

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



**TESIS**

**“Regeneración natural del “tornillo” *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)  
Ducke, en el bosque de tierra firme del fundo El Bosque – UNAMAD,  
Las Piedras - Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. MAMANI NORIEGA, Maria  
Cristhina

**ASESOR:**

Dr. HUAMANTUPA CHUQUIMACO,  
Isau

Puerto Maldonado, marzo 2026



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



**TESIS**

**“Regeneración natural del “tornillo” *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)  
Ducke, en el bosque de tierra firme del fundo El Bosque – UNAMAD,  
Las Piedras - Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. MAMANI NORIEGA, Maria  
Cristhina

**ASESOR:**

Dr. HUAMANTUPA CHUQUIMACO,  
Isau

Puerto Maldonado, marzo 2026

# RST-RI\_Regeneración natural del "tornillo" Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke, en el bosque de tierra firme del fundo El Bosque – UNAMAD, Las Piedras - Madre de Dios

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.unamad.edu.pe](http://repositorio.unamad.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

A mi hija amada Karla Saori, mi razón de vivir y el regalo más grande que la vida me ha concedido. Su amor puro, su mirada y su sonrisa han sido mi refugio en los momentos de cansancio, mi fortaleza en las caídas y la luz que guio cada paso de este camino. Por ella nació este sueño y por ella se hizo realidad. Cada sacrificio, cada esfuerzo y cada logro llevan su nombre.

A mis abuelos, pilares de mi vida, por su amor infinito, su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que han sido un pilar fundamental en mi vida y en este camino académico.

A mis familiares y amigos, quienes, con palabras de aliento, comprensión y cariño hicieron posible la culminación de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi profundo agradecimiento a mi familia, por su amor incondicional, comprensión y constante apoyo a lo largo de todo el proceso de elaboración de esta tesis. Su confianza y aliento fueron fundamentales para alcanzar este logro académico.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, mi Alma Mater, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas y fortalecer mis conocimientos científicos y académicos.

Mi especial gratitud al Dr. Isau Huamantupa Chuquimaco, asesor de la presente investigación, por su valiosa orientación, dedicación y acompañamiento constante, los cuales fueron determinantes para la correcta ejecución y culminación de este trabajo.

Al Ing. Sofer Marcial Báez Quispe, por su apoyo incondicional y valiosa colaboración en la identificación de las especies forestales, contribuyendo significativamente al desarrollo de la investigación.

Finalmente, agradezco a mis docentes y compañeros de estudios, quienes a lo largo de mi formación universitaria me brindaron su amistad, apoyo y motivación, haciendo posible la culminación de esta etapa académica.

## RESUMEN

El presente estudio evaluó la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke en un bosque de tierra firme ubicado en el Fundo El Bosque – Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). El objetivo fue caracterizar la regeneración natural y analizar su relación con factores bióticos (herbivoría) y abióticos (disponibilidad de luz). Se registraron 205 individuos distribuidos en las categorías de plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto, evaluándose variables como altura, diámetro, incidencia de herbivoría y nivel de iluminación de la copa.

Los resultados evidenciaron una estructura dominada por categorías juveniles, principalmente brinzales (49.8 %) y plántulas (34.1 %), configurando una distribución en forma de “J” invertida, característica de bosques con regeneración activa. La regeneración se presentó de manera heterogénea, concentrándose alrededor de determinados árboles parentales, mientras que la distancia al árbol semillero no mostró relación significativa con el crecimiento estructural.

La herbivoría afectó al 91.7 % de los individuos y mostró una correlación negativa significativa con el crecimiento. Asimismo, la disponibilidad de luz influyó significativamente en la altura y el diámetro, registrándose mayores valores en condiciones de iluminación moderada a bien iluminada.

En conjunto, los resultados indican que la regeneración natural de *C. cateniformis* está condicionada por la interacción entre factores estructurales, bióticos y abióticos, destacando el rol de la luz y la herbivoría en su establecimiento y desarrollo.

**Palabras clave:** regeneración natural, *Cedrelinga cateniformis*, herbivoría, disponibilidad de luz, bosque de tierra firme, estructura poblacional.

## ABSTRACT

This study evaluated the natural regeneration of *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke in a terra firme forest located at Fundo El Bosque – Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). The objective was to characterize natural regeneration and analyze its relationship with biotic factors (herbivory) and abiotic factors (light availability). A total of 205 individuals were recorded and classified into seedling, sapling, pole, juvenile and adult categories. Structural variables such as height and diameter were measured, along with herbivory incidence and crown light exposure.

Results showed a structure dominated by juvenile categories, mainly saplings (49.8%) and seedlings (34.1%), forming an inverted “J” distribution typical of actively regenerating forests. Regeneration was heterogeneously distributed around certain parent trees, and distance from the seed tree did not show a significant relationship with structural growth.

Herbivory affected 91.7% of individuals and showed a significant negative correlation with growth. Light availability significantly influenced height and diameter, with higher values recorded under moderate to well-lit conditions.

Overall, natural regeneration of *C. cateniformis* is influenced by the interaction of structural, biotic and abiotic factors, particularly light availability and herbivory.

**Keywords:** natural regeneration, *Cedrelinga cateniformis*, herbivory, light availability, terra firme forest, population structure.

## PRESENTACIÓN

El presente estudio se desarrolló en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), ubicado en el distrito de Las Piedras. En esta área se realizó la caracterización de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, conocida como “tornillo”, considerando las categorías de desarrollo plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto. Asimismo, se efectuó un análisis comparativo entre las parcelas establecidas y se evaluó la relación de la regeneración natural con la disponibilidad de luz (variable ambiental) y la herbivoría (variable biológica).

