población evaluada. ....                                                                                                                                                   | 44 |
| <b>Figura 31.</b> Longitud de frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Longitud de frutos según cada individuo y (B) boxplot de la longitud de frutos de la población evaluada. ....                                                                                                                                  | 45 |
| <b>Figura 32.</b> Diámetro de frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Diámetro de frutos según cada individuo y (B) boxplot de diámetro de frutos de la población evaluada. ....                                                                                                                                     | 46 |
| <b>Figura 33.</b> Fotografía de la forma de los frutos encontrados de <i>T. speciosum</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 46 |
| <b>Figura 34.</b> Longitud de semillas (mm) de los frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. ....                                                                                        | 47 |
| <b>Figura 35.</b> Diámetro de semillas (mm) de los frutos de una población de <i>Theobroma speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada. ....                                                                                        | 48 |
| <b>Figura 36.</b> Correlograma entre las variables dasométricas de los árboles, la producción y características de los frutos de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. Los valores corresponden al coeficiente de correlación de Pearson, y los que tengan un círculo corresponden a una relación significativa entre las variables ( $P < 0,05$ ). .... | 50 |
| <b>Figura 37.</b> Correlograma entre las variables dasométricas de los árboles y las características de las semillas de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. Los valores corresponden al coeficiente de correlación de Pearson, y los que tengan un círculo corresponden a una relación significativa entre las variables ( $P < 0,05$ ). .             | 52 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables para el presente estudio.....                                                                                                                                                            | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> Listado de especies asociadas a <i>T. speciosum</i> encontradas en un radio de 10 m, en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                                       | 32 |
| <b>Tabla 3.</b> Estadísticos descriptivos de las variables dasométricas de los individuos evaluados de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. ....                                 | 34 |
| <b>Tabla 4.</b> Matriz de correlación entre las variables dasométricas de los árboles, la producción y características de los frutos de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios..... | 49 |
| <b>Tabla 5.</b> Matriz de correlación entre las variables dasométricas de los árboles y las características de las semillas de <i>T. speciosum</i> en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.....          | 51 |

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Descripción del problema

El género *Theobroma* tiene 22 especies, de estas solo 8 se encuentran de forma natural en la Amazonía (Silva y Venturieri 2010). A pesar de la importancia económica de las especies de este género, para el Perú tenemos *Theobroma cacao* y *Theobroma grandiflorum*, en la industria del chocolate (Silva y Venturieri 2010). Sin embargo, en la Amazonia *Theobroma speciosum* (cacao silvestre o cacauí) es considerada una especie económicamente inexpresiva. En el Perú, no hay estudios sobre la autoecología y la importancia económica de *T. speciosum*. Sin embargo, para la Amazonia brasileña existen varios estudios sobre la ecología, botánica, genética, morfología y el potencial agroindustrial y económico (Barbosa, França y Ruz 2019; Martini et al. 2008; de Freitas et al. 2016; Giustina et al. 2014). Asimismo, estudios recientes en la Amazonia brasileña reportan los efectos negativos de la fragmentación de bosques en la diversidad y estructura genética de poblaciones de *Theobroma speciosum* (de Freitas et al. 2016; 2018; Varella et al. 2016).

Por estas razones es importante realizar estudios de las poblaciones natural de *T. speciosum* en Madre de Dios. Considerando que no existen estudios previos y el presente estudio podría servir de base para estudio posteriores que permitirán analizar la importancia económica de esta especie.

### 1.2 Formulación del problema

El presente estudio se realizó porque existe la necesidad de aprovechar y revalorar los recursos forestales que nos ofrece la Amazonia en forma natural. Entre ellos el cacao silvestre (*T. speciosum*). El cacao silvestre es una especie que crece, se desarrolla en forma natural y dispersa en los bosques primarios

y secundarios de Madre de Dios, del cual se conoce muy poco y no tiene utilidad conocida muy a pesar de su rusticidad, por lo que es necesario conocer más sobre su morfología, formas de propagación y su potencial de industrialización. Entender los patrones de estructura y distribución espacial de las especies de árboles es fundamental para proveer la variación espacial de los procesos sucesionales, genéticos y ecológicos de un ecosistema.

Las preguntas de investigación que nos planteamos son las siguientes:

- a) ¿Cuáles son las características fenotípicas de la planta de cacao silvestre?
- b) ¿Cuáles son las características morfológicas del fruto y la semilla del cacao silvestre?
- c) ¿Cuál es la producción de cacao silvestre?

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Caracterizar fenotípicamente una población de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.) en un sistema silvopastoril.

#### **Objetivos Específicos**

- a. Determinar las características fenotípicas de árboles de una población de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.)
- b. Cuantificar la producción de frutos y semillas de una población de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.).
- c. Caracterizar morfológicamente los frutos y semillas de una población de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.)

### **1.4 Variables**

#### **Variables independientes**

Árboles de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.)

## **Variables dependientes**

### **Del árbol**

- Altura total de los árboles de cacao silvestre (m).
- Diámetro a la altura del pecho de los árboles de cacao silvestre (DAP)
- Diámetro de copa (m).
- Cobertura de Dosel (%).
- Altura de inserción de copa (m).

### **Del fruto**

- Peso del fruto húmedo
- Peso del fruto seco
- Longitud del fruto
- Diámetro del fruto
- Peso del pericarpio
- Grosor del pericarpio
- Relación peso de la cascara / peso del fruto
- Peso de las semillas/fruto
- Numero de semillas /fruto
- Color del fruto
- Numero de perforaciones por fruto

### **De las semillas**

- Diámetro de la semilla
- Longitud de la semilla
- Ancho de semillas
- Relación espesor de semilla / longitud de semilla
- Relación grosor de semilla / relación de ancho de semilla
- Relación longitud de semilla / relación de ancho de semilla
- Área proyectada de semillas

## 1.5 Operacionalización de variables

**Tabla 1.** Operacionalización de variables para el presente estudio.

| Objetivo                                                                                                                                                  | Variables                                                   | Indicador                                                                          | Instrumentos         | Escala          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|
| <b>O.E. 01:</b> Determinar las características fenotípicas de árboles de una población de cacao silvestre ( <i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.) | Altura total                                                | medición de la altura                                                              | distanciómetro       | metro           |
|                                                                                                                                                           | Diámetro a la altura del pecho                              | medición de diámetro                                                               | Cinta diamétrica     | metro           |
|                                                                                                                                                           | Diámetro de copa                                            | medición de diámetro de copa                                                       | Wincha               | metro           |
|                                                                                                                                                           | Cobertura de Dosel                                          | medición de cobertura de dosel                                                     | Densiómetro esférico | porcentaje      |
|                                                                                                                                                           | Altura de inserción de copa                                 | medición de la altura de inserción de copa                                         | distanciómetro       | metro           |
| <b>O.E. 02:</b> Cuantificar la producción de frutos y semillas de una población de cacao silvestre ( <i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.).       | Número de frutos por árbol                                  | Cuantificación, número de frutos / árbol                                           | Conteo visual        | Unidad          |
|                                                                                                                                                           | Peso de las semillas/fruto                                  | medición del peso                                                                  | Balanza electrónica  | gramos          |
|                                                                                                                                                           | Numero de semillas /fruto                                   | Cuantificación, número de semillas / frutos                                        | Conteo visual        | Unidad          |
|                                                                                                                                                           | Peso del fruto húmedo                                       | medición del peso                                                                  | Balanza electrónica  | gramos          |
|                                                                                                                                                           | Peso del fruto seco                                         | medición del peso                                                                  | Balanza electrónica  | gramos          |
| <b>O.E. 03:</b> Caracterizar morfológicamente los frutos y semillas de una población de cacao silvestre ( <i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.)   | Longitud del fruto                                          | medición de Longitud                                                               | Vernier              | Centímetros     |
|                                                                                                                                                           | Diámetro del fruto                                          | medición de diámetro del fruto                                                     | Vernier              | Centímetros     |
|                                                                                                                                                           | Peso del pericarpio                                         | medición del peso                                                                  | Balanza electrónica  | gramos          |
|                                                                                                                                                           | Grosor del pericarpio                                       | medición de grosor                                                                 | Vernier              | Milímetro       |
|                                                                                                                                                           | Relación peso de la cascara / peso del                      | Cuantificación de la proporción                                                    |                      | porcentaje      |
|                                                                                                                                                           | Forma del fruto                                             | Categorización de la forma del fruto                                               |                      | Nominal         |
|                                                                                                                                                           | Numero de perforaciones por fruto                           | Cuantificación de las perforaciones por fruto                                      | Conteo visual        | Unidad          |
|                                                                                                                                                           | Diámetro de la semilla                                      | medición de Longitud                                                               | Vernier              | Milímetro       |
|                                                                                                                                                           | Longitud de la semilla                                      | medición de diámetro de la semilla                                                 | Vernier              | Milímetro       |
|                                                                                                                                                           | Ancho de semillas                                           | medición del ancho de las semillas                                                 | Vernier              | Milímetro       |
|                                                                                                                                                           | Relación espesor de semilla / longitud de semilla           | Cuantificación de la proporción espesor de semilla / longitud de semilla           |                      | porcentaje      |
|                                                                                                                                                           | Relación grosor de semilla / relación de ancho de semilla   | Cuantificación del grosor de semilla / relación de ancho de semilla                |                      | porcentaje      |
|                                                                                                                                                           | Relación longitud de semilla / relación de ancho de semilla | Cuantificación de la proporción longitud de semilla / relación de ancho de semilla |                      | porcentaje      |
|                                                                                                                                                           | Área proyectada de semillas                                 | Cuantificación del área de cada semilla                                            | Software ImageJ      | cm <sup>2</sup> |

## **1.6 Hipótesis**

No corresponde, debido a que es un estudio descriptivo.

## **1.7 Justificación**

El presente estudio se justifica por el vacío de información sobre la especie en el Perú y en Madre de Dios. Mas aun considerando el gran potencial económico de las especies del género *Theobroma*, principalmente para la elaboración del chocolate y otros productos (Rondón y Cumana 2005).

El presente estudio es importante porque brindará información sobre la autoecología de *T. speciosum*. Esto es importante porque el estudio de especies silvestres permite el desarrollo de cultivares de especies con similar acervo genético, ya que estos poseen características deseadas (Santos, Pires y Correa 2012). Esto es importante porque parientes silvestres, como *T. speciosum*, pueden proporcionar genes valiosos para la resistencia a enfermedades, alto contenido de proteínas, resistencia a sequias entre otros (Santos, Pires y Correa 2012).

## **1.8 Consideraciones éticas**

El presente proyecto de investigación se ejecutó con la autorización del dueño del predio agrícola, donde se realizó el estudio, asimismo se tramito la Autorización de Investigación Científica en Flora Silvestre y los permisos de colecta a la autoridad forestal competente. Por otro lado, se consideró los aspectos éticos de la Conducta responsable en investigación definidas por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC).

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de estudio

(Santos, Pires y Correa 2012) estudiaron las características morfométricas de 4 especies silvestres del género *Theobroma*, incluyendo a *Theobroma speciosum*. Realizaron la caracterización de las hojas, flores, frutos y semillas, considerando 48 caracteres morfológicos, aunque es interesante que solo evaluaron 3 individuos de cada especie (Santos, Pires y Correa 2012). El estudio de (Santos, Pires y Correa 2012) es importante porque es el único reporte sobre la caracterización morfométrica completa de especies del género *Theobroma* en la Amazonia, esta información podría tener aplicaciones futuras en cruces interespecíficos.

(Giustina et al. 2014), caracterizaron molecularmente a *T. speciosum* utilizando marcadores moleculares ISSR para conocer la población de la especie, evaluando su estructura poblacional y las diferencias genéticas dentro y entre sus poblaciones naturales. Cuatro poblaciones naturales pertenecientes a la selva amazónica (BAC, CRO, FLA y ANP), con sede en el Estado de Mato Grosso, se seleccionaron. Las reacciones de amplificación se realizaron utilizando 15 cebadores ISSR. Un total de 101 loci se encontraron, de los cuales 54.46% fueron polimórficos a nivel de especie. La población BAC mostró mayor diversidad genética ( $H = 0,095$  y  $I = 0,144$ ) y mayor porcentaje de polimorfismo (28,71%). Las poblaciones mostraron un valor de  $F_{ST}$  de 0,604, lo que indica marcada diferenciación genética. La mayor variación genética se encontró entre poblaciones. El flujo de genes entre poblaciones fue baja, lo que indica aislamiento genético entre poblaciones.

(Silva y Venturieri 2010), en este trabajo de biología floral de *T. speciosum* demostraron que, mediante la caracterización de la fenología de esta especie,

“los botones florales interrumpieron con frecuencia sus sépalos entre 14 y 22 horas y se abrieron completamente a la mañana siguiente, a las 6 horas. Con la altura máxima entre las 6:10 am del mismo día, los brazos estigmáticos habían sido exudados.”. Curiosamente, han demostrado que alrededor del 65% de las floraciones se polinizan de forma natural, pero sólo el 0,85% forman frutos. Las polinizaciones controladas han demostrado que el cacao es una especie auto incompatible.

(Guarim y Barbosa 2011) La flora cuenta con elementos ricos y un gran potencial para su uso. Es considerado por muchos con gran potencial, especialmente para las especies frutales. (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng) parte de la fruta conocida como "cacaos" y se utiliza ampliamente en la región amazónica, incluyendo el estado de Mato Grosso. Frente a los constantes cambios en la taxonomía en términos de nuevas propuestas, es importante reunir hábitos de datos que se producen y se sintetiza descripción botánica de la especie..

El cacao silvestre es una de las especies del género *Theobroma*, “es la especie que posee el contenido de grasa más parecido con el cacao” (Silva y Venturieri 2010). “*T. speciosum* presenta  $2n = 2x = 20$  cromosomas igual que el cacao (*Theobroma cacao*)” (Guarim y Barbosa 2011; Pavese y Karsburg 2009). Por otro lado, (de Freitas et al. 2018) reportaron para la Amazonia brasileña (Mato Grosso) que una persistente fragmentación de los bosques puede aumentar la endogamia entre la población y llevaría a las poblaciones sometidas a una fuerte presión antrópica por fragmentación a la depresión endogámica y a una pérdida de diversidad genética.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 El género *Theobroma***

El género *Theobroma*, originario de América tropical, en particular de la cuenca alta del Amazonas. El género cuenta con varias especies de gran importancia comercial, especialmente el cacao *Theobroma* y bastante menos *T. grandiflorum* y *T. bicolor* en los trópicos (Shanley et al. 2012). A veces se

encuentra en el bosque secundario, pero nunca de forma abundante, por lo que en los bosques de tierra firme tiene una mayor presencia (Shanley et al. 2012).

En el Perú, especies del género *Theobroma*, que crecen en Loreto, Madre de Dios y Ucayali, son unas de las más extendidas geográficamente (Flores-Bendezú 2013).

Asimismo, el principal foco geográfico de las especies de *Theobroma* son los afluentes del Río Huallaga y Marañón en las regiones de Amazonas y San Martín.

Las especies amazónicas de *Theobroma* son todas frutas comestibles de las que se pueden cultivar semillas de chocolate (por ejemplo: *T. cacao*, *T. obovatum*, *T. subincanum*, *T. speciosum*, *T. grandiflorum*) (Rondón y Cumana 2005). El género *Theobroma* y sus especies estaban tradicionalmente restringidos a la familia Sterculiaceae, taxonómicamente, sin embargo, actualmente se ubica en la familia Malvaceae debido a las nuevas investigaciones taxonómicas (Barbosa, França y Ruz 2019).

### 2.2.2 Aspectos taxonómicos

La propuesta por el Grupo para la filogenia de la Angiospermas (APG IV et al. 2016) fue considerado para la clasificación taxonómica de *T. speciosum*.

|                  |                                              |
|------------------|----------------------------------------------|
| <b>Reino:</b>    | Plantae                                      |
| <b>División:</b> | Magnoliophyta                                |
| <b>Clase:</b>    | Magnoliopsida                                |
| <b>Orden:</b>    | Malvales                                     |
| <b>Familia:</b>  | Malvaceae                                    |
| <b>Género:</b>   | <i>Theobroma</i>                             |
| <b>Especie:</b>  | <i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng. |

### 2.2.3 Descripción botánica de la especie

El árbol de *Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng suele ser de tamaño medio con un tronco delgado y una copa pequeña, de hasta 15 metros de altura. Las hojas son coriáceas, ovaladas, de 20 a 40 cm de largo y de 7 a 18 cm de ancho. (Encinas et al. 2013). El fruto tiene la forma de un elipsoide esférico de unos 12 cm de longitud y un surco ligeramente pentagonal, con una piel amarilla clara y aterciopelada, comparable a la del cacao. Cada fruto tiene unas treinta semillas de pulpa blanca casi inodora (Encinas et al. 2013) (Figura 1).

Sus granos se utilizan para crear un chocolate que algunos consideran de baja calidad y otros de excelente calidad. Tiene valor decorativo por la belleza de sus flores. Se ha investigado con el cacao y el copoazú para su hibridación, en particular para aumentar la resistencia al virus del cacao y a la escoba de bruja (Silva y Venturieri 2010; Silva, Ramos y Venturieri 2006).

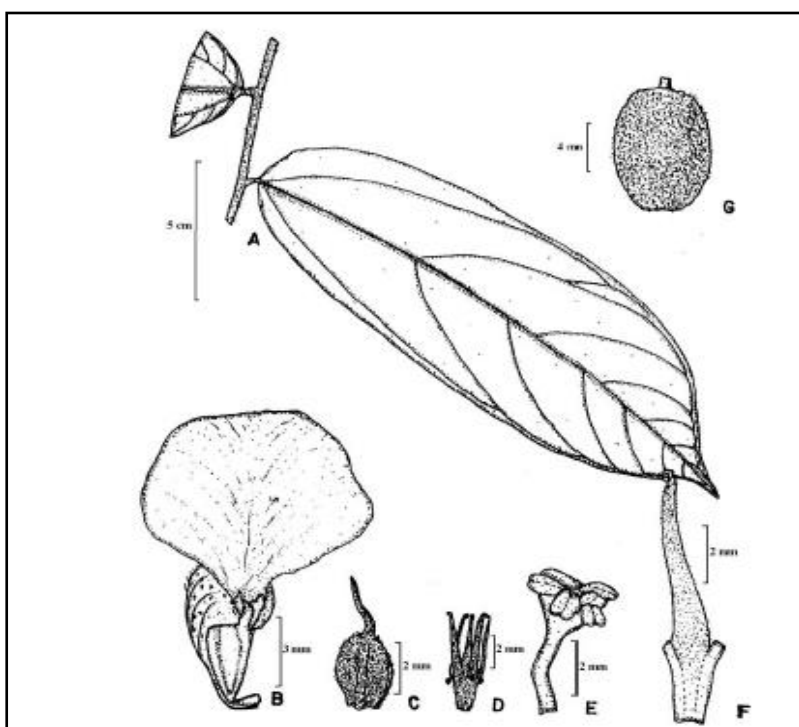


**Figura 1.** (*Theobroma speciosum* willd. ex spreng), A.- rama vegetativa; B.-pétalo, cara interna; C.-gineceo; D.-tubo estacional; E.- estambre, cara externa; F.- estaminodio; G.- fruto. Fuente: (Rondón y Cumana 2005).