El área fue seleccionada por la presencia representativa de individuos de *C. cateniformis* en condiciones naturales, lo que permitió analizar sus procesos de regeneración. Además, se identifican presiones antrópicas asociadas al aprovechamiento forestal de otras especies, la tala ilegal y la influencia indirecta de la carretera interoceánica, factores que podrían incidir en la dinámica estructural y poblacional de la especie. El sitio también presenta condiciones de accesibilidad que facilitaron la ejecución del trabajo de campo.

De acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la UNAMAD, el trabajo se organiza en cuatro capítulos, además de las Referencias Bibliográficas y los Anexos. El Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, objetivos, justificación e hipótesis; el Capítulo II aborda el marco teórico; el Capítulo III describe la metodología empleada; y el Capítulo IV presenta y discute los resultados obtenidos, los cuales constituyen un aporte técnico para la comprensión de la regeneración natural de la especie y sirven como base para la planificación y manejo sostenible en bosques de tierra firme de Madre de Dios.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques amazónicos cumplen un rol fundamental en la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales. En este contexto, la regeneración natural constituye un proceso clave para garantizar la continuidad de las poblaciones forestales y la estabilidad estructural de los ecosistemas, especialmente en especies de importancia ecológica y económica.

El bosque de tierra firme conservado de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) alberga poblaciones naturales de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, especie forestal perteneciente a la familia Fabaceae y conocida comercialmente como “tornillo”. Esta especie se desarrolla en áreas de topografía predominantemente plana y forma parte de la estructura del bosque, presentando individuos distribuidos en diferentes categorías de desarrollo, tales como plántulas, brinzales, latizales, fustales y adultos.

*C. cateniformis* es una de las principales especies maderables aprovechadas en la región Madre de Dios, debido a la calidad de su madera y a su amplia demanda comercial. Si bien actualmente no se encuentra incluida en la lista oficial de especies amenazadas del Estado peruano, su aprovechamiento continuo, sumado a la presión antrópica creciente, podría comprometer la sostenibilidad de sus poblaciones naturales si no se dispone de información técnica que respalde su manejo adecuado.

La región Madre de Dios enfrenta una creciente presión ambiental producto de actividades como la deforestación, la minería aurífera, la expansión agrícola y el incremento de asentamientos humanos, las cuales generan alteraciones en la estructura del bosque y afectan procesos ecológicos naturales, entre ellos la regeneración de las especies forestales (Panduro et al., 2021). Estas perturbaciones modifican la disponibilidad de luz, las condiciones microambientales y la interacción con factores bióticos,

influyendo directamente en el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural.

Diversos estudios han señalado que la regeneración natural de especies forestales tropicales está condicionada por factores estructurales, ambientales y biológicos, tales como la proximidad a los árboles parentales, la disponibilidad de luz y la incidencia de herbivoría, los cuales actúan de manera conjunta sobre el crecimiento y la supervivencia de los individuos en etapas tempranas (Lamprecht, 1990; Finegan, 1996; Paucar, 2011).

En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad evaluar la regeneración natural de *C. cateniformis* en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD, analizando su estructura, distribución espacial y la influencia de factores bióticos y abióticos, como la herbivoría y la disponibilidad de luz, sobre el crecimiento en altura y diámetro de los individuos regenerantes.

La información generada contribuirá al conocimiento de la dinámica regenerativa de la especie y servirá como base técnica para la formulación de estrategias de manejo forestal sostenible y conservación en los bosques de tierra firme de Madre de Dios.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTOS .....	
RESUMEN .....	
ABSTRACT .....	
PRESENTACIÓN.....	
INTRODUCCIÓN.....	
CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas específicos .....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Variables.....	3
1.4.1. Variables dependientes .....	3
1.4.2. Variables independientes .....	3
1.5. Operaciones de variables .....	4
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Justificación .....	5
1.8. Consideraciones éticas.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes del estudio .....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales y regionales .....	10
2.2. Marco teórico.....	14

2.2.1.	Característica e identificación botánica de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	14
2.2.2.	Estructura poblacional de especies forestales.....	15
2.2.3.	La regeneración natural en el trópico .....	16
2.2.4.	Categoría de regeneración natural .....	17
2.3.	Definición de términos .....	18
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		19
3.1.	Tipo de estudio .....	19
3.2.	Diseño de estudio .....	19
3.3.	Población y muestra .....	19
3.3.1.	Muestreo.....	20
3.4.	Métodos y técnicas.....	20
3.4.1.	Lugar de estudio.....	20
3.4.2.	Diseño de muestra y caracterización estructural de la regeneración natural.....	21
3.4.3.	Evaluación de variables ecológicas y análisis comparativo....	24
3.5.	Tratamiento de datos.....	24
3.5.1.	Análisis de datos .....	24
3.5.2.	Caracterización de regeneración natural.....	24
3.5.3.	Análisis comparativo de la regeneración natural .....	25
3.5.4.	Relación entre la regeneración natural y factores bióticos y abióticos <sup>26</sup>	
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....		28
4.1.	Caracterización de la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke .....	28
4.1.1.	Características dasométricas de los árboles parentales .....	29
4.1.2.	Abundancia de la regeneración natural.....	31
4.1.3.	Altura y diámetro de la regeneración natural.....	32
4.1.4.	Distribución espacial.....	38
4.2.	Análisis comparativo de la regeneración natural de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke .....	40