### **2.2.4 Aspectos ecológicos**

Es una especie perennifolia, clímax de luz difusa, debido a que se puede encontrar como parte del sotobosque (de Freitas et al. 2018). Es autóctona de la amazonia, donde es muy común y de gran ocurrencia (Dardengo, Juliana et al. 2017). Crece preferentemente en terrenos no inundados y secos y es bastante dispersa, escasa y poco abundante (Shanley et al. 2012).

*T. speciosum* está adaptado para polinizar a los dípteros saprófagos, en el momento óptimo de receptividad floral estos insectos se acercan a la floración, trayendo el polen en sus cuerpos, al igual que los polinizadores, siendo el principal polinizador *Drosophila* sp. (de Freitas et al. 2018).

### **2.2.5 Ecología de la especie**

#### **a. Hábitat**

El hábitat nativo del cacao se encuentra dentro de la selva tropical (subtropical) de Sudamérica. El hábitat comprende zonas subtropicales y tropicales secas a (Santos, Pires y Correa 2012). Aunque, el cacao suele cultivarse a alturas inferiores a los 300 m s.n.m. y puede alcanzar elevaciones de hasta 900 m s.n.m. en entornos forestales muy protegidos de Colombia (Dostert et al. 2011).

#### **b. Clima**

Para el desarrollo óptimo de las plantas de cacao, la temperatura y las precipitaciones son las principales variables. Las plantas reaccionan a la cantidad de agua del suelo y son muy sensibles a la sequía. El cultivo requiere una precipitación uniforme de un total de 1500-2000 mm durante el año. Las temperaturas medias bajas se sitúan entre los 18-21 °C y las máximas en los 30-32 °C (Dostert et al. 2011).

### **2.2.6 Ecología reproductiva**

#### **a. Polinización**

Un estudio realizado por investigadores del Museo Emílio Goeldi, identificaron como polinizadores de *Theobroma speciosum* a insectos de la familia

Drosophilidae y Phoridae, y visitar las flores del cacauí, en las mayores horas receptividad floral, polen aducido en sus cuerpos y contiene comportamiento característico de los polinizadores. Su tamaño proporciona un mejor movimiento en el aparato floral, lo que permite visitar los órganos reproductores de la flor cacauí. Se observó que estos insectos se movían a la base del ovario, lo que permite una mejor retención de los mismos en gineceo, lo que permite el desprendimiento de polen sobre el estigma. Estos individuos fueron encontrados alimentándose de sustancias sobre la base de la cubierta. Se observaron algunas drosófilos copulando en flores cacauí.

### **b. Reproducción**

La floración ocurre entre los meses de agosto a octubre y entre los meses de febrero a abril.

## **2.2.7 Utilización de la Especie**

### **a. Alimento humano**

“La pulpa azucarada, en su estado natural, se utiliza para la elaboración de refrescos, jaleas, dulces y helados, y se emplea con frecuencia en la fabricación de chocolates, bombones y bebidas (vinos, licores, vinagres, etc.)” (Dostert et al. 2011).

“Cuando se pelan, contienen un 27% de aceites blancos poco constantes que pueden consumirse pero que no son muy interesantes con el refinado. Si está seca (42% de humedad), la semilla es del 1,5% en peso, compuesta por un 30% de capa y un 70% de almendra” (Dostert et al. 2011).

### **b. Cosmético**

“La cáscara del fruto de la ceniza de madera se utiliza como un excelente desodorante para fabricar el jabón artesanal que se utiliza en el Amazonas” (Dostert et al. 2011).

### **c. Medicinal**

“Los problemas de la piel pueden tratarse mediante la infusión de las hojas y la cáscara. Para tratar las infecciones de garganta, las hojas, después de secarlas, deben colocarse en la región afectada.” (Dostert et al. 2011).

#### **d. Ornamental**

“Empleada en jardines a causa de su efecto ornamental, pues la altura de floración abundante distribuida por el tronco y ramas gruesas es muy vistosa” (Dostert et al. 2011).

#### **e. Otras características útiles**

“Su madera es pesada, con una densidad de 0,79 g/cm<sup>3</sup>, blanda y de textura fina, y se recomienda para estructuras rústicas, leña y carbón.” (Dostert et al. 2011)

“Las constantes químicas del aceite de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng) son: densidad a 100 °C de 0,8580; acidez de 5,55%; índice de saponificación de 189, índice refractométrico (Zeis a 40 °C) de 1,4565” (Dostert et al. 2011).

### **2.3 Definición de términos**

#### **Sistemas agroforestales**

Los sistemas agroforestales son formas de uso y gestión de los recursos naturales en los que las especies madereras se utilizan en una organización espacial en la que ambas rotan con una interacción intencionada con los cultivos y los animales (López 2015). Por otro lado, “existen interacciones ecológicas y económicas, concurrentes o temporales y secuenciales, entre los árboles y otros componentes que son coherentes con las circunstancias socioculturales para mejorar el nivel de vida regional” (López 2015).

Los sistemas agroforestales se pueden clasificar de la siguiente manera (López 2015):

- a. Sistemas agroforestales o silvoagrícolas,
- b. Sistemas agrosilvopastoriles
- c. Sistemas silvopastoriles

### **Sistemas silvopastoriles**

“En combinación con árboles + forraje + ganado, la combinación de silvopastoreo = árbol y pastoreo de ovejas = pasto- es algo natural. El silvopastoreo es un método agroforestal, destinado especialmente a la producción multifuncional de madera y ganado” (López 2015). “El silvopastoreo proviene de la introducción o mejora intencionada de la perforación en el sistema de producción forestal o de la introducción o mejora intencionada en el sistema de producción forestal” (López 2015).

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de estudio**

El presente estudio fue principalmente descriptivo, con algunos matices de correlacional (entre las variables dasométricas y las características de los frutos y semillas).

### **3.2 Diseño del estudio**

Diseño no-experimental, de acuerdo a (Hernández-Sampieri y Mendoza 2018) definimos el presente estudio como transeccional descriptivo.

### **3.3 Área de estudio**

El área de investigación se ubica en el km 11 de la Carretera Puerto Maldonado-Cusco, en la margen derecha. El Fundo denominado “Milagros” cuenta con un área de 24,6 ha. Políticamente pertenece al distrito de Tambopata, provincia Tambopata, región Madre de Dios.

Los límites del fundo son: por el Norte con terrenos de centro pastora (330 m), por el Sur con la carretera Puerto Maldonado - Cusco (310 m), por el este con la empresa granjas amazónicas (750 m) y por el oeste con otro fundo (1050 m). En la zona de estudio existen dos estaciones bien definidas: la húmeda, que se presenta desde los meses de noviembre hasta abril, caracterizada por la presencia de fuertes precipitaciones y altas temperaturas, y la estación seca que se caracteriza por la ausencia de lluvias y temperaturas más bajas, que se presentan desde los meses de mayo hasta octubre. El rango de

precipitación fluctúa entre 1500 y 2500 mm anuales. Los suelos son aluviales antiguos, generalmente arcillosos rojos con poca fertilidad y pH ácido.

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población de estudio son 25 árboles productivos de cacao silvestre (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.) en un sistema silvopastoril en el fundo “Milagros”.

#### **3.4.2 Muestra**

Se evaluó a todos los individuos de la población de (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.)

### **3.5 Métodos y técnicas**

#### **3.5.1 Materiales y equipos**

##### **a. Materiales**

- Árboles de (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng.)
- Tijera telescópica.
- Sacos.
- Wincha de 15 m de longitud.
- Vernier de 0.02 mm de precisión.
- Tableros de plástico.
- Formatos de campo.
- Vasos descartables.
- Platos descartables.
- Cuchillo.
- Machete.
- Lápiz.
- Lapicero.
- Plumones Indelebles.
- Cinta de agua.
- Cinta diamétrica.
- Pírex.

## **b. Equipos**

- Laptop Toshiba Sate – Intel Core™ i7.
- Cámara fotográfica digital Sony Cyber-Shot de 14 megapíxeles.
- Receptor de Sistema de posicionamiento Global (GPS), Garmin CSX Map 60.
- Distanciómetro Leica DISTO D5.
- Densiómetro esférico.
- Balanza digital (gr)
- Estufa

### **3.5.2 Métodos**

#### **(a) Evaluación de las características morfológicas del árbol.**

Se evaluó 25 árboles de cacao silvestre en los cuales se midieron las siguientes características:

#### **Altura**

La altura de cada árbol se midió utilizando un distanciómetro Leica DISTO D5. (Figura 2)



**Figura 2.** Midiendo la altura del árbol con la ayuda de un distanciómetro, de una distancia determinada donde se pueda observar el ápice y la base (árbol completo).

### Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Se midió el diámetro a la altura del pecho con una cinta diamétrica. (Figura 3)

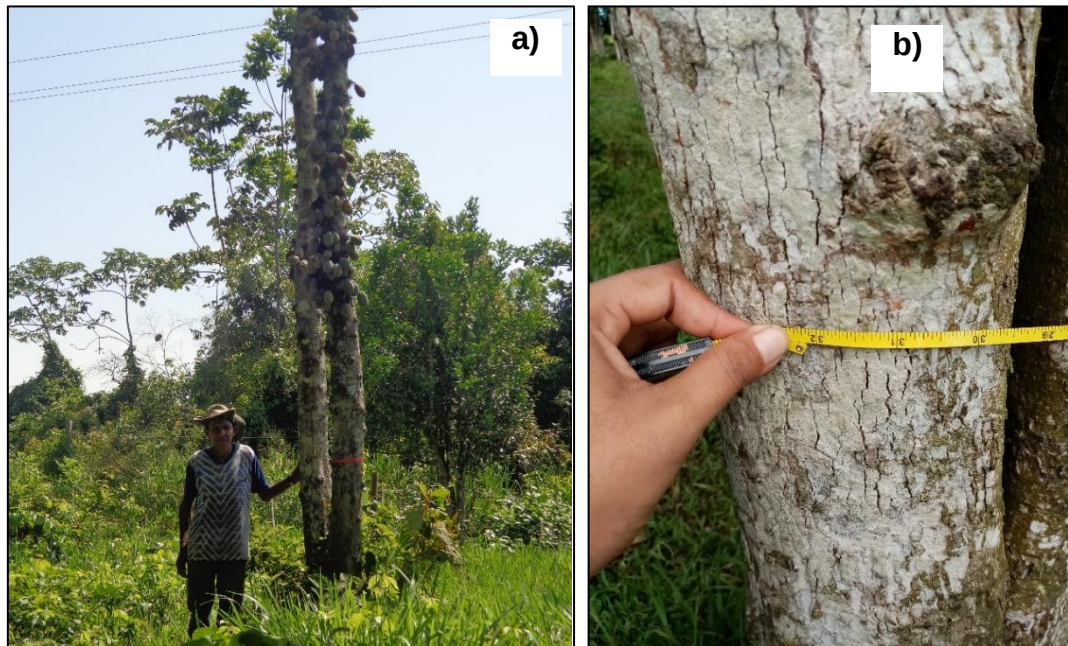


**Figura 3.** Se realizó en la (a) la medición a la altura del pecho, en la (b) se observa que se hizo con una cinta diamétrica.

### Diámetro de copa.

Para el diámetro de copa se midió con una wincha de 15 metros, por el lado más largo y corto de la copa de cada árbol. (Figura 4)



**Figura 4:** Se midió el lado más largo y corto de la copa.

### (b) Densidad de Cobertura de Dosel [CoD] (%)

Para determinar el porcentaje de cobertura de Dosel (CoD), se utilizó un Densiómetro esférico (Lemmon 1956), que es un instrumento compuesta de un espejo semi-circular cóncavo, que esta subdividido en 24 cuadrados, con los que se puede estimar las cobertura de dosel, la metodología utilizada para la medición se detalla a continuación considerando al *California Department of Pesticide Regulation Enviromental Monitoring Branch* y la metodología de Lemmon (1956), descrita por (Garate-Quispe, Roca y Aguirre 2020). Para la medición de CoD se realizó 04 mediciones por cada árbol en diferentes direcciones. (Figura 5)



**Figura 5.:** Midiendo la cobertura del dosel, cuatro mediciones por cada árbol (E, OE, N, S)

### (c) Evaluación de las características morfológicas del fruto y semillas

Se colectaron todos los frutos maduros de los 25 individuos (Figura 6), de los cuales se seleccionó al azar 40 frutos por árbol para la evaluación de las características morfológicas del fruto y para la evaluación de las semillas se seleccionó al azar 10 semillas de un solo fruto, por árbol. Seguidamente se llevaron al laboratorio donde se pesó el fruto además se realizó las siguientes mediciones.



**Figura 6:** La cosecha de los frutos ya maduros, para llevarlos al laboratorio.

### **Grosor del pericarpio; longitud, diámetro del fruto y semillas.**

Se seleccionó 10 frutos al azar de cada individuo evaluado (por árbol). Para determinar el grosor del pericarpio, se utilizó un vernier de 0,02 mm de precisión (Figura 7 (a)), así como también para medir el diámetro, longitud de cada fruto y de la semilla.

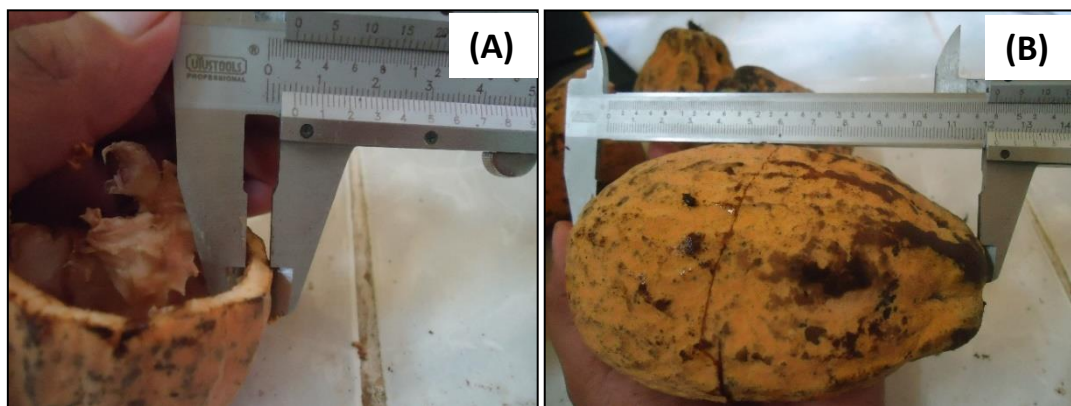


**Figura 7.:** En la (a) se está midiendo el grosor del pericarpio y en la (b) la longitud del fruto.

### **Peso del fruto.**

Se pesó el fruto maduro con toda su cascará. Se consideró todos los frutos de todos los árboles. (Figura 8)



**Figura 8.** Pesando de uno a uno los frutos por cada árbol.

### **Peso de las semillas/fruto.**

Se realizó un corte por la parte media del fruto con ayuda de un cuchillo, luego se extrajeron las semillas frescas de cada fruto, con su pulpa, y se pesó el mismo. Se consideró a todas las semillas de cada fruto por árbol. (Figura 9)



**Figura 9.** Extrayendo las semillas de todos los frutos para pesarlos.

**Numero de semillas /fruto.** Se contó el número de semillas existentes en cada fruto (Figura 10), se pesó las semillas húmedas, secas y número de perforaciones.

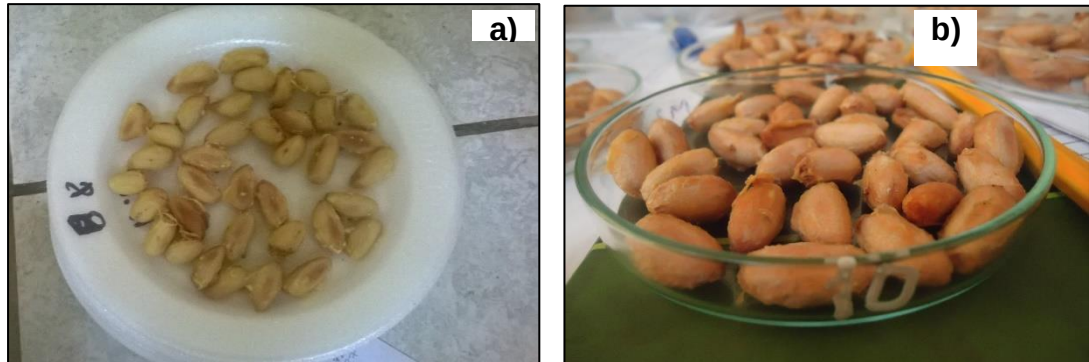


**Figura 10.** En la (a) se observa las semillas frescas y en la (b) las semillas ya secadas en el horno (estufa).

### 3.6 Tratamientos de los datos

#### (a) Estadística descriptiva

Se utilizó estadísticos descriptivos (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación) para evaluar las características fenotípicas de los árboles, producción de frutos, caracterización de los frutos y semillas. Estos análisis se realizaron utilizando el software PAleontological STatistics versión 4.0 (Hammer, Harper y Ryan 2001).

#### (b) Análisis exploratorio

Previo análisis inferencial, se evaluó el cumplimiento de los supuestos paramétricos de las variables, Normalidad (Test de Shapiro-Wilk) y Homogeneidad de Varianzas (test de Levene). Estos análisis se realizaron utilizando el software SigmaPlot 14 y PAST 4 (Hammer, Harper y Ryan 2001).

#### (c) Estadística inferencial

Por otro lado, se correlacionó las características fenotípicas de los árboles con la productividad y características de los frutos y semillas de estos, utilizando el análisis de correlación de Spearman. Estos análisis fueron realizados con el paquete estadístico R (R Core Team 2020).