4.2.1. Relación entre la distancia al árbol parental y el diámetro de la regeneración natural .....	41
4.2.2. Relación entre la distancia al árbol parental y la altura de la regeneración natural .....	42
4.2.3. Comparación del diámetro de la regeneración natural entre árboles parentales y categorías de desarrollo .....	44
4.2.4. Comparación del diámetro de la regeneración natural entre árboles parentales .....	47
4.2.5. Comparación de la altura de la regeneración natural entre árboles parentales y categorías de desarrollo .....	49
4.2.6. Comparación de la altura de la regeneración natural entre árboles parentales .....	50
4.2.7 Síntesis del análisis comparativo.....	52
4.3. Influencia de la variable ambiental de luz y biológica de herbivoría sobre la regeneración natural de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	53
4.3.1. Incidencia de la herbivoría en la regeneración natural .....	53
4.3.2. Herbivoría según categorías de regeneración y su relación con el crecimiento.....	56
4.3.3. Relación entre la herbivoría y el crecimiento de la regeneración natural	59
4.3.4. Influencia de la luz sobre la regeneración natural de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	61
4.3.5. Relación entre luz, crecimiento y herbivoría .....	66
CONCLUSIONES .....	68
SUGERENCIAS .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71
ANEXOS .....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árboles de tornillo ( <i>C. cateniformis</i> ) de la región de Madre de Dios. ....	15
<b>Figura 2.</b> Ubicación del área de estudio en el Fundo El Bosque – UNAMAD, distrito de Las Piedras, región Madre de Dios. ....	21
<b>Figura 3.</b> Diseño de la parcela circular para el levantamiento de datos (Gonzales 2020). ....	22
<b>Figura 4.</b> Esquema utilizado para clasificar la forma y posición de la corona de castaños (adaptado de Synnott, 1979). ....	23
<b>Figura 5.</b> Abundancia de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según clases de altura. ....	34
<b>Figura 6.</b> Distribución de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según clases de diámetro. ....	36
<b>Figura 7.</b> Abundancia de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según clases de diámetro. ....	37
<b>Figura 8.</b> Mapa de distribución espacial de árboles parentales–semilleros de <i>C. cateniformis</i> con y sin regeneración natural en el Fundo El Bosque – UNAMAD. ....	39
<b>Figura 9.</b> Distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y el valor de la variable diámetro (grosor). ....	41
<b>Figura 10.</b> Relación entre la distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y la altura de los individuos. ....	43
<b>Figura 11.</b> Comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> entre diferentes árboles parentales y categorías de desarrollo. ....	45
<b>Figura 12.</b> Comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> entre los distintos árboles parentales. ....	47
<b>Figura 13.</b> Comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> entre los distintos árboles parentales y las categorías de desarrollo. ....	49
<b>Figura 14.</b> Comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> entre los árboles parentales evaluados. ....	51

<b>Figura 15.</b> Boxplot de la comparación de la herbivoría de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según árbol parental.....	55
<b>Figura 16.</b> Boxplot de la comparación de la herbivoría de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según árbol parental y categoría de regeneración natural.....	57
<b>Figura 17.</b> Relación entre el grado de herbivoría y el diámetro de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> . ....	59
<b>Figura 18.</b> Relación entre el grado de herbivoría y la altura de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> . ....	60
<b>Figura 19.</b> Matriz de correlación entre variables estructurales y factores bióticos y abióticos de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> .....	61
<b>Figura 20.</b> Relación entre el nivel de iluminación y el diámetro de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> . ....	65
<b>Figura 21.</b> Relación entre el nivel de iluminación y la altura de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> . ....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables.....	4
<b>Tabla 2.</b> Distribución de individuos de <i>C. cateniformis</i> por categoría de regeneración.....	28
<b>Tabla 3.</b> Características dasométricas de los árboles parentales.....	30
<b>Tabla 4.</b> Abundancia y proporción (%) de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según árbol parental y categoría de regeneración natural en el Fundo El Bosque – UNAMAD.....	31
<b>Tabla 5.</b> Estadísticos descriptivos de la altura de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según categoría.....	33
<b>Tabla 6.</b> Promedio de altura de <i>C. cateniformis</i> según árbol parental.....	34
<b>Tabla 7.</b> Distribución de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según clases de diámetro.....	36
<b>Tabla 8.</b> Incidencia de herbivoría en la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según árbol parental y categoría de regeneración natural en un bosque amazónico de tierra firme, Madre de Dios.....	54
<b>Tabla 9.</b> Relación entre el grado de herbivoría y el diámetro de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> .....	58
<b>Tabla 10.</b> Relación entre el grado de herbivoría y la altura de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> .....	58
<b>Tabla 11.</b> Incidencia de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según nivel de iluminación y categoría de regeneración natural.....	62
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del diámetro de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según nivel de iluminación.....	63
<b>Tabla 13.</b> Comparación del diámetro y la altura promedio ( $\pm$ desviación estándar) de la regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> según nivel de iluminación.....	64

## CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

El Fundo El Bosque, administrado por la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), constituye un área de gran importancia ecológica debido a su biodiversidad y a la presencia de especies forestales de valor económico. Entre ellas destaca *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, conocida comúnmente como “tornillo”, especie maderable ampliamente aprovechada en la región amazónica peruana por la calidad y demanda de su madera.

Si bien actualmente *C. cateniformis* no se encuentra incluida en la lista oficial de especies amenazadas del Perú, su explotación comercial continua y la creciente presión antrópica podrían comprometer la sostenibilidad de sus poblaciones naturales si no se dispone de información técnica suficiente sobre su regeneración natural. La ausencia de estudios específicos en bosques de tierra firme del Fundo El Bosque limita la comprensión de la dinámica poblacional de la especie y dificulta la planificación de estrategias de manejo forestal sostenible.