#### **(d) Análisis espacial**

Para el análisis espacial se utilizaron las funciones K de Ripley ( $K(r)$ ). La función de Ripley suele tener algunas limitaciones debido a que las respuestas de distribución espacial a escalas cortas pueden superponer los efectos a escalas más amplias, esto relacionado a la naturaleza acumulativa de la función (Ramón 2014). Debido a esto también se realizó el análisis de correlación de pares " $g(r)$ ",  $g(r)$  una función no acumulativa que usa solo puntos separados a una distancia  $r$  entre sí, proporciona una descripción de patrón complementario a través de escalas e identifica las escalas precisas donde ocurren interacciones significativas entre puntos (Ramón 2014). Para el análisis espacial se utilizaron los paquetes estadísticos spatstat y maptools, disponibles en R (R Core Team 2020)

Por otro lado, todas las figuras fueron generadas con los paquetes estadísticos SigmaPlot 14 y R, en entorno de R-Studio.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sistema silvopastoril evaluado se encontraron 25 individuos de cacaoú (*Theobroma speciosum*), de estos tres fueron individuos muertos en pie. Lo cual representa una densidad de 1 ind ha<sup>-1</sup>, inferior al reportado por otros estudios en Mato Grosso (Brasil, densidad > 7 ind. /ha) (Varella. et al. 2018; Dardengo, Juliana et al. 2017). Esta baja densidad estaría asociada a que *T. speciosum* es una especie nativa en la zona de estudio, no se encuentran fácilmente y que el área de estudio es una zona altamente fragmentada, debido a la deforestación, agricultura, ganadería y procesos de expansión urbana. Por lo tanto, la baja densidad de individuos de *T. speciosum* estaría relacionado con procesos de fragmentación (Varella et al. 2018). Esto coincide con estudios previos que demuestran que la explotación económica de los recursos naturales puede reducir drásticamente las poblaciones vegetales nativas (Barbosa, França y Ruz 2019). (Figura 11)



**Figura 11.** Fotografía del sistema silvopastoril estudiado en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

La mayoría de los individuos registrados se encontraron entre las categorías de 10-16 cm (72,7 %) (Figura 12). Por otro lado, en la clase diamétrica de 10-15 m se encontró el mayor número de individuos de *T. speciosum* (36%). Mientras que en las categorías de 10-15 m y > 20 m de altura se encontró la menor proporción de los individuos, cuatro individuos en cada uno (Figura 13).

La distribución diamétrica de la población estudiada de *T. speciosum* no siguió el patrón típico de especie en bosques naturales de la Amazonia, distribución exponencial en J-invertida (Varella et al. 2018; Dardengo, Juliana de Freitas Encinas et al. 2017), debido a que se encontró pocos individuos presentes en la categoría diamétrica inferior (6-8 cm). Esto nos sugiere que la población estudiada de *T. speciosum*, sería no autoregenerativa, es decir no habría un balance positivo entre el reclutamiento y la mortalidad de los individuos de esta especie (Dardengo, Juliana et al. 2017; Varella et al. 2018).

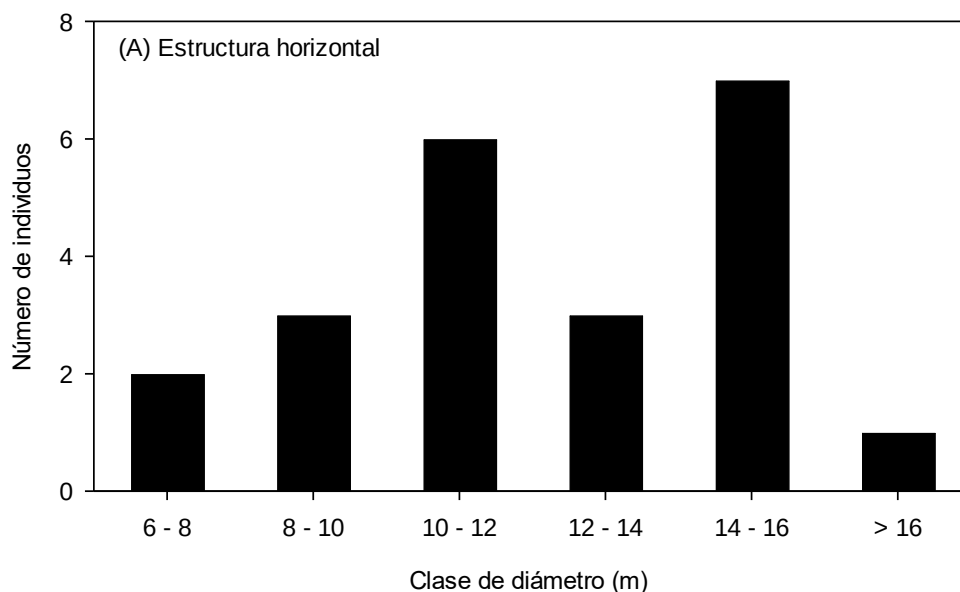


**Figura 12.** Distribución por clases diamétricas de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

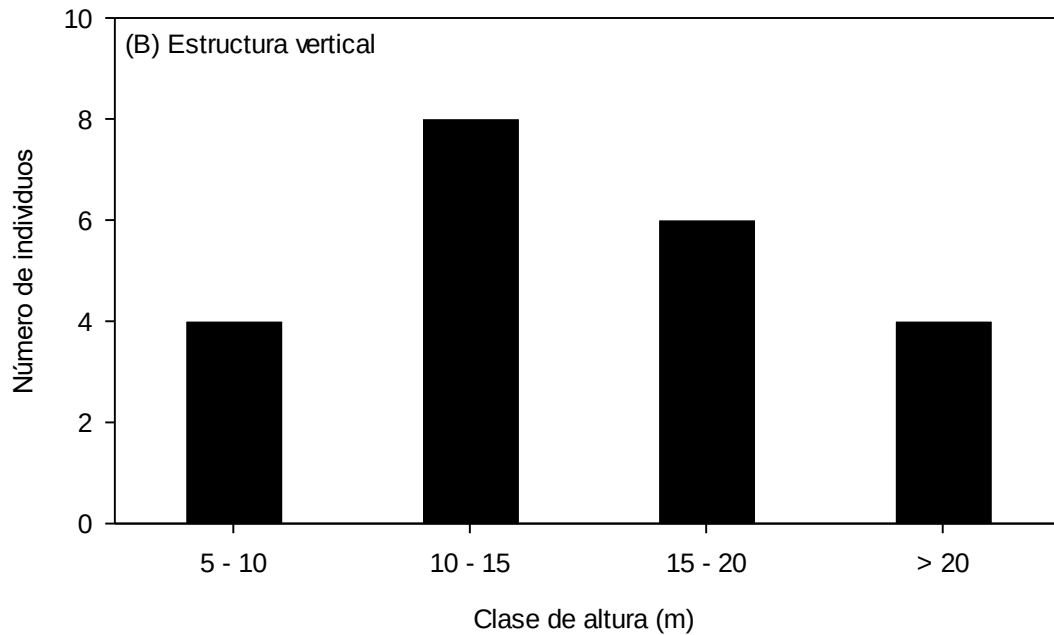


**Figura 13.** Distribución por clases altimétricas de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

Diversos estudios en la Amazonia brasileña reportaron el patrón de J-invertida para *T. speciosum* en bosques primarios, bosques secundarios y fragmentos forestales urbanos (Varella. et al. 2018; Dardengo, Juliana et al. 2017; de Freitas et al. 2016). Sin embargo, el patrón de distribución diamétrica encontrado en el presente estudio también fue reportado por otro estudio en una especie del mismo género (*Theobroma subincanum*) (Campelo et al. 2013). Sugieren que este comportamiento en las poblaciones se debería a factores biológicos, abióticos o intrínsecos de cada especie. Por lo que en el caso particular del sitio de estudio se debería a la presión antrópica (ganadería), el cual sería el principal factor que limitaría la regeneración natural de *T. speciosum*.

Analizar los patrones de estructura y distribución espacial de los árboles es importante para entender los procesos sucesionales, genéticos y ecológicos de un ecosistema (Varella et al. 2018). En la Figura 14 se muestra la distribución espacial de los individuos encontrados en el presente estudio.

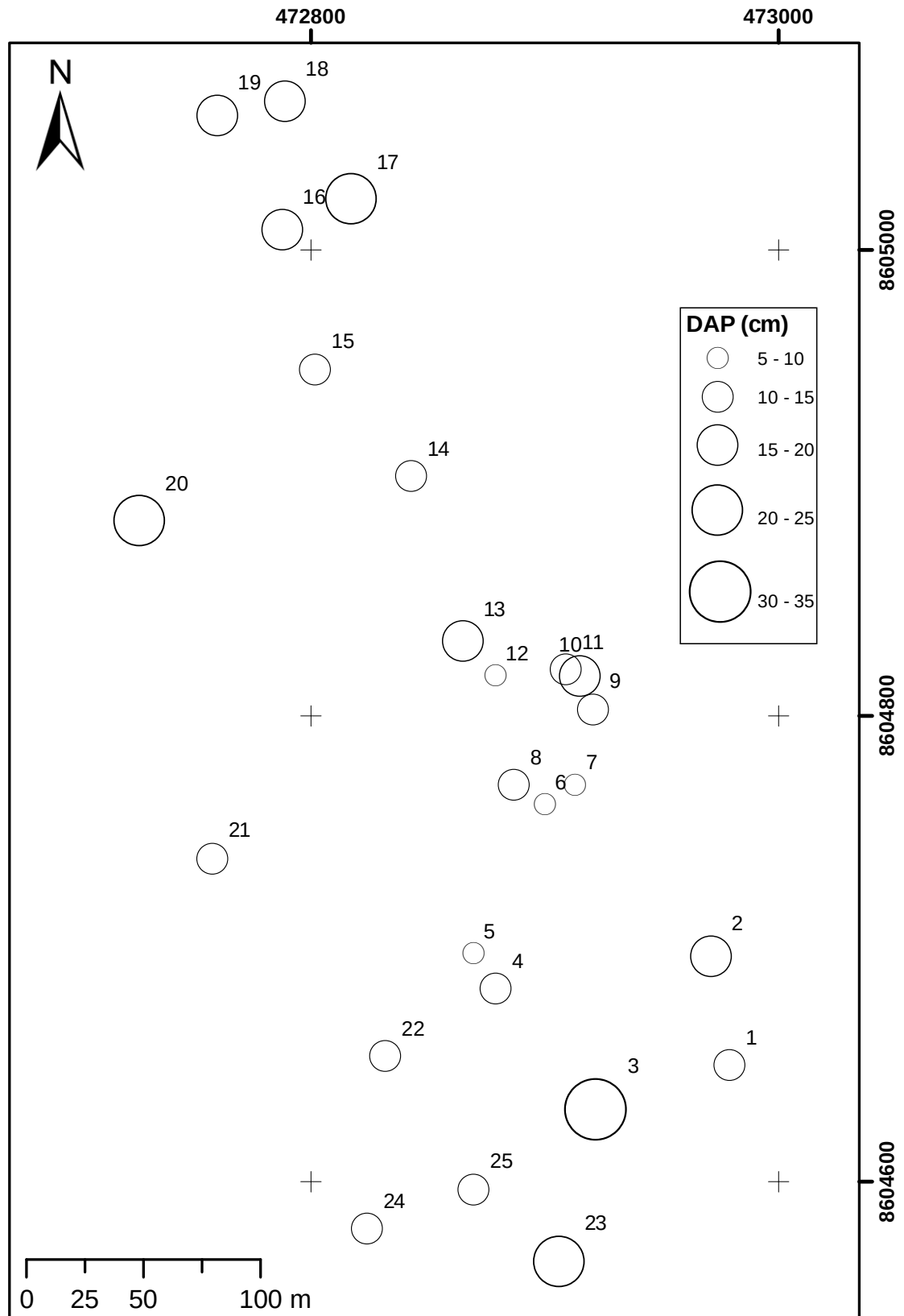


**Figura 14.** Distribución espacial de los individuos de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. El tamaño de los círculos representa el diámetro de los individuos.

### Patrón de distribución espacial de *T. speciosum*

En la Figura 15 se muestra la representación de la función K de Ripley “K(r)”, observa que las funciones observadas y difieren significativamente de la función teórica estimada a partir de 100 m. Por lo tanto, según este índice *T. speciosum* tiende a formar grupos a una escala de 100 m.

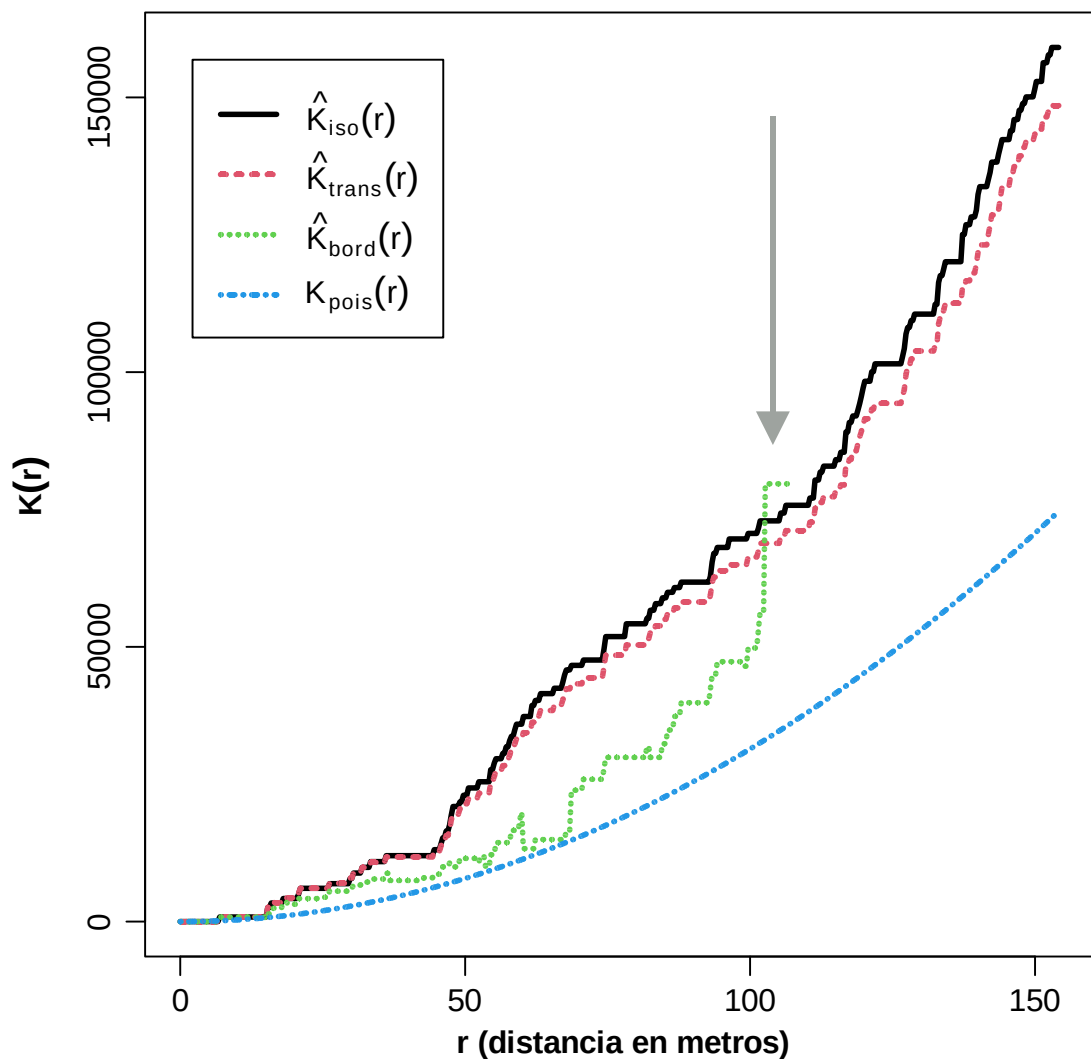


**Figura 15.** Función de Ripley  $K(r)$  considerando a todos los individuos de *T. speciosum*. Los patrones observados se muestran con una línea continua, las líneas punteadas representan al intervalo de confianza.

Sin embargo, la función de Ripley suele tener algunas limitaciones debido a que las respuestas de distribución espacial a escalas cortas pueden

superpones los efectos a escalas más amplias, esto relacionado a la naturaleza acumulativa de la función (Ramón 2014). Debido a esto también se realizó el análisis de correlación de pares “ $g(r)$ ”,  $g(r)$  una función no acumulativa que usa solo puntos separados a una distancia  $r$  entre sí, proporciona una descripción de patrón complementario a través de escalas e identifica las escalas precisas donde ocurren interacciones significativas entre puntos (Ramón 2014). Utilizando el  $g(r)$  encontramos un similar patrón a los encontrado con la función de Ripley (Figura 16). Esto debido a que valores de  $g(r)$  menores de uno (1) sugieren agrupamiento (Cruz 2006) en los individuos a una escala de 100 m y mayor de 150 m.