En la región Madre de Dios, actividades como el aprovechamiento forestal selectivo, la expansión agrícola y la influencia de la infraestructura vial generan alteraciones en la estructura del bosque, afectando procesos ecológicos fundamentales como la regeneración natural. Estas perturbaciones pueden modificar la disponibilidad de luz, las condiciones microambientales y la interacción con factores bióticos como la herbivoría, influyendo directamente en el establecimiento y crecimiento de los individuos regenerantes.

En este contexto, resulta necesario evaluar la regeneración natural de *C. cateniformis* en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD, con el propósito de generar información científica que permita comprender su estructura y distribución, y que contribuya a la toma de decisiones orientadas al manejo sostenible y conservación de la especie en la región Madre de Dios.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la regeneración natural poblacional de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del fundo El Bosque-UNAMAD, Las Piedras – Madre de Dios?

### **1.2.2. Problemas específicos**

P.E.1 ¿Cómo se caracteriza la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?

P.E.2 ¿Cuáles son las diferencias y similitudes de la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?

P.E.3 ¿Cómo influyen las variables ambientales de: luz y la variable biológica herbivoría sobre la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Caracterizar la regeneración natural poblacional de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD, Las Piedras – Madre de Dios.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

O.E.1. Caracterizar la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

O.E.2. Analizar comparativamente la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

O.E.3. Determinar la influencia de la variable ambiental de luz y biológica de herbivoría sobre la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

## **1.4. Variables**

### **1.4.1. Variables dependientes**

- Estructura vertical y horizontal de la regeneración natural.
- Regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.
- Abundancia de la regeneración natural.
- Categoría o tipo de regeneración natural.
- Crecimiento de la regeneración natural (altura y diámetro).

### **1.4.2. Variables independientes**

- Herbivoría.
- Disponibilidad de luz.

## 1.5. Operaciones de variables

La operación de variables para el presente estudio se muestra en la tabla 1

**Tabla 1.** Operacionalización de variables.

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>Variable independiente:</b> Factores bióticos y abióticos				
Conjunto de condiciones biológicas y ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de las especies forestales en un ecosistema.	Se evaluará mediante la observación directa de la herbivoría y la estimación de la disponibilidad de luz en individuos de regeneración natural de <i>C. cateniformis</i> en el bosque de tierra firme.	<b>D1:</b> Factor biótico (herbivoría)	Grado de daño foliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa de hoja dañada.</li> <li>• Registro visual del daño foliar en cada individuo.</li> </ul>
		<b>D2:</b> Factor abiótico (luz)	Nivel de iluminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación de la incidencia de la luz sobre la copa.</li> <li>• Clasificación visual de iluminación.</li> </ul>
<b>Variable dependiente:</b> Regeneración natural poblacional de <i>C. cateniformis</i>				
Proceso natural mediante el cual una especie forestal se establece y mantiene en el	Se evaluará mediante el conteo y clasificación de individuos de <i>C. cateniformis</i> en	<b>D1:</b> Estructura poblacional	Número de individuos por categoría	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conteo de Plántulas</li> <li>• Conteo de brinzales</li> <li>• Conteo de latizales</li> </ul>

bosque sin intervención humana directa.	diferentes categorías de regeneración dentro de parcelas establecidas en el bosque de tierra firme.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conteo de fustales</li> <li>• Conteo de individuos adultos</li> </ul>
		<b>D2: Crecimiento</b>	Altura y diámetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de la altura del individuo</li> <li>• Medición del diámetro del individuo</li> </ul>

## 1.6. Hipótesis

Las poblaciones naturales de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD presentan una regeneración natural activa, caracterizada por una estructura poblacional con predominio de categorías juveniles y comportamiento similar al observado en bosques con bajo impacto antrópico en la región Madre de Dios.

## 1.7. Justificación

La regeneración natural constituye un componente fundamental en la dinámica ecológica de los bosques, ya que desempeña un rol clave en la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento del germoplasma y la persistencia de las poblaciones forestales a lo largo del tiempo. Asimismo, representa uno de los principales indicadores para evaluar la sostenibilidad del aprovechamiento forestal, especialmente en contextos de uso intensivo de recursos maderables por parte de las poblaciones locales.

El estudio de la regeneración natural permite comprender los procesos de reemplazo generacional y la capacidad de recuperación de las especies forestales frente a disturbios naturales o antrópicos, aportando información relevante para la planificación del manejo forestal sostenible. En este sentido,

la evaluación de la estructura y dinámica de la regeneración natural resulta necesaria para garantizar la continuidad de especies de interés ecológico y económico.

Diversos estudios han demostrado que la regeneración natural de los bosques está influenciada por factores bióticos y abióticos (Augspurger, 1984; Ortiz, 1991). Entre los factores bióticos, la depredación de semillas y plántulas adquiere especial relevancia desde una perspectiva ecológica y evolutiva, debido a su efecto sobre la distribución espacial de los individuos, el éxito reproductivo y la diversidad de las comunidades forestales (Tabarelli & Mantovani, 1996).

En este contexto, el análisis de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke en un bosque de tierra firme adquiere especial importancia, ya que permite identificar los factores que condicionan su establecimiento y desarrollo en etapas tempranas. La información generada contribuirá a fortalecer el conocimiento científico sobre la especie y servirá como base técnica para la formulación de estrategias de manejo, conservación y aprovechamiento sostenible en la región Madre de Dios.