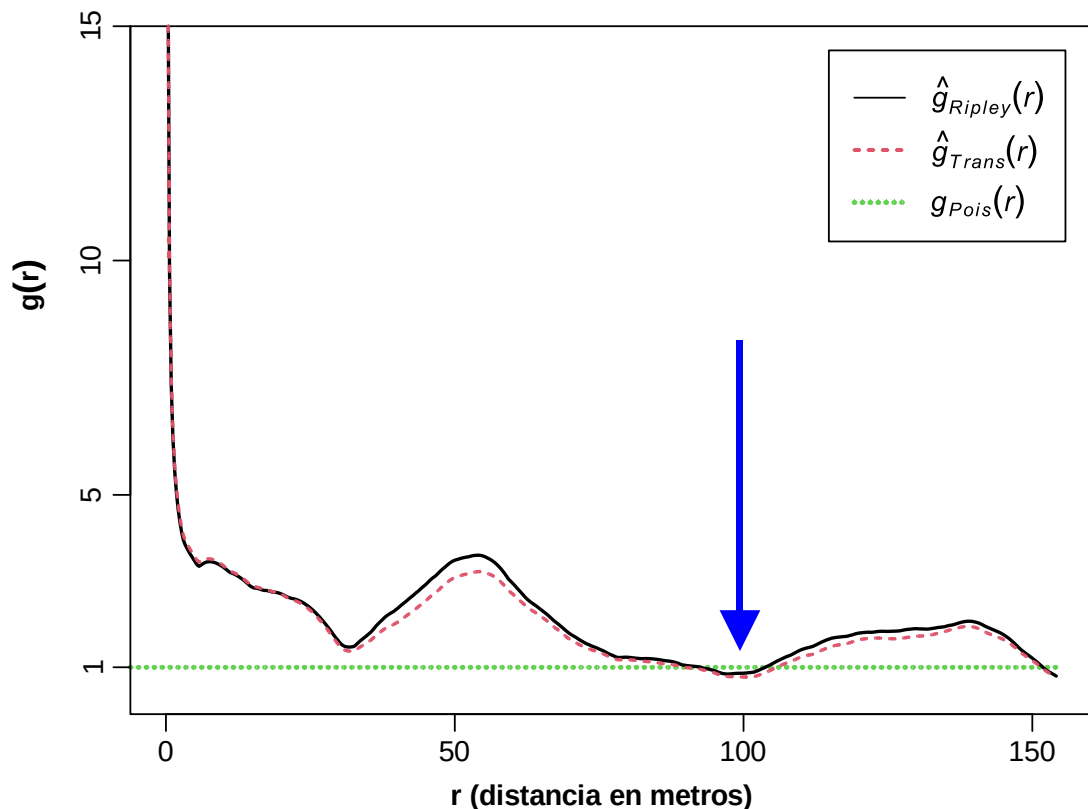


**Figura 16.** Función de correlación por pares  $g(r)$  considerando a todos los individuos de *T. speciosum*. Los patrones observados se muestran con una línea continua, las líneas punteadas representan al intervalo de confianza.

En análisis de patrón espacial de *T. speciosum*, considerando todos los individuos encontrados y toda el área del sistema silvopastoril, mostró una distribución aleatoria de los individuos de baja intensidad a la escala de 0 a 60 m (Figura 17) y a la escala de 85 a 120 m. Mientras que, si consideramos

la escala de 60 a 85 m, la distribución de los individuos se consideraría agregada. Esto debido a que las curvas por encima del límite superior muestran agregados de  $L(r)$ , las curvas por debajo del límite inferior muestran regularidad y las curvas dentro de los límites muestran árboles aleatorios (Wédjangnon et al. 2020). Los patrones agregados de *T. speciosum* se muestran en el gráfico de densidad estimada (Figura 18) en el área de estudio.

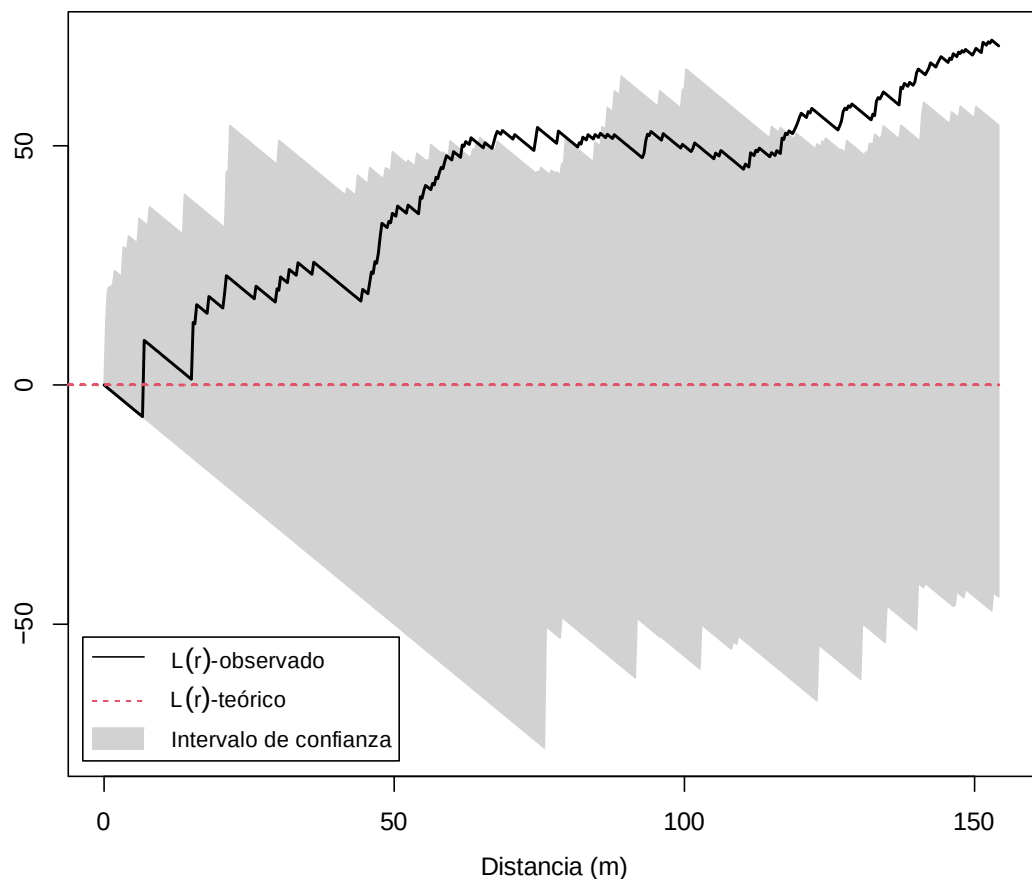


**Figura 17.** Patrón de distribución espacial de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la Amazonia peruana. La línea negra representa al patrón observado de distribución espacial y la zona gris representa a los límites de confianza del 99% para 9999 permutaciones de Monte Carlo. Las curvas por encima del límite superior muestran agregados, las curvas por debajo del límite inferior muestran regularidad y las curvas dentro de los límites muestran árboles aleatorios.

Conocer la estructura espacial de las poblaciones es importante para el manejo forestal, debido a que este tiene influencia en varias propiedades del sistema, como producción de biomasa, biodiversidad y funciones de los ecosistemas (Maciel-Nájera et al. 2020). El patrón agregado en la distribución espacial de *T. speciosum* ha sido reportados por estudios previos (Varella,

TS. et al. 2018; Dardengo, Juliana et al. 2017) Nuestros resultados agrupamiento de las especies (escala de 60-100 m) se debería a la baja competencia intraespecífica de esta población, además sugeriría que *T. speciosum* tendría una dispersión limitada en relación a la fuente de propágulos (Varella, TS. et al. 2018).

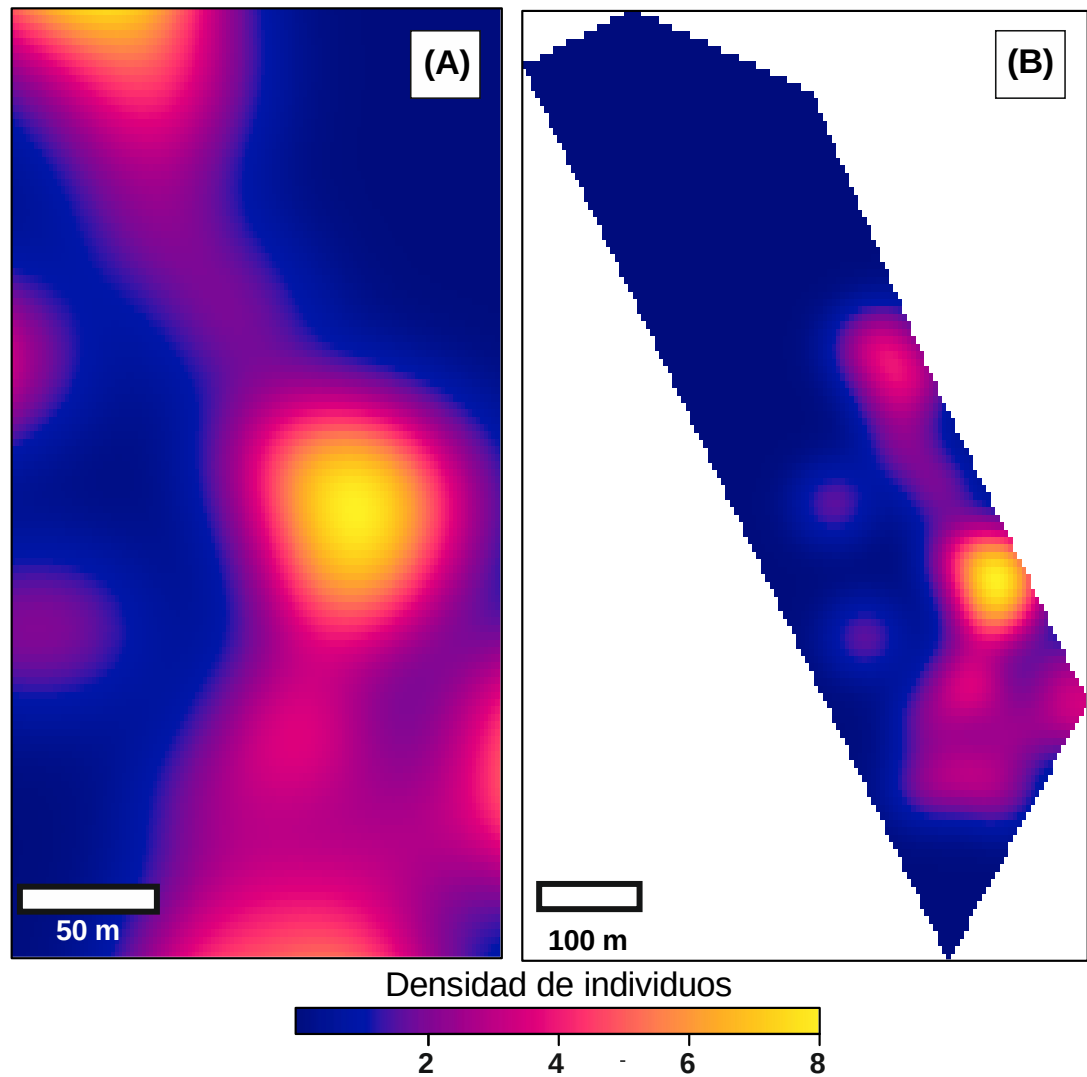


**Figura 18.** Densidad estimada de los individuos de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril. (A) en el área de distribución de las especies, y (B) estimada en el área del sistema silvopastoril.

#### **4.1 Vegetación asociada a *T. speciosum* en un sistema silvopastoril**

La especie, asociada a *T. speciosum*, más frecuente fue la castaña (*Bertholletia excelsa*), seguida por limón (*Citrus limon*) y misa (*Couratari macrosperma*) y huito (*Genipa americana*) (Tabla 2). Estos resultados son esperados, debido a que el sitio evaluado es un sistema silvopastoril ubicado en un remanente de un bosque continuo en los cuales *B. excelsa*, *C. macrosperma*, *Hevea guianensis* e *hymenaea courbaril* son especies típicas (Dueñas y Garate 2018). Asimismo, se encuentran especies típicas de bosques secundarios, como *Apeiba membranacea*, *Bixa orellana* y *Cecropia membranacea*, y otras especies establecidas por los pobladores locales, por ejemplo, especies del género *Citrus* (naranja, limón y lima), marañón (*Anacardium occidentale*) y otras que se observaron en campo, como pijuayo, anona, guaba, mamey y coco (Figura 19).

**Tabla 2.** Listado de especies asociadas a *T. speciosum* encontradas en un radio de 10 m, en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

| Nombre científico               | Número de individuo |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Frecuencia (%) |
|---------------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
|                                 | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |                |
| <i>Anacardium occidentale</i>   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |    | 4              |
| <i>Apeiba membranacea</i>       |                     |   |   |   |   |   |   |   | 1 |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 8              |
| <i>Aspidosperma parvifolium</i> | 1                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 8              |
| <i>Bertholletia excelsa</i>     | 2                   |   |   | 1 | 1 |   |   |   | 1 |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  | 1  |    | 2  | 36             |
| <i>Bixa orellana</i>            |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Cecropia membranacea</i>     |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Citrus limetta</i>           |                     |   |   |   |   |   |   |   | 3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    | 8              |
| <i>Citrus limon</i>             |                     |   |   |   |   | 1 |   |   | 1 |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 20             |
| <i>Citrus sinensis</i>          |                     |   | 1 |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Couratari macrosperma</i>    | 2                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  | 12             |
| <i>Genipa americana</i>         |                     |   | 1 |   |   |   |   |   |   | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 12             |
| <i>Hevea guianensis</i>         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Hymenaea courbaril</i>       |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Jacaranda copaia</i>         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Qualea</i> sp1.              |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    | 4              |
| <i>Tabernaemontana cymosa</i>   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Theobroma speciosum</i>      |                     |   |   |   |   |   |   |   |   | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 4              |
| <i>Vitex</i> sp 1.              |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 4              |

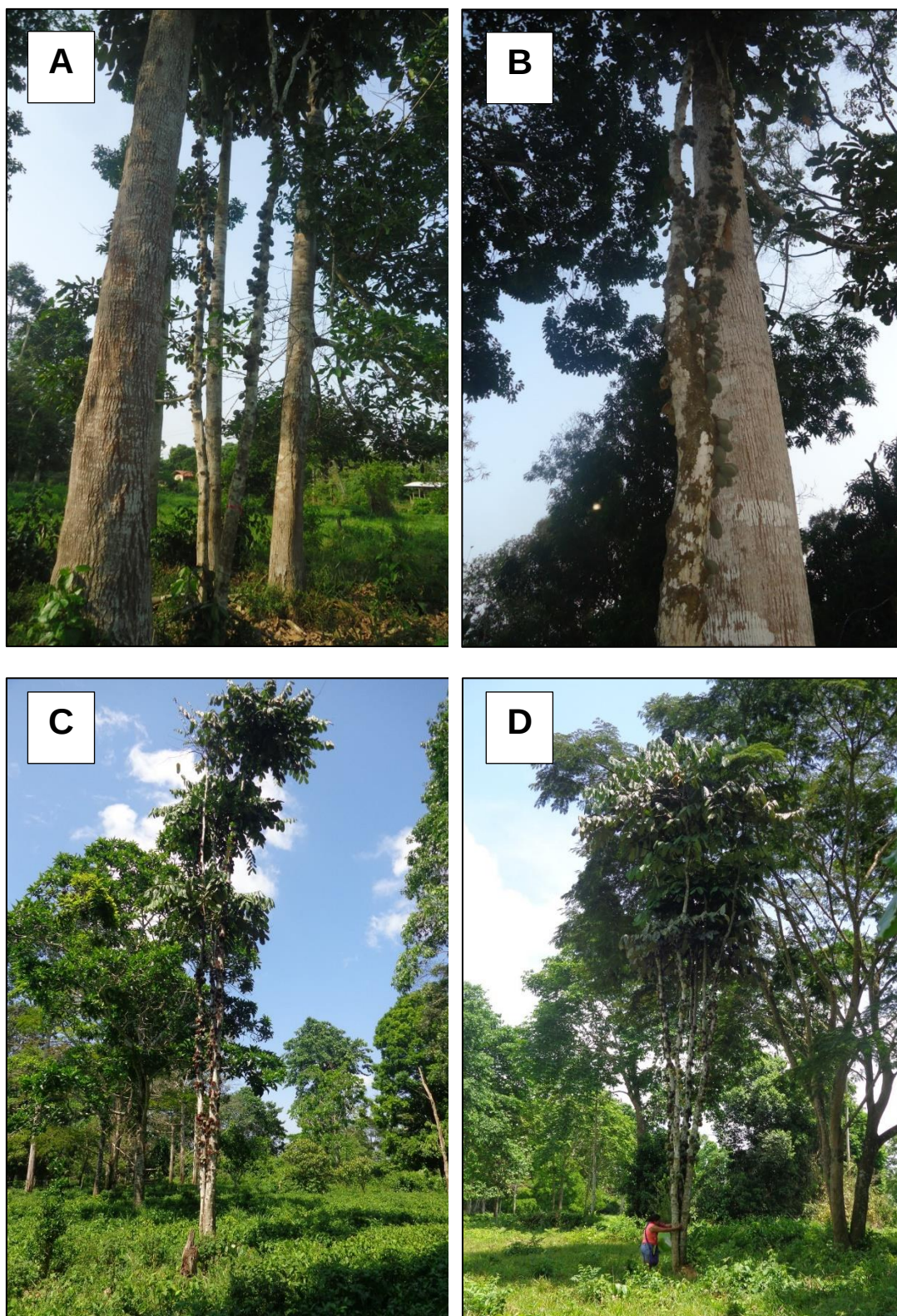


**Figura 19.** Fotografías de las especies asociadas a *T. speciosum*. (A) castaña, misa y quillabordon. (B) misa, marañón y castaña. (C) Huito, quillabordon y castaña. (D) pashaco y castaña.

## 4.2 Caracterización fenotípica

El diámetro promedio de los individuos fue de  $15,2 \pm 5,7$ , mientras que la altura total promedio fue de  $12,3 \pm 2,8$  (Tabla 3). El promedio de altura se encuentra en el rango de altura reportados por estudios previos en la Amazonia brasileña (Encinas et al. 2013), entre 8 a 14 m; y en la Amazonia Venezolana (Rondón y Cumana 2005), entre 9-15 m.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de las variables dasométricas de los individuos evaluados de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

| Variable                 | DAP (cm) | Altura (m) | Altura de inserción de copa (m) | Diámetro de copa | Cobertura de dosel (%) |
|--------------------------|----------|------------|---------------------------------|------------------|------------------------|
| N                        | 22       | 22         | 22                              | 22               | 22                     |
| Mínimo                   | 8.2      | 7.0        | 5.9                             | 2.8              | 0.5                    |
| Máximo                   | 32.0     | 16.3       | 14.8                            | 6.9              | 72.5                   |
| Promedio                 | 15.2     | 12.3       | 10.6                            | 4.6              | 32.8                   |
| Desviación estándar      | 5.7      | 2.8        | 2.8                             | 1.0              | 22.0                   |
| Mediana                  | 13.9     | 12.0       | 10.4                            | 4.8              | 26.9                   |
| Coeficiente de variación | 37.5     | 22.5       | 26.2                            | 21.7             | 67.0                   |

## 4.3 Producción de frutos

El promedio de producción de frutos por árbol de *T. speciosum* fue de 8,9 kg (Figura 20), asimismo se encontró una alta variación en el peso de los frutos, desviación estándar 8,94 kg, representado por un máximo de 31 kg/árbol y la producción mínima fue de 0,9 kg/árbol. Por otro lado, se encontró un promedio de  $90 (\pm 100,6)$  frutos por árbol, variando entre 5 y 374 (Figura 21 y 22).