### **1.8. Consideraciones éticas**

El presente estudio se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica y las disposiciones institucionales establecidas por la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). El trabajo de campo se realizó en el Fundo El Bosque con la autorización correspondiente, garantizando el uso responsable del área de estudio.

La investigación tuvo carácter observacional, sin implicar la manipulación experimental de los individuos evaluados ni la alteración significativa del ecosistema. El registro de datos se efectuó mediante mediciones no destructivas, procurando minimizar cualquier impacto sobre la regeneración natural y el entorno forestal.

Asimismo, se respetaron los principios de integridad académica, asegurando la correcta citación de las fuentes bibliográficas utilizadas y la veracidad de la

información presentada. Los resultados obtenidos fueron reportados de manera objetiva, sin alteración o manipulación de los datos recolectados.

El estudio se enmarca dentro de los criterios de responsabilidad ambiental y científica, contribuyendo al conocimiento de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke en bosques de tierra firme, sin generar impactos negativos significativos sobre el ecosistema evaluado.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Maruyama (1987) describe que *C. cateniformis* presenta una tolerancia temporal a la sombra durante las primeras etapas de desarrollo; sin embargo, conforme avanza su crecimiento, requiere mayores niveles de iluminación para sostener su desarrollo estructural. Esta característica le permite establecerse bajo dosel cerrado y responder rápidamente ante la apertura de claros.

Lamprecht (1990) señala que la estructura poblacional de los bosques tropicales naturales suele presentar una distribución diamétrica en forma de “J” invertida, caracterizada por una alta densidad de individuos en clases jóvenes y una disminución progresiva hacia categorías superiores. Este patrón es considerado un indicador de regeneración continua y estabilidad dinámica del bosque, siempre que el reclutamiento supere las tasas de mortalidad natural.

Howe (1990) indica que la herbivoría constituye uno de los principales factores limitantes para la supervivencia y crecimiento de plántulas y brinzales, debido a la reducción del área foliar y, por ende, de la capacidad fotosintética.

Finegan (1996) indica que la regeneración natural de especies forestales tropicales está fuertemente influenciada por la heterogeneidad ambiental generada por la apertura del dosel, la competencia intra e interespecífica y la historia de disturbios. En este contexto, las especies heliófitas muestran respuestas diferenciales de crecimiento según la disponibilidad de luz y las condiciones microambientales.

Coley y Barone (1996) explican que las especies de rápido crecimiento suelen priorizar la asignación de recursos al crecimiento vertical en detrimento de las defensas químicas, lo que incrementa su susceptibilidad al daño por herbívoros.

Wadsworth (2000) clasifica a *C. cateniformis* como una especie heliófita durable, capaz de mantenerse en estado de latencia bajo condiciones de baja iluminación y aprovechar eficientemente los disturbios que incrementan la entrada de luz al sotobosque, favoreciendo su crecimiento en altura y diámetro.

Barone y Coley (2002) añaden que la incidencia de herbivoría suele ser mayor en áreas abiertas o cercanas a claros, donde los individuos juveniles son más fácilmente detectados por insectos herbívoros, lo que incrementa la presión biótica sobre la regeneración natural.

Morales (2018) desarrolló un estudio en el cantón Joya de los Sachas con el objetivo de caracterizar variables dasométricas y fenotípicas foliares de quince procedencias de *C. cateniformis*. Mediante un diseño de bloques completos al azar, se evaluaron variables como diámetro a la altura del cuello, altura total, área foliar, calidad del suelo y condiciones climáticas durante los primeros seis meses posteriores a la plantación. Los resultados indicaron que la procedencia Bolívar García presentó el mayor valor de diámetro, mientras que la procedencia Olga Ramírez destacó en altura. No se encontraron diferencias significativas en el área foliar. El autor concluye que el período de evaluación fue insuficiente para determinar las mejores procedencias, recomendando evaluaciones de largo plazo.

Durand (2022) realizó un estudio experimental en Las Joyas de los Sachas, con el objetivo de evaluar la germinación y el crecimiento de *C. cateniformis* bajo diferentes condiciones de preparación de semillas, tipos de sustrato, métodos de desinfección y niveles de sombra. El diseño experimental correspondió a un arreglo factorial de cuatro factores con tres niveles cada uno: tipo de semilla, tipo de sustrato, método de desinfección y nivel de sombra. Se evaluaron variables como porcentaje de germinación, altura de

plántulas, diámetro a la altura del cuello, número de hojas verdaderas, longitud de raíces y biomasa fresca y seca. Los resultados mostraron una germinación máxima de 80.56 % con la combinación A2B3C2D3, mientras que el mayor crecimiento en altura se obtuvo con la combinación A2B3C3D3. El autor concluye que la predicción del método Taguchi resulta adecuada para optimizar la germinación, recomendando evitar semillas escarificadas debido a su alta susceptibilidad al daño.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales y regionales**

Vidaurre (1997) realizó un estudio en conjunto con el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, sobre el balance de experiencias silviculturales con *C. cateniformis* (Tornillo) en la región de Pucallpa donde llegaron a las siguientes conclusiones, se encontraron efectos altamente significativos en las interacciones entre el sistema de regeneración, tipos de suelo y tipos de fisiografía, lo que indica que estos factores influyen de manera importante en el desarrollo de la especie. *C. cateniformis* es una especie gregaria, lo que significa que crece bien en plantaciones masivas a campo abierto, favoreciendo su desarrollo cuando se establece en grupos densos. Se observó que las poblaciones de regeneración natural presentaron mejores tasas de crecimiento en comparación con las plantaciones artificiales, lo que resalta la importancia de la regeneración natural como una estrategia más eficiente para el manejo de la especie, también es una planta heliofita, lo que significa que requiere una alta cantidad de luz para su crecimiento. Esto se refleja en la relación entre la forma de copa, la iluminación de la copa y la forma del fuste, destacando la importancia de la luz para su desarrollo estructural. En resumen, el estudio subraya la importancia de considerar factores como el sistema de regeneración, el tipo de suelo, y la fisiografía para mejorar las tasas de crecimiento de *C. cateniformis*. También resalta que la regeneración natural tiene ventajas sobre las plantaciones y que la especie prospera mejor en condiciones de alta luz y en sistemas de crecimiento gregario.