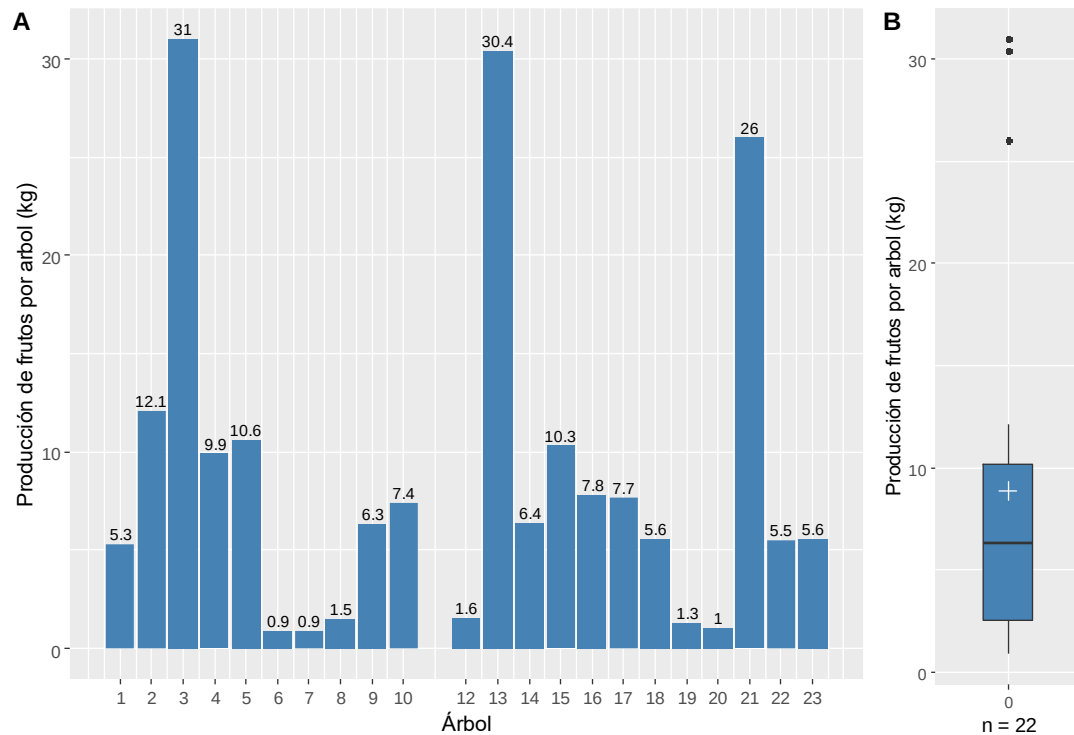


**Figura 20.** Producción de frutos (kg/árbol) de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (kg/árbol) y (B) boxplot de la producción (kg/árbol) de la población evaluada.

Esta elevada variación en la producción individual también fue reportada por estudios previos (Encinas et al. 2013). Esta alta variación en la producción de frutos (kg/árbol) se debería a la gran cantidad de frutos abortados en *T. speciosum*, debido a insectos, tal como fue reportado por (Silva y Venturieri 2010). En el presente estudio se observó que los frutos cuando están maduros sufrieron daño por insectos, aves y primates que provienen de los fragmentos de bosque cercanos. Esto último se demuestra con la cuantificación del número de perforaciones por fruto (Figura 23), en el presente estudio encontramos que el 50,1% de los frutos presentaron perforaciones. Observamos in situ que estas perforaciones se principalmente a insectos (polillas) y aves. En promedio encontramos 3 perforaciones por fruto, mientras que el 34 fue el máximo de perforaciones encontradas por fruto. Un ejemplo de las observaciones de perforaciones se observa en las fotografías tomadas en campo (Figura 24).



**Figura 21.** Fotografías de producción de frutos de *T. speciosum*.

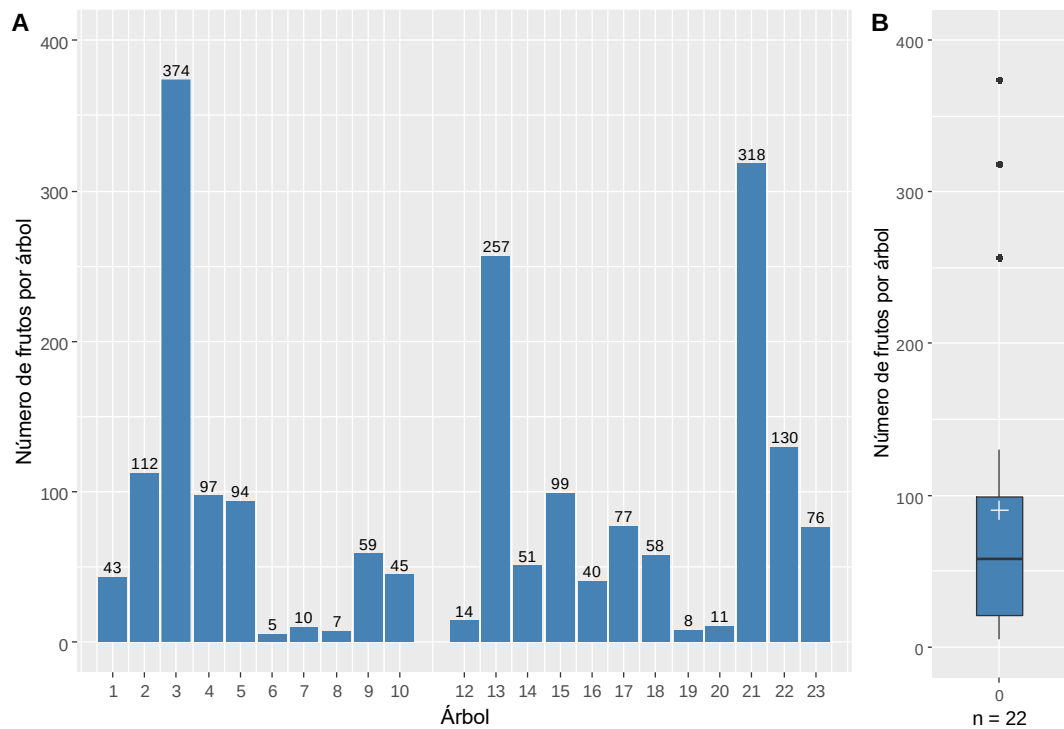


**Figura 22.** Producción de frutos (frutos/árbol) de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.

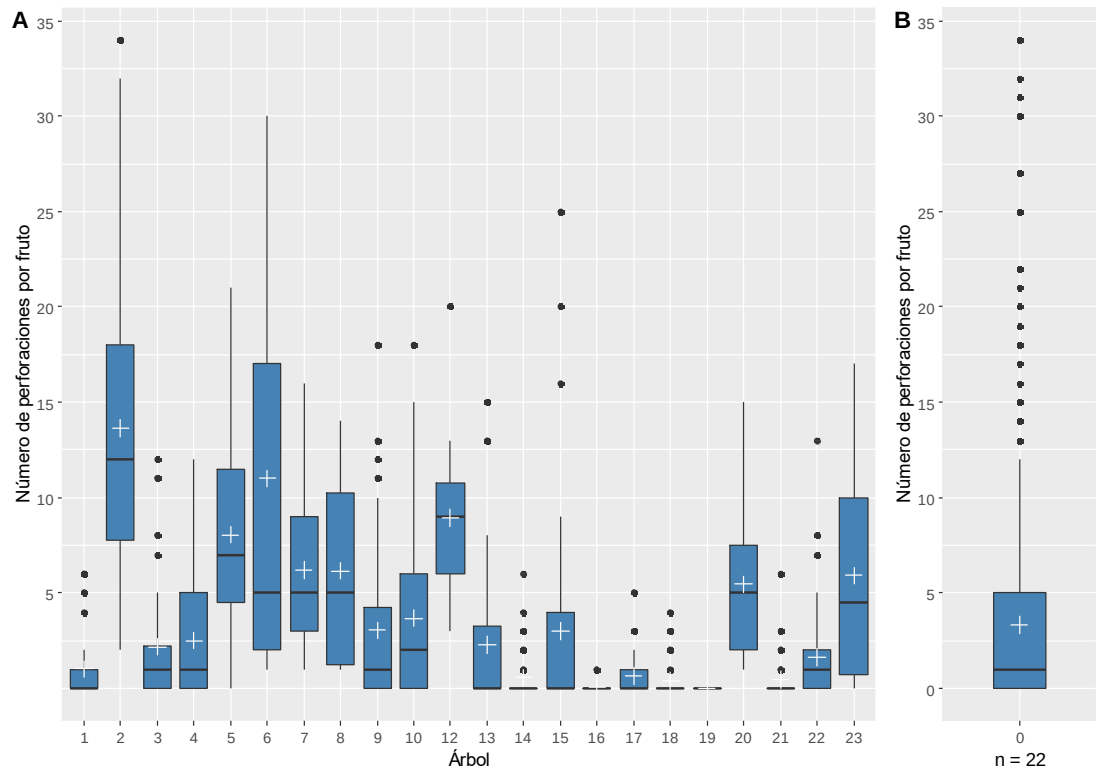


**Figura 23.** Número de perforaciones por fruto de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Número de perforaciones por fruto según cada individuo y (B) boxplot del número de perforaciones por fruto de la población evaluada.



**Figura 24.** Ejemplo de perforaciones en los frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

### 4.3.1 Peso seco y húmedo de las semillas

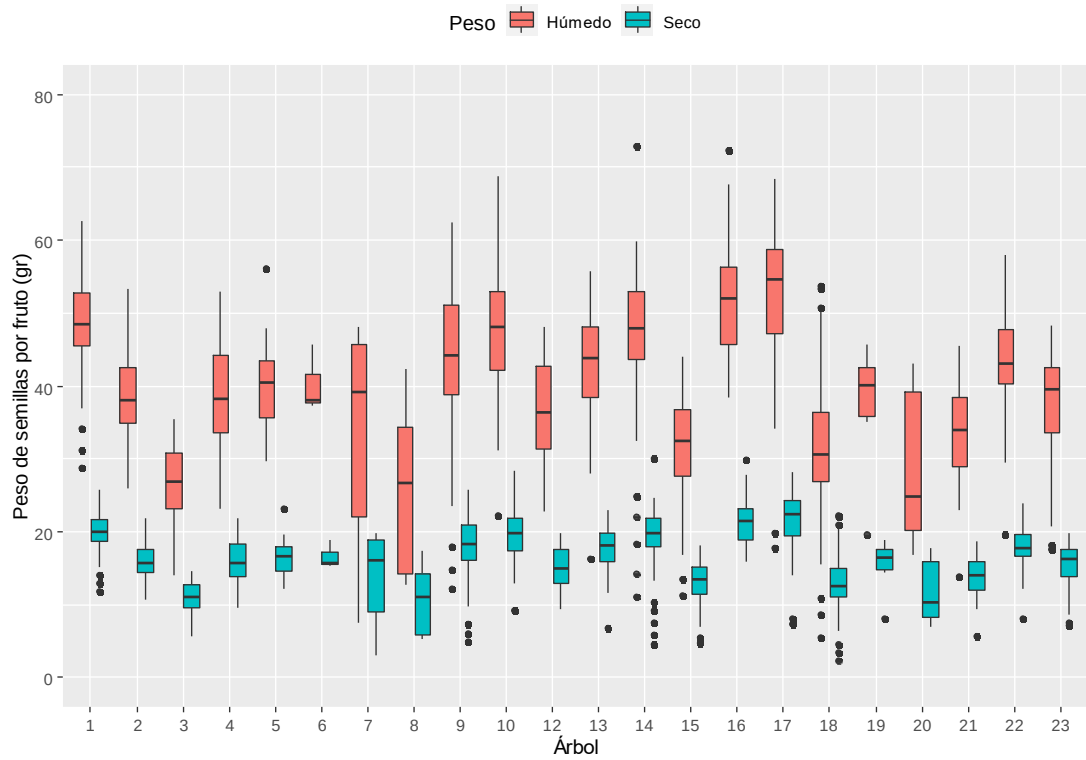


**Figura 25.** Peso húmedo y seco de las semillas de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

### 4.3.2 Número de semillas por fruto

En el sistema silvopastoril evaluado se encontró que los frutos de *T. speciosum* tuvieron en promedio 25 ( $\pm 4.1$ ) semillas por fruto (Figura 26). El valor mínimo encontrado fue de 4 semillas por fruto, mientras que el valor más alto fue 46 semillas por fruto. El promedio de semillas por fruto encontrado es similar a lo reportado por (Encinas et al. 2013), en la Amazonia brasileña ( $24.5 \pm 5.6$  semillas por fruto). Además, coincide con la descripción realizada por (Silva y Venturieri 2010; Martini y Tavares 2005), 20 a 26 semillas por fruto.

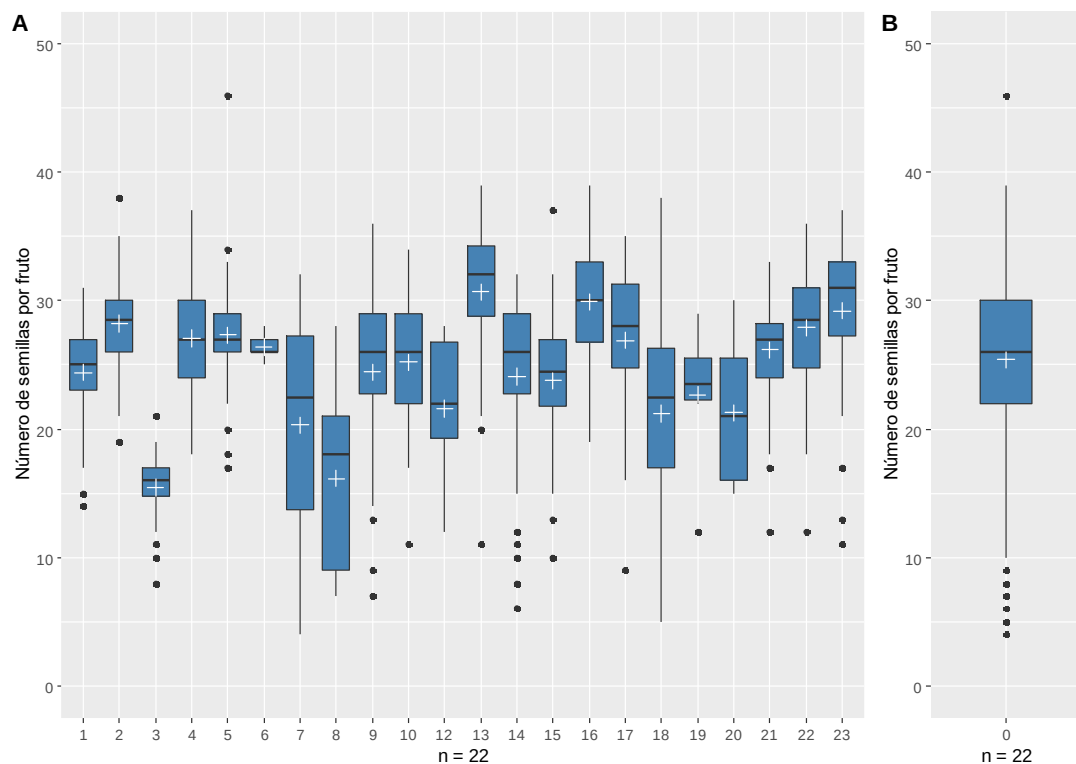


**Figura 26.** Producción de frutos (frutos/árbol) de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.



**Figura 27.** Fotografía del número de semillas por fruto de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

## 4.4 Caracterización morfológicamente los frutos y semillas

### 4.4.1 Frutos

#### a. Grosor del pericarpio

El promedio de grosor del pericarpio *T. speciosum* fue de 0,59 cm ( $\pm 0,15$ ) (Figura 28), aunque a nivel de individual el grosor de pericarpio varió entre 0,33 a 0,84 cm.

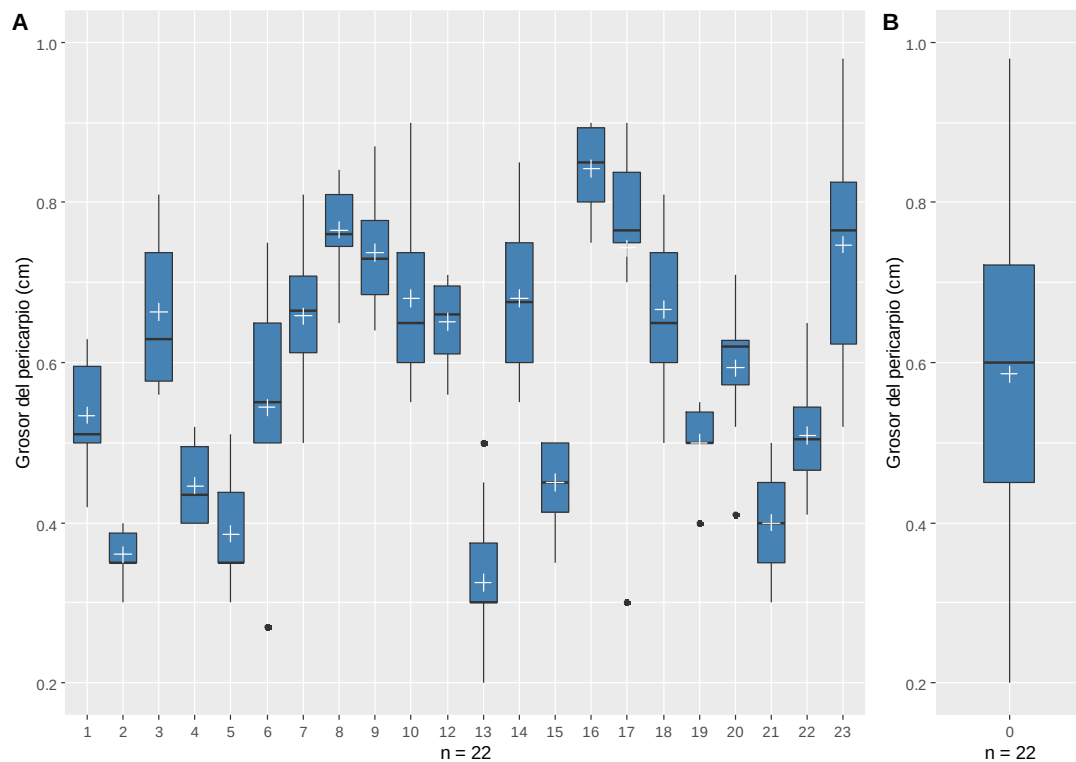


**Figura 28.** Grosor del pericarpio de los frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.

### b. Peso del pericarpio

El promedio del pericarpio por fruto fue de 106,1 gr ( $\pm 22,9$ ) (Figura 29), a nivel de individuo este varío entre 61,8 a 142 gr. Es interesante mostrar que, en promedio, el peso del pericarpio representó la mayor proporción de los frutos (72%), variando entre 46 a 94%.