López (2000) señala que estudios silviculturales realizados sobre el Tornillo (*C. cateniformis*) concluyen que esta especie es dominante en bosques

húmedos y muy húmedos, creciendo en altitudes de hasta 2 540 m y alcanzando diámetros a la altura del pecho (DAP) de entre 60 y 150 cm. Además, se identificó al Tornillo como una especie cosmopolita, lo que indica que presenta un buen comportamiento en distintos tipos de doseles, ya sean densos, puros o heterogéneos. Debido a estas características, se recomienda su uso en programas de repoblación forestal, especialmente en áreas con impactos significativos, gracias a su adaptabilidad y capacidad para integrarse a diferentes contextos forestales.

Vidaurre et al. (1999) el estudio que realizaron los efectos del suelo, luz y fisiografía en el crecimiento de la regeneración natural y artificial de *C. cateniformis* llegó a las siguientes conclusiones, Influencia del suelo y la luz en la intensidad de luz que recibe la planta como el tipo de suelo en el que se establece la regeneración tienen una gran influencia en el crecimiento inicial de la especie, el suelo es el factor primordial durante los primeros 15 días hasta el tercer mes, ya que durante este período, las plántulas pueden sobrevivir con la luz limitada que ingresa en un bosque primario, a partir del segundo al tercer mes, los brinzales requieren mayor cantidad de luz para su desarrollo y para poder competir eficazmente en su entorno. Necesidad de mayor luz a medida que crece ya que los brinzales crecen, su necesidad de luz aumenta, lo que resalta la importancia de factores como el dosel forestal y la intensidad lumínica en los primeros meses de su desarrollo. En importancia económica se destacó la relevancia de realizar más estudios y trabajos con *C. cateniformis* debido a su alto valor tanto en el mercado nacional como internacional, lo que subraya su potencial para ser una especie clave en proyectos de manejo forestal sostenible.

Aguirre et al. (2010) realizó un estudio que consistió en evaluar la regeneración natural de dos especies forestales maderables en claros generados por el aprovechamiento de *C. cateniformis* (tornillo) y *Schizolobium sp.* (pashaco), selecciono al azar 10 parcelas, en las cuales se registraron dimensiones del diámetro a altura normal y altura total, características del fuste, forma de la copa y se clasifico en sustratos, de cada unidad de regeneración natural. Se identificaron 112 individuos, siendo *Schizolobium sp.*

la especie más abundante (64.3 %), seguida de *C. cateniformis* (35.7 %). En la clasificación diamétrica, *Schizolobium sp.* presentó mayor presencia en las categorías de latizales bajos, mientras que *C. cateniformis* predominó en brinzales. Respecto a las características del fuste y la forma de copa, ambas especies mostraron mayor frecuencia en las categorías consideradas favorables, aunque *Schizolobium sp.* evidenció una distribución más equilibrada hacia clases de desarrollo superiores. Asimismo, identificaron relaciones significativas entre el número de parcelas y variables como la altura de brinzal, la presencia de latizal bajo y alto, así como densidad de individuos en la categoría de fustales, lo que resalta es la importancia de considerar factores ambientales y manejo forestal en la promoción de su regeneración natural. No se encontraron diferencias significativas en la distribución de ambas especies entre terraza alta y media, lo que sugiere condiciones similares para su regeneración. Los resultados aportan información relevante para la gestión y conservación sostenible de estas especies en bosques manejados.

Paucar (2011) el estudio que realizó se desarrolló en un bosque intervenido de la comunidad nativa Catungo Quimpiri, ubicada en el distrito de Río Tambo, y tuvo como finalidad describir y analizar la regeneración natural de *C. cateniformis* en tres pisos altitudinales comprendidos entre 750 y 1 200 m s. n. m. Para alcanzar este propósito, se aplicó un muestreo estratificado al azar con asignación proporcional, utilizando una intensidad de muestreo del 0.2 % sobre un área total de 10 000 m<sup>2</sup>, con la finalidad de categorizar y comparar en los tres pisos altitudinales la existencia de regeneración natural de *C. cateniformis*, el número de individuos presentes y se evaluaron variables dasométricas como altura y diámetro en los tres tipos de estratos. Los resultados de la regeneración natural en mayor proporción es de la categoría brinzal con 95.53 %, seguido por latizales con 2.91 % y fustales con 1.57 %, en los pisos altitudinales, el estrato medio tuvo la mayor cantidad de regeneración natural con el 67.34 %, seguido del estrato bajo con 20.58 % y del estrato alto con 12.08 %. La media poblacional de altura de la categoría brinzal es de 0.857 m, la mínima es de 0.28 m y su máxima de 5.20 m, en los latizales alcanzaron una media de 4.56 m, siendo el máximo de 6.0 m y el

mínimo de 2.0 m, la categoría fustal su media fue 19.00 m y el máximo de 22.00 m; asimismo, la mayor frecuencia diamétrica se concentró en las clases inferiores, asociadas principalmente a individuos jóvenes.

Pinedo (2015) Realizo un estudio en tres plantaciones de *C. cateniformis* Ducke de 15, 35 y 43 años, ubicadas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR)-Puerto Almendra en la ciudad de Iquitos, con el propósito de estimar la biomasa, el contenido de carbono y la capacidad de secuestro de CO<sub>2</sub>, para el inventario forestal se establecieron parcelas de muestreo de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m) en cada una de las tres plantaciones. La biomasa total se determinó mediante el método indirecto empleando el modelo alométrico de Higuchi y Carvalho (1994) para bosques tropicales húmedos, El contenido de carbono se obtuvo multiplicando la biomasa por el factor de 0.5 y el secuestro de CO<sub>2</sub> se determinó multiplicando el contenido de carbono por el factor de 3.67. Los resultados que obtuvo en plantaciones de 15 años en biomasa fueron de 244.43 T/ha, contenido de carbono de 122.21 TC/ha y secuestro de CO<sub>2</sub> 448.11 TCO<sub>2</sub>/ha, para la plantación de 35 años en biomasa de 921.18 T/ha, contenido de carbono de 460.59 TC/ha y secuestro de CO<sub>2</sub> 1 690.37 TCO<sub>2</sub>/ha, y para la plantación de 43 años, biomasa de 700.89 T/ha, contenido de carbono de 350.44 TC/ha y secuestro de CO<sub>2</sub> de 1 284.96 TCO<sub>2</sub>/ha, estos resultados resaltan la importancia de esta especie en plantaciones forestales orientadas a la mitigación del cambio climático, destacando su potencial como alternativa para estrategias de manejo forestal sostenible y programas de captura de carbono.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Característica e identificación botánica de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Subclase: Magnoliidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Cedrelinga*

Especie: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

El árbol de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke conocido como tornillo (Figura 1) proviene del bosque tropical de Sudamérica (Amazonía peruana, brasileña, colombiana, ecuatoriana y surinamense) (Campos, 2009). Esta especie se desarrolla de manera natural desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1 500 m s. n. m., en condiciones climáticas que varían entre subtropicales y tropicales. Asimismo, se adapta a condiciones ambientales que van desde zonas secas hasta áreas muy húmedas, con rangos de temperatura que oscilan entre 23 °C y 38 °C. En cuanto a la precipitación, el tornillo tolera elevados niveles de lluvia, registrándose valores anuales que fluctúan entre 2 500 y 3 800 mm, lo que favorece su crecimiento y distribución en ecosistemas amazónicos (Baluarte & Álvarez, 2015).



**Figura 1.** Árboles de tornillo (*C. cateniformis*) de la región de Madre de Dios.

*C. cateniformis* es un árbol grande y robusto que forma parte del estrato superior de los bosques. Algunas de sus principales características son: su altura total varía entre 25 a 50 metros, el fuste: es recto y cilíndrico, con un tronco que es generalmente recto, lo que lo hace ideal para la explotación maderera, raíces: tablares, características de los árboles que crecen en suelos húmedos o suelos con condiciones específicas de drenaje, la corteza es fisurada y aragosa, con grietas longitudinales y profundas, el color varía de pardo oscuro en árboles maduros a más claros en árboles jóvenes, la corteza tiene un grosor de 2 a 3 cm, la ramificación es amplia, aunque no es especialmente densa, especialmente en árboles adultos. Esto significa que la copa del árbol no está completamente cerrada y tiene áreas abiertas, la copa es globosa e irregular, con una estructura menos compacta en árboles maduros. Esta descripción es acorde con el estudio de López (2000) y destaca las características botánicas de la especie, las cuales pueden influir en su adaptabilidad y en su aprovechamiento tanto ecológico como comercial

### **2.2.2. Estructura poblacional de especies forestales**

El análisis poblacional constituye un pilar fundamental para comprender la dinámica de las comunidades y los procesos de sucesión ecológica. Forma parte de los procesos ecológicos que ocurren en los bosques y representa un

elemento clave que influye en la disponibilidad de recursos y en la configuración física de los hábitats de la mayoría de las especies forestales.

Las características estructurales, tales como la densidad, la disposición espacial y la organización de los individuos, permiten caracterizar las poblaciones forestales y aportan información relevante para la valoración de la composición de las comunidades, los patrones de regeneración natural y la diversidad (González et al., 2013; Rawat et al., 2018).

### **2.2.3. La regeneración natural en el trópico**

El reclutamiento exitoso de semillas en bosques neotropicales es un proceso complejo que involucra varias etapas, y cada una de ellas puede verse afectada por distintos factores bióticos y abióticos. La disponibilidad de polen y los recursos de los árboles maternos son esenciales para la producción de semillas; sin embargo, esta producción puede verse limitada si no existe suficiente polen o nutrientes disponibles. Además, la dispersión de semillas también puede verse restringida por factores como la densidad o la distribución de árboles frutales, lo que influye directamente en la capacidad de las semillas para llegar a sitios adecuados para germinar.

Una vez dispersadas, las semillas enfrentan la etapa crítica de establecimiento en el suelo. La mortalidad de las semillas puede ser causada por diversos factores, tales como depredadores de semillas, herbívoros o condiciones abióticas no favorables, como la falta de agua, nutrientes o luz. Estos factores pueden limitar la cantidad de semillas que logran germinar y crecer hasta convertirse en plántulas.