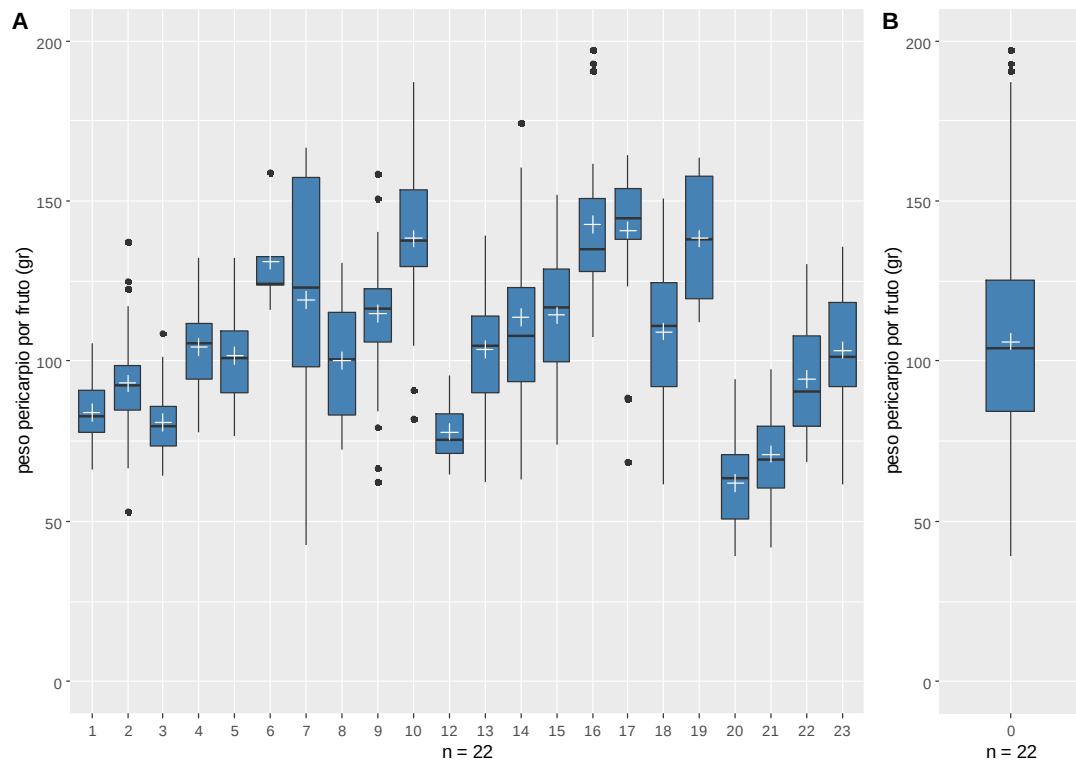


**Figura 29.** Peso del pericarpio (gr/fruto) de los frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.

### c. Peso de frutos

El promedio de peso de los frutos fue de 145 gr ( $\pm 27,8$ ) (Figura 30B), aunque el promedio según árbol varió entre 90 a 300 gr (Figura 30A). El rango encontrado de para el peso del fruto coincide con el reportado por (Encinas et al. 2013) (entre 290 a 73 gr). Sin embargo, nuestros resultados son inferiores al reportado por (Encinas et al. 2013), 191 gr en promedio.

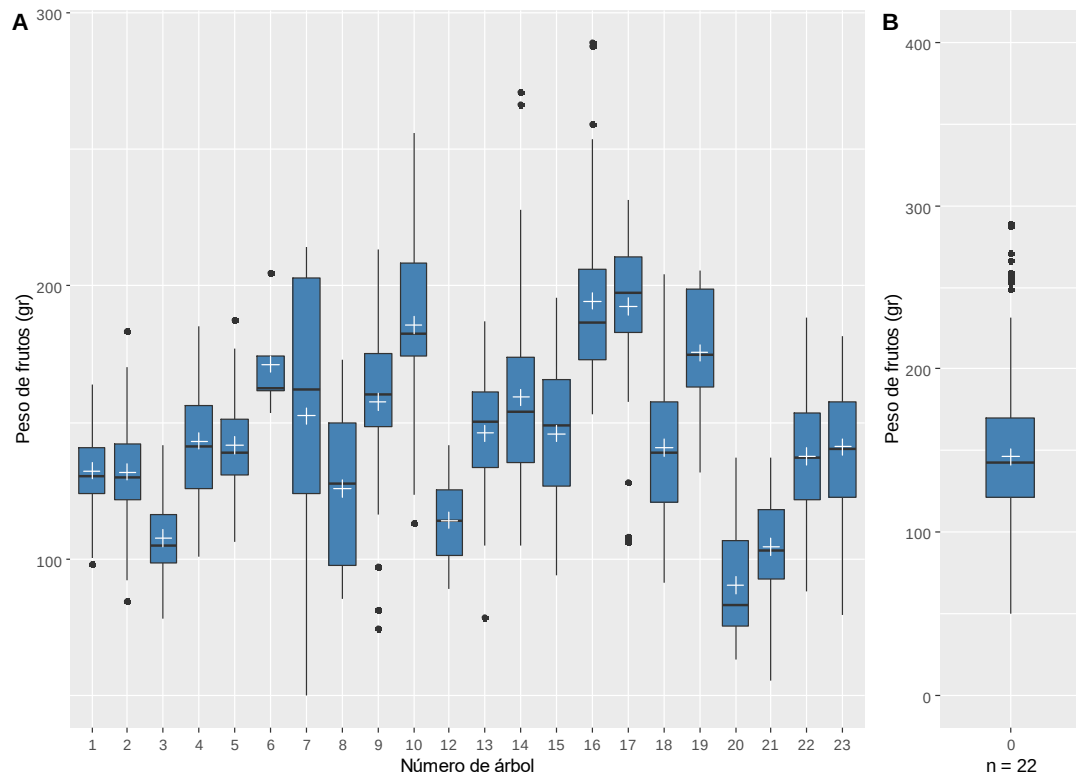


**Figura 30.** Peso de frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Peso de frutos de cada individuo y (B) boxplot del peso de frutos de la población evaluada.

#### d. Longitud y diámetro de frutos

La longitud promedio de los frutos de *T. speciosum* fue de 9,2 cm ( $\pm 1,0$ ) (Figura 31), mientras que el diámetro promedio de los frutos fue 5,9 cm ( $\pm 0,4$ ) (Figura 32). La variación en el diámetro y longitud de fruto fue relativamente homogénea, con coeficiente de variación que varió entre 5-17%. Los valores reportados en el presente estudio son ligeramente inferiores a los reportados por (Encinas et al. 2013) y (Santos, Pires y Correa 2012) en Brasil, con longitud promedio de frutos entre 10,1 a 10,9 a 10,6 y diámetros de frutos entre 6,3 a 6,8.

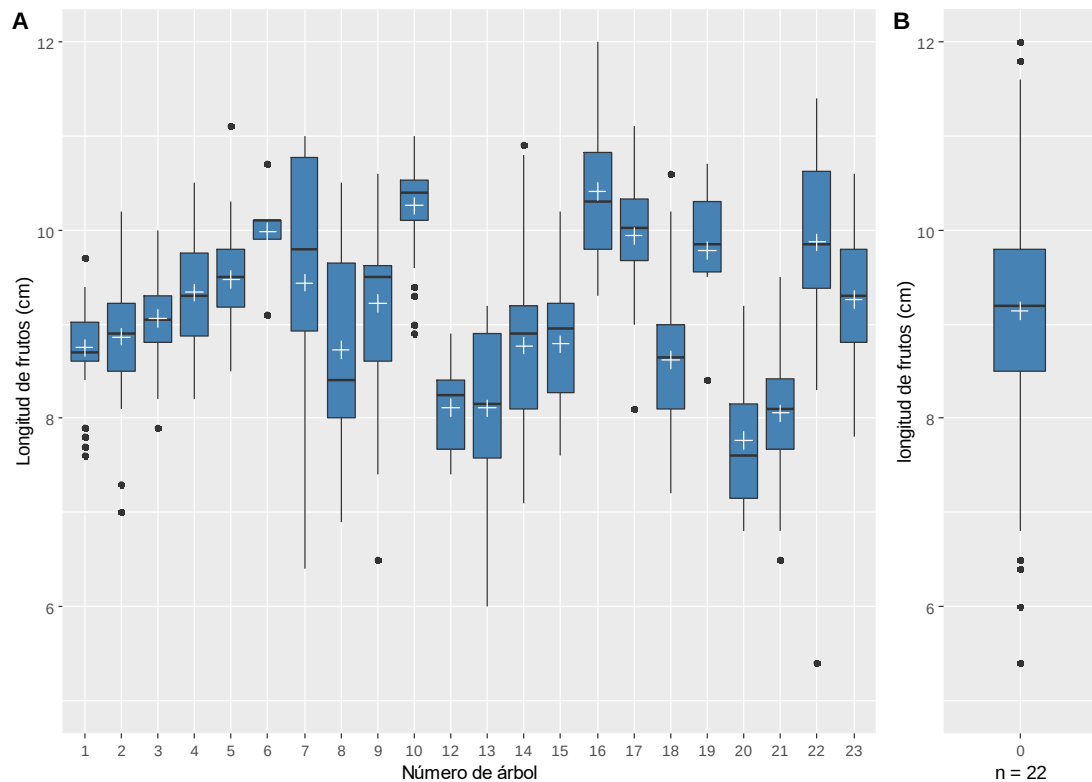


**Figura 31.** Longitud de frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Longitud de frutos según cada individuo y (B) boxplot de la longitud de frutos de la población evaluada.

Nuestros resultados de la longitud y diámetro de los frutos demuestran que la forma de los frutos de *T. speciosum* es globosa-elipsoide (Martini y Tavares 2005; Rondón y Cumana 2005). Tal como se puede observar en la Figura 33.

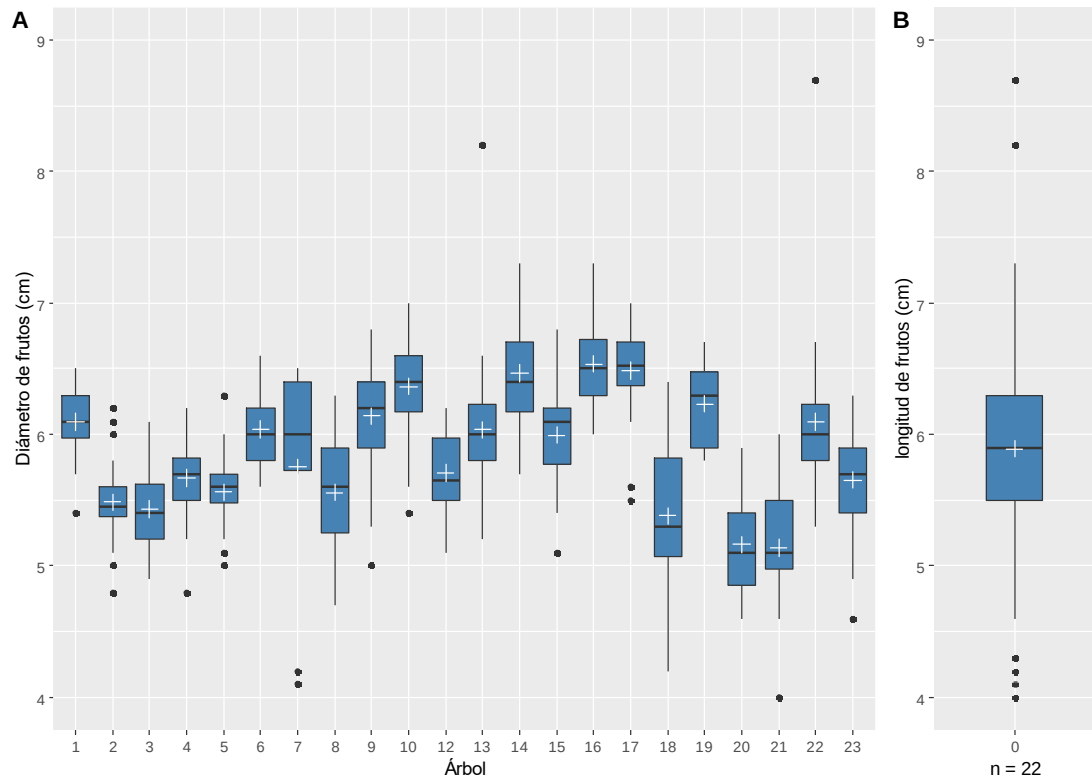


**Figura 32.** Diámetro de frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Diámetro de frutos según cada individuo y (B) boxplot de diámetro de frutos de la población evaluada.



**Figura 33.** Fotografía de la forma de los frutos encontrados de *T. speciosum*.

#### 4.4.2 Semillas

##### a. Longitud de semillas

La longitud promedio de las semillas fue de 16,7 mm ( $\pm 1,42$ ), a nivel de individuos este varió entre 13 a 19 mm (Figura 34).

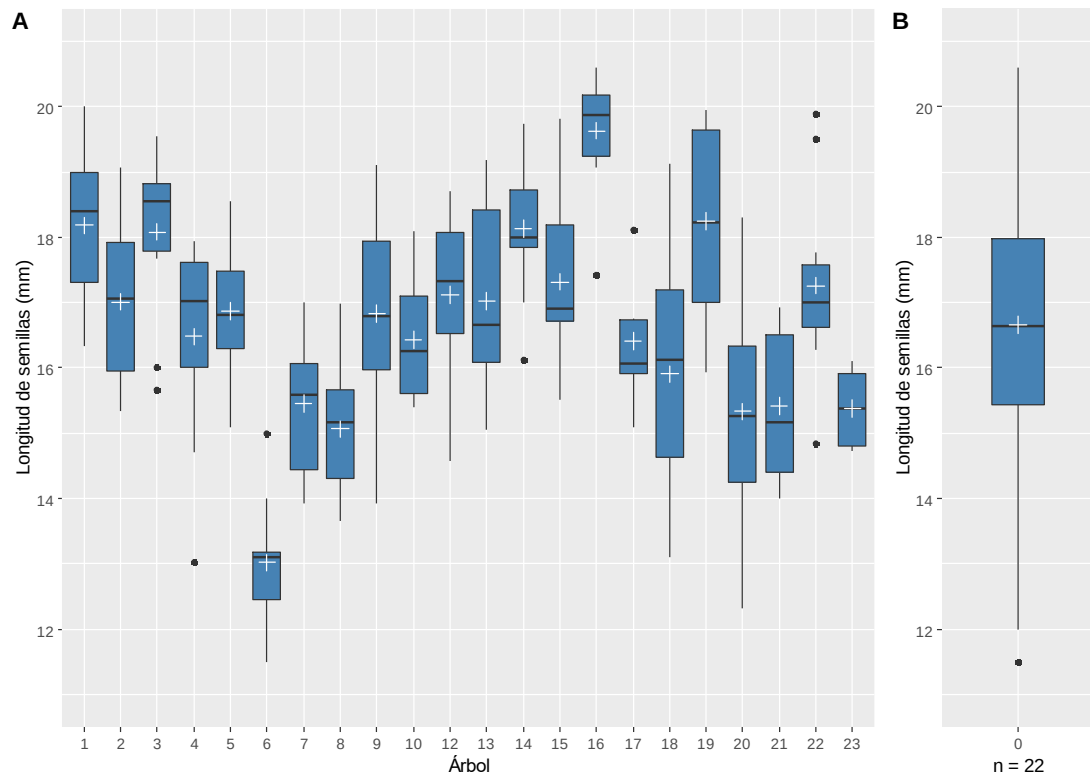


**Figura 34.** Longitud de semillas (mm) de los frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.

##### b. Diámetro de semillas

El diámetro promedio de las semillas fue de 7,8 mm ( $\pm 0,90$ ), a nivel de individuos este varió entre 6,2 a 9,0 mm (Figura 35).

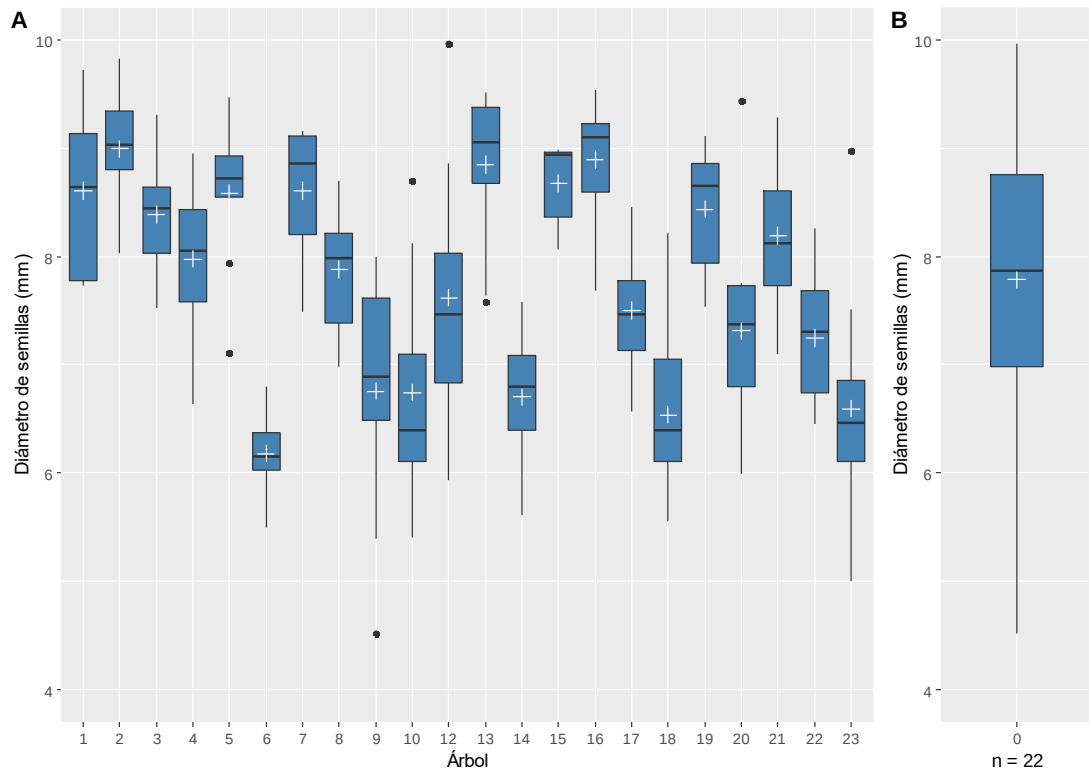


**Figura 35.** Diámetro de semillas (mm) de los frutos de una población de *Theobroma speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. (A) Producción de frutos de cada individuo (frutos/árbol) y (B) boxplot de la producción (frutos/árbol) de la población evaluada.

#### 4.5 Variables dasométricas vs frutos

En la Tabla 4 se muestran la matriz de correlaciones entre las variables dasométricas de los individuos de *T. speciosum*, el porcentaje de apertura de dosel y las características de los frutos, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Mientras que en la Figura 36 (correlograma) se destacan las relaciones significativas entre las variables analizadas. El DAP y diámetro de copa no se relacionaron significativamente con ninguna de las variables de caracterización de los frutos. Sin embargo, altura de los individuos se relacionó de forma directa y significativa con el porcentaje de dosel ( $r = 0,39$ ,  $P < 0,05$ ) y la producción de frutos por árbol ( $r = 0,36$ ,  $P < 0,05$ ). Es decir, los árboles de *T. speciosum* ubicados en áreas con mayor apertura de dosel tuvieron una mayor altura, y que los árboles con mayor altura tuvieron una mayor producción de frutos.

**Tabla 4.** Matriz de correlación entre las variables dasométricas de los árboles, la producción y características de los frutos de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. DAP = Diámetro a la altura del pecho, H = Altura total, Hic = Altura de inserción de copa, D-Copa = Diámetro de copa, %Dosel = Porcentaje de cobertura de dosel, N-Frutos = Número de frutos, Produc = Producción total, P-fruto = Peso fruto promedio, G-Peric = grosor del pericarpio, P-Peric = peso del pericarpio, D-Fruto = Diámetro del fruto, L-Fruto = Longitud del fruto y Perfor = número de perforaciones por fruto.

|          | DAP   | H       | Hic   | D-Copa | %Dosel   | N-Frutos | Produc | P-fruto | G-peric | P-Peric | D-Fruto | L-Fruto |
|----------|-------|---------|-------|--------|----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| H        | 0.09  |         |       |        |          |          |        |         |         |         |         |         |
| Hic      | 0.01  | 0.98*** |       |        |          |          |        |         |         |         |         |         |
| D-Copa   | -0.17 | 0.1     | 0.12  |        |          |          |        |         |         |         |         |         |
| %Dosel   | -0.09 | 0.39*   | 0.39* | 0.15   |          |          |        |         |         |         |         |         |
| N-Frutos | 0.34  | 0.35    | 0.3   | -0.12  | 0.17     |          |        |         |         |         |         |         |
| Produc   | 0.3   | 0.36*   | 0.34  | -0.16  | -0.03    | 0.86***  |        |         |         |         |         |         |
| P-fruto  | 0.25  | -0.18   | -0.26 | 0.03   | -0.37*   | -0.06    | 0.09   |         |         |         |         |         |
| G-peric  | 0.14  | -0.18   | -0.18 | 0.06   | -0.19    | -0.45**  | -0.33  | -0.08   |         |         |         |         |
| P-Peric  | 0.03  | -0.29   | -0.25 | 0.01   | -0.60*** | -0.32    | -0.12  | 0.21    | 0.38*   |         |         |         |
| D-Fruto  | 0.17  | -0.07   | -0.14 | 0.01   | -0.40*   | 0.02     | 0.09   | 0.84*** | -0.08   | 0.41*   |         |         |
| L-Fruto  | 0.08  | -0.03   | -0.09 | 0.34   | -0.01    | -0.06    | -0.12  | 0.72*** | 0.05    | -0.05   | 0.59*** |         |
| Perfor   | -0.12 | 0.1     | 0.22  | -0.16  | 0.1      | -0.03    | -0.01  | -0.24   | 0.09    | -0.2    | -0.33   | -0.05   |

Por otro lado, el porcentaje de apertura de dosel se relacionó de forma inversa y significativa con el peso de los frutos ( $r = -0,37$ ,  $P < 0,05$ ), peso del pericarpio ( $r = -0,60$ ,  $P < 0,001$ ) y diámetro de los frutos ( $r = -0,40$ ,  $P < 0,05$ ). Esto nos sugiere que los árboles ubicados en área con mayor apertura de dosel tienden a: (1) tener un menor peso individual de frutos, (2) menor grosor del pericarpio, y (3) menor diámetro de los frutos.

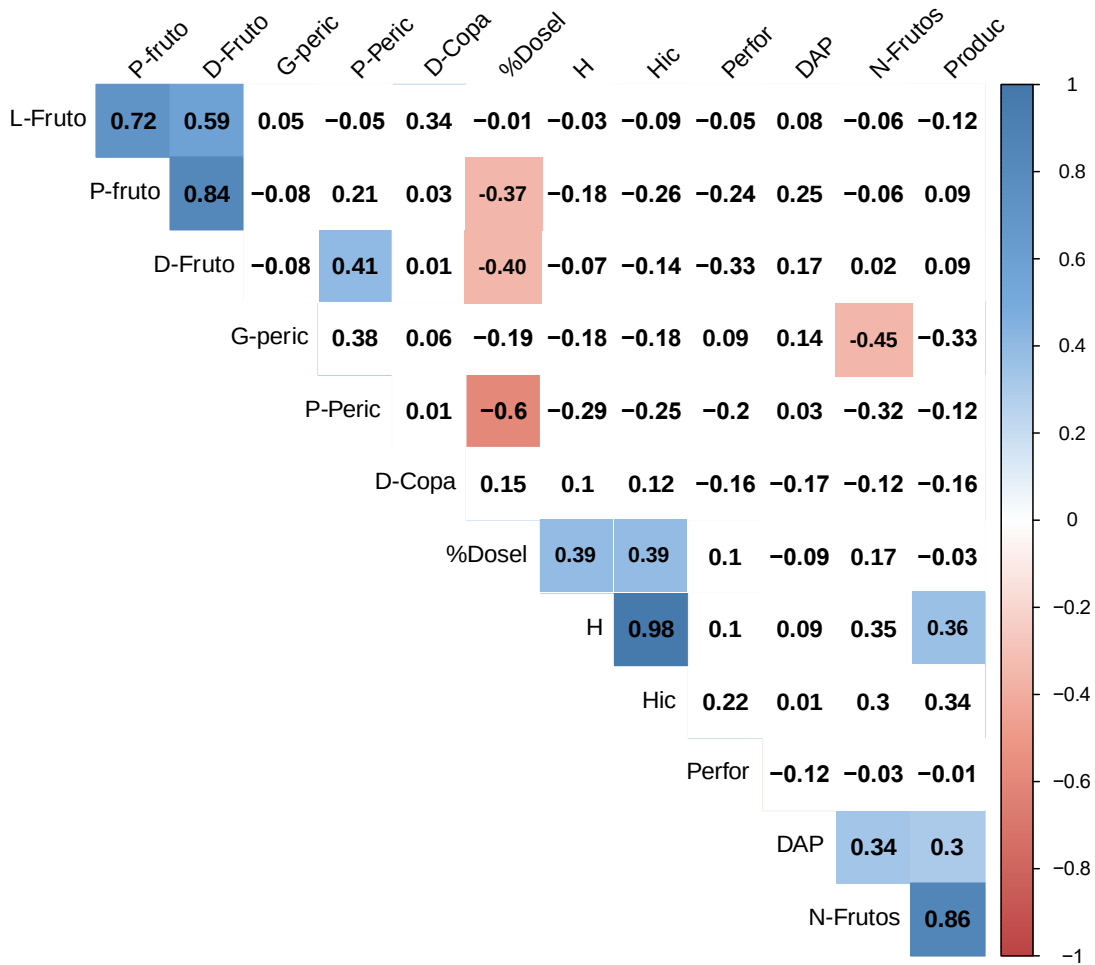


**Figura 36.** Correlograma entre las variables dasométricas de los árboles, la producción y características de los frutos de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. Los valores corresponden al coeficiente de correlación de Pearson, y los que tengan un círculo corresponden a una relación significativa entre las variables ( $P < 0,05$ ).

#### 4.6 Variables dasométricas vs semillas

En la Tabla 5 se muestran la matriz de correlaciones entre las variables dasométricas de los individuos de *T. speciosum*, el porcentaje de apertura de dosel y las características de las semillas, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Mientras que en la Figura 37 (correlograma) se destacan las relaciones significativas entre las variables analizadas. El DAP no se relacionó significativamente con ninguna de las variables de caracterización de las semillas. La altura total y altura de inserción de copa de

los árboles de *T. speciosum* se relacionaron de forma directa y significativa con el porcentaje de apertura de dosel ( $r > 0,38$ ,  $P < 0,05$ ) y el número de semillas por fruto ( $r > 0,4$ ,  $P < 0,05$ ). Lo cual nos sugiere que los árboles con mayor altura total y altura de inserción de copa tienden a producir una mayor cantidad de semillas por fruto. Interesantemente, el diámetro de copa de los árboles de *T. speciosum* se relacionó de forma inversa y significativa con el diámetro de las semillas. Lo cual sugiere que los árboles de *T. speciosum* con mayor diámetro de copa producen semillas con menor diámetro.

**Tabla 5.** Matriz de correlación entre las variables dasométricas de los árboles y las características de las semillas de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios.

|                  | DAP   | H       | Hic    | D-Copa | %Dosel | N-semillas/fruto | D-Semillas | L-Semillas |
|------------------|-------|---------|--------|--------|--------|------------------|------------|------------|
| H                | 0.09  |         |        |        |        |                  |            |            |
| Hic              | 0.01  | 0.98*** |        |        |        |                  |            |            |
| D-Copa           | -0.17 | 0.1     | 0.12   |        |        |                  |            |            |
| %Dosel           | -0.09 | 0.39*   | 0.39*  | 0.15   |        |                  |            |            |
| N-semillas/fruto | 0.14  | 0.42**  | 0.43** | 0.17   | 0.13   |                  |            |            |
| D-Semillas       | -0.06 | 0.12    | 0.1    | -0.40* | -0.12  | 0.17             |            |            |
| L-Semillas       | 0.12  | -0.24   | -0.22  | -0.19  | -0.16  | 0.11             | 0.5**      |            |
| N-Semillas/Fruto | -0.14 | -0.17   | -0.2   | 0.17   | -0.23  | -0.13            | -0.16      | 0.03       |

DAP = Diámetro a la altura del pecho, H = Altura total, Hic = Altura de inserción de copa, D-Copa = Diámetro de copa, %Dosel = Porcentaje de cobertura de dosel, N-Semillas/fruto = Número de semillas por fruto, D-Semillas = Diámetro de semillas y L-Semillas = Longitud de semillas.

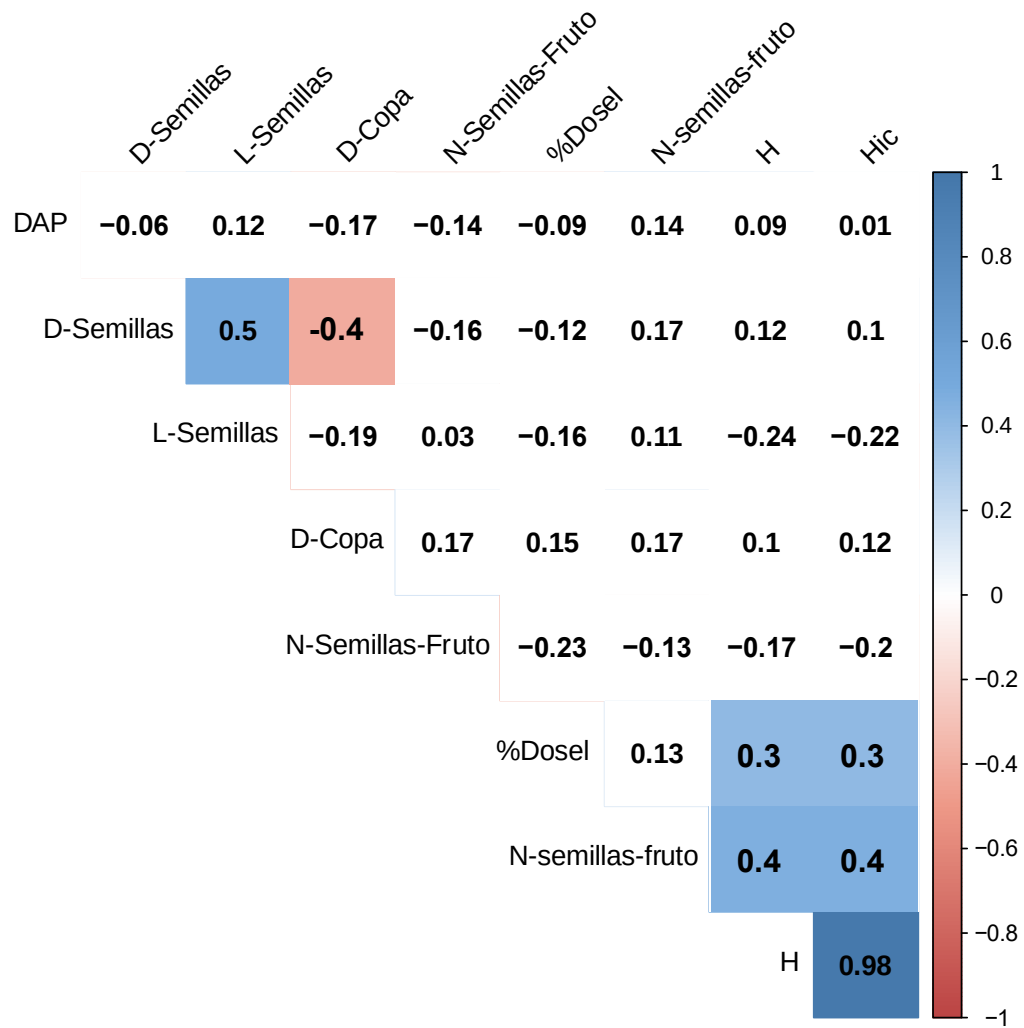


**Figura 37.** Correlograma entre las variables dasométricas de los árboles y las características de las semillas de *T. speciosum* en un sistema silvopastoril en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. Los valores corresponden al coeficiente de correlación de Pearson, y los que tengan un círculo corresponden a una relación significativa entre las variables ( $P < 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

En el sistema silvopastoril evaluado se encontraron 25 individuos de cacaúí (*Theobroma speciosum*), de estos solo el 12% de los individuos estuvieron muertos en pie. La estructura de la población evaluada no siguió el patrón típico de J-invertida. A escala de 60 a 100 m, los individuos de *T. speciosum* tuvieron un patrón de distribución espacial agregado. El diámetro promedio de los árboles de *T. speciosum* fue 15,2 cm, la altura promedio fue 12,3 m y el diámetro de copa promedio fue 4.6 m.

El peso promedio de los frutos fue de 145 gr, variando entre 90 y 300 gr. Se encontró una alta variabilidad, entre individuos, en la producción de frutos. Se encontró un promedio de 90 frutos por árbol (5-374 frutos/árbol), y la producción promedio fue de 8,9 kg/árbol (1-31 kg/árbol). Por otro lado, el número promedio de semillas por fruto fue 25.

El grosor del pericarpio promedio fue de 59 mm (33 – 84 mm). El peso promedio del pericarpio fue de 106,1 gr (61,8 – 142 gr), y representó en promedio el 72% del peso de los frutos. La variación en el diámetro y longitud de fruto fue relativamente homogénea. La longitud promedio de los frutos fue de 9,2 cm y el diámetro fue de 5,9 cm. Basado en nuestros resultados, definimos la forma de los frutos de *T. speciosum* como globosa-elipsoide. La longitud promedio de las semillas fue de 16,7 mm y el diámetro promedio de las semillas fue de 7,8 mm.

Por otro lado, altura de los individuos se relacionó de forma directa con el porcentaje de dosel, producción de frutos por árbol y el número de semillas por árbol. Mientras que el diámetro de copa de los árboles de *T. speciosum* se relacionó de forma inversa y con el diámetro de las semillas.

## SUGERENCIAS

1. Continuar con los estudios en *T. speciosum*, considerando que una de las especies del género *Theobroma* con mayor potencial. En esta línea, considerar también ampliar el ámbito de estudio (provincia de Manu y Tahuamanu), y diferentes condiciones, por ejemplo, realizar comparaciones de la producción y la caracterización morfométrica de frutos y semillas, entre bosque primario, bosque secundario, sistemas agroforestales y silvopastoriles.
2. Por otro lado, continuar con los estudios de patrones espaciales considerando las categorías de tamaño, con la finalidad de analizar la influencia de los niveles de fragmentación en la estructura poblacional de *T. speciosum*.
3. Realizar estudios experimentales *in situ* para analizar qué factores estarían influenciando

## REFERENCIAS

- APG IV, (Angiosperm Phylogeny Group), CHASE, M.W., CHRISTENHUSZ, M.J.M., FAY, M.F., BYNG, J.W., JUDD, W.S., SOLTIS, D.E., MABBERLEY, D.J., SENNIKOV, A.N., SOLTIS, P.S., STEVENS, P.F., BRIGGS, B., BROCKINGTON, S., CHAUTEMS, A., CLARK, J.C., CONRAN, J., HASTON, E., MÖLLER, M., MOORE, M., OLMSTEAD, R., PERRET, M., SKOG, L., SMITH, J., TANK, D., VORONTSOVA, M. y WEBER, A., 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders y families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 181, no. 1, pp. 1–20. DOI 10.1111/boj.12385.
- BARBOSA, L., FRANÇA, I. y RUZ, E.J.H., 2019. First records of *Theobroma speciosum* fruits dispersion. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 43, no. 168, pp. 518–520. DOI 10.18257/raccefyn.808.
- CAMPELO, C., PANTOJA, S., CAMPELO, V., SILVA, D., CAMPELLO, W., CARNEIRO, M. y SILVA, P., 2013. Structural characterization of *Theobroma subincanum* Mart. (Cupuí) in the extractive reserve Cajari, Brazil-Amapá. *5to Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 59–65. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
- CRUZ ROT, M., 2006. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, vol. 15, no. 3, pp. 3. DOI 10.7818/re.2014.15-3.00.
- DARDENGO, Juliana de Freitas Encinas, ROSSI, A.A.B., DA SILVA, C.J. y SILVEIRA, M., 2017. Estrutura espacial de *theobroma subincanum* mart. E *theobroma speciosum* willd. ex spreng. no parque nacional do juruena, mato grosso. *Revista Arvore*, DOI 10.1590/1806-90882017000100001.
- DARDENGO, Juliana, ROSSI, A.A.B., DA SILVA, C. y SILVEIRA, M., 2017. Estrutura espacial de *theobroma subincanum* mart. E *theobroma speciosum* willd. ex spreng. no parque nacional do juruena, mato grosso. *Revista Arvore*, DOI 10.1590/1806-90882017000100001.
- DE FREITAS, J., DARDENGO, E., APARECIDA, A., ROSSI, B. y LEMES VARELLA, T., 2018. The effects of fragmentation on the genetic structure of *Theobroma speciosum* (Malvaceae) populations in Mato Grosso, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, vol. 66, no. 1, pp. 218–226. DOI 10.15517/rbt.v66i1.27904.
- DE FREITAS, J., DARDENGO, E., APARECIDA, A., ROSSI, B., MEZZALIRA DA SILVA, B., VIEIRA DA SILVA, I., JOANA DA SILVA, C. y SEBBENN, A.M., 2016. Diversity y spatial genetic structure of a natural population of

- Theobroma speciosum (Malvaceae) in the Brazilian Amazon. *Revista de Biología Tropical*, vol. 64, no. 3, pp. 1091–1099. DOI 10.15517/rbt.v64i3.21461.
- DOSTERT, N., CANO, A., LA TORRE, M. y WEINGEND, M., 2011. *Hoja botánica: Cacao*. 1era. Berlin: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- DUEÑAS, H. y GARATE, J., 2018. Diversidad , dominancia y distribución arbórea en Madre de Dios , Perú. *Revista Forestal del Perú*, vol. 33, no. 1, pp. 4–23. DOI <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1152>.
- ENCINAS, J.F., MEZZALIRA, B., ANTONIO, A. y AYGNES, A., 2013. Caracterização morfométrica de frutos de Theobroma speciosum. / *Seminário de biodiversidade e agrossistemas Amazonicos*,
- FLORES-BENDEZÚ, Ymber., 2013. *Manual Para La Identificación de Especies Forestales en la Región Ucayali*. 2013. S.l.: s.n.
- GARATE-QUISPE, J.S., ROCA, M.R.G. y AGUIRRE, G.A., 2020. Survival y Growth of Brazil-Nut Seedlings in Tree-Fall Gaps y Forest Understory. *Floresta e Ambiente*, vol. 27, no. 3. DOI 10.1590/2179-8087.116817.
- GILABERT-ESCRIVÁ, M.V., GONÇALVES, L.A.G., SILVA, C.R.S. y FIGUEIRA, A., 2002. Fatty acid y triacylglycerol composition y thermal behaviour of fats from seeds of Brazilian Amazonian Theobroma species. *Journal of the Science of Food y Agriculture*, DOI 10.1002/jsfa.1107.
- GIUSTINA, L.D., LUZ, L.N., VIEIRA, F.S., ROSSI, F.S., SOARES-LOPES, C.R.A., PEREIRA, T.N.S. y ROSSI, A.A.B., 2014. Population structure y genetic diversity in natural populations of Theobroma speciosum Willd. Ex Spreng (Malvaceae). *Genetics y Molecular Research*, vol. 13, no. 2, pp. 3510–3519. DOI 10.4238/2014.February.14.5.
- GUARIM, G. y BARBOSA, F., 2011. Plantas da Amazonia Mato-Grossense: O Cacaúí - Theobroma speciosum Willd. ex Spreng (Malvaceae). *FLOVET*, vol. 3.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. y RYAN, D., 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education y Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* [en línea], vol. 4, no. 4, pp. 5–7. Disponible en: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf).
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. S.l.: McGraw-Hill.
- LEMMON, R., 1956. A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forestry Science*, vol. 2, pp. 314–320.
- LÓPEZ, G., 2015. *Sistemas Agroforestales*. S.l.: SAGARPA.

- MACIEL-NÁJERA, J.F., HERNÁNDEZ-VELASCO, J., GONZÁLEZ-ELIZONDO, M.S., HERNÁNDEZ-DÍAZ, J.C., LÓPEZ-SÁNCHEZ, C.A., ANTÚNEZ, P., BAILÓN-SOTO, C.E. y WEHENKEL, C., 2020. Unexpected spatial patterns of natural regeneration in typical uneven-aged mixed pine-oak forests in the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Global Ecology y Conservation*, vol. 23. DOI 10.1016/j.gecco.2020.e01074.
- MARTINI, M., FIGUEIRA, A., GONCALVES, C. y QUEIROZ, D., 2008. Polyphenolic cells y their interrelation with cotyledon cells in seven species of *Theobroma* (Sterculiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 3, no. 3, pp. 425–431.
- MARTINI, M.H. y TAVARES, D. de Q., 2005. Reservas das sementes de sete espécies de *Theobroma* : revisão Seed reserves from seven species of the genus *Theobroma* : a review. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, vol. 64, no. 1, pp. 10–19.
- MULLER-LANDAU, H.C., CONDIT, R.S., HARMS, K.E., MARKS, C.O., THOMAS, S.C., BUNYAVEJCHEWIN, S., CHUYONG, G., CO, L., DAVIES, S., FOSTER, R., GUNATILLEKE, S., GUNATILLEKE, N., HART, T., HUBBELL, S.P., ITOH, A., KASSIM, A.R., KENFACK, D., LAFRANKIE, J. v., LAGUNZAD, D., LEE, H.S., LOSOS, E., MAKANA, J.R., OHKUBO, T., SAMPER, C., SUKUMAR, R., SUN, I.F., NUR SUPARDI, M.N., TAN, S., THOMAS, D., THOMPSON, J., VALENCIA, R., VALLEJO, M.I., MUÑOZ, G.V., YAMAKURA, T., ZIMMERMAN, J.K., DATTARAJA, H.S., ESUFALI, S., HALL, P., HE, F., HERNANDEZ, C., KIRATIPRAYOON, S., SURESH, H.S., WILLS, C. y ASHTON, P., 2006. Comparing tropical forest tree size distributions with the predictions of metabolic ecology y equilibrium models. *Ecology Letters*, DOI 10.1111/j.1461-0248.2006.00915.x.
- PAVESE, F. y KARSBURG, I.V., 2009. Caracterização morfométrica dos cromossomos de quatro espécies do gênero *Theobroma* L . , pp. 2–6.
- PEÑA-VALDEIGLESIAS, J., 2008. “Identificación y Caracterización Fenotípica de Árboles Plus de “castaña”, *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Lecythidaceae) en el Departamento de Madre de Dios. S.l.: s.n.
- R CORE TEAM, 2020. R: A language y environment for statistical computing. <http://www.R-project.org/>. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*.
- RAMÓN, P., 2014. Patrones y procesos espaciales en poblaciones y comunidades vegetales: nuevas herramientas e hipótesis. *PhD Thesis*, pp. 144.

- RONDÓN, B. y CUMANA, L., 2005. Revisión taxonómica del género theobroma (sterculiaceae) en venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, vol. 28, no. 1, pp. 0-undefined.
- SANTOS, R.C., PIRES, J.L. y CORREA, R.X., 2012. Morphological characterization of leaf, flower, fruit y seed traits among Brazilian Theobroma L. species. *Genetic Resources y Crop Evolution*, vol. 59, no. 3, pp. 327–345. DOI 10.1007/s10722-011-9685-6.
- SHANLEY, P., CYMERYS, M., SERRA, M. y MEDINA, G., 2012. *Fruit trees y useful plants in Amazonian life*. S.I.: FAO.
- SILVA, M. y VENTURIERI, G., 2010. Floral Biology of Cacauhy (Theobroma speciosum-Malvaceae). *Brazilian Archives of Biologyand Technology*, vol. 53, no. 4, pp. 861–872.
- SILVA, M.B., RAMOS, A. de R. y VENTURIERI, G.A., 2006. Indução de calos em espécies amazônicas do gênero Theobroma. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 30, no. 2, pp. 257–265. DOI 10.1590/s1413-70542006000200010.
- VARELLA, T.L., ROSSI, A.A.B., DARDENGO, J.F.E., SILVEIRA, G.F., SOUZA, M.D.A. y CARVALHO, M.L.S., 2016. Effect of fragmentation on the natural genetic diversity of Theobroma speciosum Willd. Ex spreng. populations. *Genetics y Molecular Research*, vol. 15, no. 4. DOI 10.4238/gmr15048630.
- VARELLA, Tatiane Lemos, ROSSI, A.A.B., DE SOUZA, M.D.A., DA SILVEIRA, G.F., COCHEV, J.S., DE TOLEDO, J.J. y DA SILVA, C.J., 2018. Estrutura populacional e distribuição espacial de Theobroma speciosum Willd. Ex Spreng no norte do estado de mato grosso. *Ciencia Florestal*, DOI 10.5902/1980509831589.
- VARELLA, TS., BANDINI, A., ARENAS, M., FARIAS, G., SANTOS, J., DE TOLEDO, J. y DA SILVA, C., 2018. POPULATIONAL STRUCTURE y SPATIAL DISTRIBUTION OF Theobroma speciosum Willd. Ex Spreng IN NORTHERN OF MATO GROSSO STATE. *Ciência Florestal*, vol. 28, no. 1, pp. 115–126. DOI <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831589>.
- WÉDJANGNON, A.A., SOUROU KUIGA, N.B., HOUËTCHÉGNON, T. y OUINSAVI, C.A.I.N., 2020. Spatial distribution y interspecific association patterns between Mansonia altissima A. Chev., Ceiba pentandra (L.) Gaertn y Triplochiton scleroxylon K. Schum. in a moist semi-deciduous forest. *Annals of Forest Science*, vol. 77, no. 1. DOI 10.1007/s13595-019-0913-0.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Formato de campo que se utilizó en la evaluación de las características dasométricas de los árboles de *Theobroma speciosum* (cacaúí).

| N° de arboles | DAP | Altura | Diámetro de copa |  | Observación de la base y fuste |
|---------------|-----|--------|------------------|--|--------------------------------|
| 1             |     |        |                  |  |                                |
| 2             |     |        |                  |  |                                |
| 3             |     |        |                  |  |                                |
| 4             |     |        |                  |  |                                |
| 5             |     |        |                  |  |                                |
| 6             |     |        |                  |  |                                |
| 7             |     |        |                  |  |                                |
| 8             |     |        |                  |  |                                |
| 9             |     |        |                  |  |                                |
| 10            |     |        |                  |  |                                |
| 11            |     |        |                  |  |                                |
| 12            |     |        |                  |  |                                |
| 13            |     |        |                  |  |                                |
| 14            |     |        |                  |  |                                |
| 15            |     |        |                  |  |                                |
| 16            |     |        |                  |  |                                |
| 17            |     |        |                  |  |                                |
| 18            |     |        |                  |  |                                |
| 19            |     |        |                  |  |                                |
| 20            |     |        |                  |  |                                |
| 21            |     |        |                  |  |                                |
| 22            |     |        |                  |  |                                |
| 23            |     |        |                  |  |                                |
| 24            |     |        |                  |  |                                |
| 25            |     |        |                  |  |                                |

**Anexo 2.** Formato de campo que se utilizó en la evaluación de las características de los frutos y semillas de *Theobroma speciosum* (cacaúí).

[illegible]

**Anexo 3.** Formato de campo que se utilizó en la evaluación de las especies asociadas a *Theobroma speciosum* (cacauí) y su distancia con respecto a cada individuo.

[illegible]



## CONSTANCIA

En mi calidad de Director (e) del Centro de Investigación Herbario "Alwyn Gentry" de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios,

### HACE CONSTAR:

Que las muestras botánicas han sido presentadas en marco de la tesis de pregrado de la Bach. Clotilde Gonzales Aquino, titulada: "CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE CACAO SILVESTRE (*Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng.) EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA AMAZONIA PERUANA", para optar el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

El ejemplar ha sido entregado a la colección del herbario y constan de **01** especímen que proviene del fundo el castañal (472824 este y 8604755 norte, UTM zona 19 sur) ubicado en la provincia Tambopata, distrito de Tambopata, región Madre de Dios, fuera de Áreas Naturales Protegidas. Estas muestras han sido **DEPOSITADO** en este Centro de enseñanza e Investigación HAG-UNAMAD. A continuación, se adjunta la información de la especie.

| Nº | Codigo de Colecta | Nombre científico                            | Familia Segun APG IV (2016) | Autorizacion |
|----|-------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 1  | Gonzales, C. 0001 | <i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng. | MALVACEAE                   | -----        |

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente.

Puerto Maldonado, 19 de julio de 2021.

Atentamente

Cc.  
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS  
Centro de Invest. Herbario Alwyn Gentry

Ing. Sufer Bitez Quispe  
DIRECTOR DEL HERBARIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

“Año del Bicentenario del Perú: 200 Años de Independencia”

“Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú”

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

Acta de sustentación oral de Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.

Modalidad de titulación: Sustentación de Tesis.

Título de la Tesis: CARACTERIZACION FENOTIPICA DE CACAO SILVESTRE *Teobroma speciosum* Wild. Ex Spreng. EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA AMAZONIA PERUANA, presentada por la Bachiller Srta. Clotilde Gonzales Aquino En la ciudad de Puerto Maldonado siendo las 18.00 Horas del día viernes 23 de julio del 2021, utilizando la plataforma de Google meet, a través del siguiente enlace: <https://meet.google.com/ydb-yvrn-dm>, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, y en mérito a la Resolución de Decanatura N°163-2021-UNAMAD-DFI Se realiza el acto académico de exposición y sustentación de la tesis, siendo jurados los docentes:

Dictaminantes:

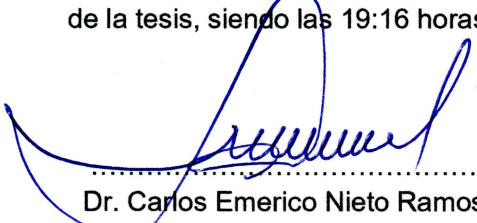
Dr. Carlos Emerico Nieto Ramos  
Ing. Mauro Vela Da- Fonseca  
M.Sc. Víctor Pareja Auquipata

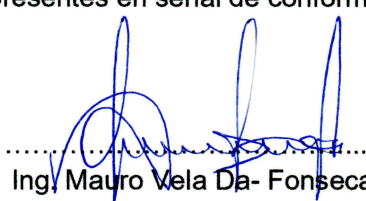
Presidente  
Secretario  
Vocal

Como asesor del trabajo de investigación: Dr. Joel Peña Valdeiglesias, co-asesor: MSc Jorge Santiago Garate Quispe.

El acto académico se inicia con la lectura de la resolución respectiva y el Reglamento en lo que concierne a la sustentación de tesis, luego se procede con la sustentación de tesis, finalizando con la etapa de preguntas, aclaraciones y observaciones respectivas. El jurado califica la tesis y sustentación, obteniéndose el resultado de: APROBADO POR UNANIMIDAD.

El presidente de jurado da por concluida el Acto Académico de exposición y sustentación de la tesis, siendo las 19:16 horas firman los presentes en señal de conformidad.

  
.....  
Dr. Carlos Emerico Nieto Ramos  
Presidente

  
.....  
Ing. Mauro Vela Da- Fonseca  
Secretario

  
.....  
M.Sc. Víctor Pareja Auquipata  
Vocal



**UNAMAD**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AMAZÓNICA  
DE MADRE DE DIOS

## Reglamento de Grados y Títulos

CÓDIGO : RGT – 013  
VERSIÓN : 2.0  
FECHA : 19 – Diciembre – 2018

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”  
“Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú”

INFORME N° 03-2021-UNAMAD/FI-CJT.

PARA : **Dr. Rosel Quispe Herrera**  
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : **Dr. Carlos Nieto Ramos**  
Presidente del Jurado de Tesis  
**Ing. Mauro Vela Da Fonseca**  
Secretario del Jurado de Tesis  
**M.Sc. Víctor Pareja Auquipata**  
Vocal del Jurado de Tesis

ASUNTO : Conformidad de Levantamiento de Observaciones de Tesis

Ref. : Resolución de Decanatura N° 163-2021-UNAMAD-DFI

FECHA : Puerto Maldonado, 05 de agosto de 2021.

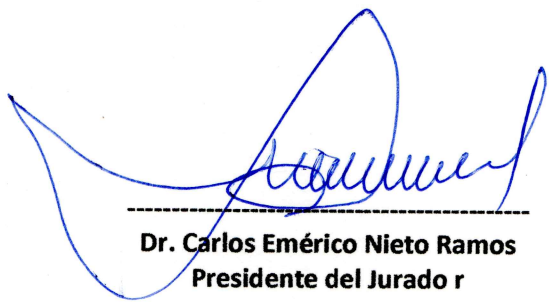
Es grato dirigimos a usted, con la finalidad de saludarle cordialmente e informarle lo siguiente:

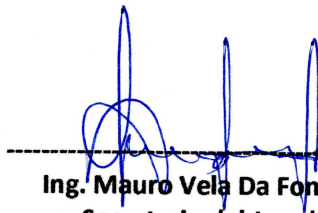
Los miembros del Jurado calificador de la tesis intitulada: **“Caracterización fenotípica de cacao silvestre (Theobroma Speciosum Willd. Ex Spreng.) en un sistema silvopastoril en la Amazonía Peruana”**, en cumplimiento a la resolución en referencia llevamos a cabo la sustentación oral del graduando: **Bach. Clotilde Gonzales Aquino**, el día viernes 23 de julio de 2021 a las 18:00 horas, emitiéndose observaciones que ha cumplido oportunamente en subsanarlos.

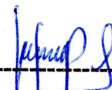
Por lo que el Jurado Calificador de la Tesis en mención por unanimidad emite el presente informe de **CONFORMIDAD**.

Es todo cuanto informo para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente;

  
-----  
**Dr. Carlos Emérico Nieto Ramos**  
Presidente del Jurado r

  
-----  
**Ing. Mauro Vela Da Fonseca**  
Secretario del Jurado

  
-----  
**M.Sc. Víctor Pareja Auquipata**  
Vocal del Jurado