Asimismo, la explotación forestal selectiva puede afectar significativamente este proceso. Las prácticas silvícolas pueden alterar las condiciones en cada etapa de la dinámica del bosque, desde la polinización hasta el establecimiento de las plántulas. La selectividad en la tala de árboles puede modificar la disponibilidad de recursos, alterar la estructura del dosel y cambiar la cantidad de luz que llega al suelo, lo cual afecta tanto la dispersión de semillas como la supervivencia de las plántulas.

Por lo tanto, resulta fundamental investigar cómo las prácticas silvícolas influyen en cada una de estas etapas, ya que ello permitirá una mejor comprensión de la dinámica del bosque y facilitará la implementación de prácticas de manejo sostenible que favorezcan la regeneración natural y la conservación de la biodiversidad en los bosques neotropicales. Como mencionan Harms & Paine (2003), comprender el impacto de estas prácticas es crucial para garantizar el reclutamiento exitoso y la sostenibilidad de los ecosistemas forestales.

#### **2.2.4. Categoría de regeneración natural**

**Plántula:** Planta de tamaño pequeño proveniente de la regeneración natural o producida en vivero (Del Águila, 2012).

**Brinzal:** Corresponde a los individuos juveniles cuya altura es superior a 0,30 m e inferior o igual a 1,50 m; en esta etapa la regeneración natural se encuentra establecida en el sotobosque y comienza a consolidar su crecimiento (Villegas et al., 2014).

**Latizal:** Etapa de desarrollo de un rodal, donde se intensifica la poda natural y los árboles alcanzan su máximo crecimiento en altura. Dentro de esta etapa, se distinguen dos subcategorías: latizal bajo, los individuos alcanzan entre 8 y 15 m de altura y diámetros de 10 a 20 cm y latizal alto donde presentan alturas promedio de 15 a 20 m y diámetros entre 20 y 30 cm. En esta fase, se inicia la diferenciación de copas, definiendo los futuros árboles dominantes, codominantes y subordinados en el dosel (Caballero, 2007).

**Fustal:** Etapa de desarrollo que describe corresponde a la fase de madurez o culminación del crecimiento en altura. En esta etapa, los árboles alcanzan su máximo desarrollo vertical, con alturas superiores a los 20 metros y diámetros que oscilan entre 30 y 50 cm. En esta fase la poda natural finaliza, dejando los fustes limpios y adecuados para usos maderables de alta calidad (Caballero, 2007).

### 2.3. Definición de términos

1. **Brinzal:** Árbol en etapa juvenil cuya altura oscila entre 30 cm y 1.5 m (Villegas et al., 2014).
2. **Iluminación de la copa:** Parámetro que describe la posición de la copa de un árbol en relación con su exposición a la luz solarlo y que permite determinar la estructura del bosque y la posición relativa de las especies dentro del mismo. Según este criterio, los árboles se clasifican en, emergentes, dominantes codominantes, intermedios y suprimidos, esta clasificación ayuda a interpretar las dinámicas de competencia y el desarrollo de los árboles en diferentes estratos del bosque (Dawkins, 1958 citado por Mostacedo & Fredericksen, 2000).
3. **Especie taxonómica:** Unidad básica de la clasificación biológica formal, es una categoría universal reconocida en todas las formas de vida, de acuerdo con los códigos de nomenclatura botánica y zoológica, estos códigos establecen su posición en la jerarquía taxonómica; en botánica, la jerarquía ascendente comprende forma, variedad, subespecie, especie, sección, subgénero y género (Grant, 1989).
4. **Estado de crecimiento del individuo:** Este concepto se refiere al estado vegetativo o etapa de desarrollo del individuo dentro de un ecosistema forestal. Esta clasificación está basada en parámetros como la altura y el diámetro del tronco (DAP), clasificándose comúnmente en: plantón o brinzal, juvenil, adulto, muerto natural y muerto cortado (FAO, 2009).
5. **Regeneración natural:** Conjunto de individuos desde plantas con una altura mínima de 0.30 m hasta árboles con un DAP (diámetro a la altura del pecho) de 39.9 cm. Estos individuos representan el potencial de reemplazo del bosque, al permitir la recuperación del ecosistema después de intervenciones como el aprovechamiento forestal. La evaluación de la regeneración natural permite conocer la capacidad del bosque para mantenerse y conservar su composición florística a lo largo del tiempo (Zevallos et al., 1984).

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

### **3.1. Tipo de estudio**

La presente investigación se desarrollará con un enfoque descriptivo y correlacional, incorporando datos cualitativos y cuantitativos. Según su finalidad, el estudio se enmarcará dentro de la investigación básica y, según su alcance temporal, será de tipo transversal, ya que la recolección de datos se realizará en un único momento (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

### **3.2. Diseño de estudio**

El diseño de la investigación será de tipo no experimental, debido a que las variables no serán manipuladas y los fenómenos se observarán sin intervenir en su dinámica (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

### **3.3. Población y muestra**

La población de estudio estará conformada por los árboles parentales de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke identificados dentro del área de estudio en el Fundo El Bosque–UNAMAD, los cuales constituirán el universo de referencia para la instalación de las unidades de muestreo.

La muestra estará constituida por los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* registrados dentro de las parcelas circulares establecidas alrededor de los árboles parentales identificados.

La selección de los árboles parentales se realizará considerando características fenotípicas adecuadas y su presencia dentro del área de estudio. Las parcelas se establecerán en áreas representativas del bosque de tierra firme, garantizando la observación directa y el registro de la regeneración natural.

### **3.3.1. Muestreo**

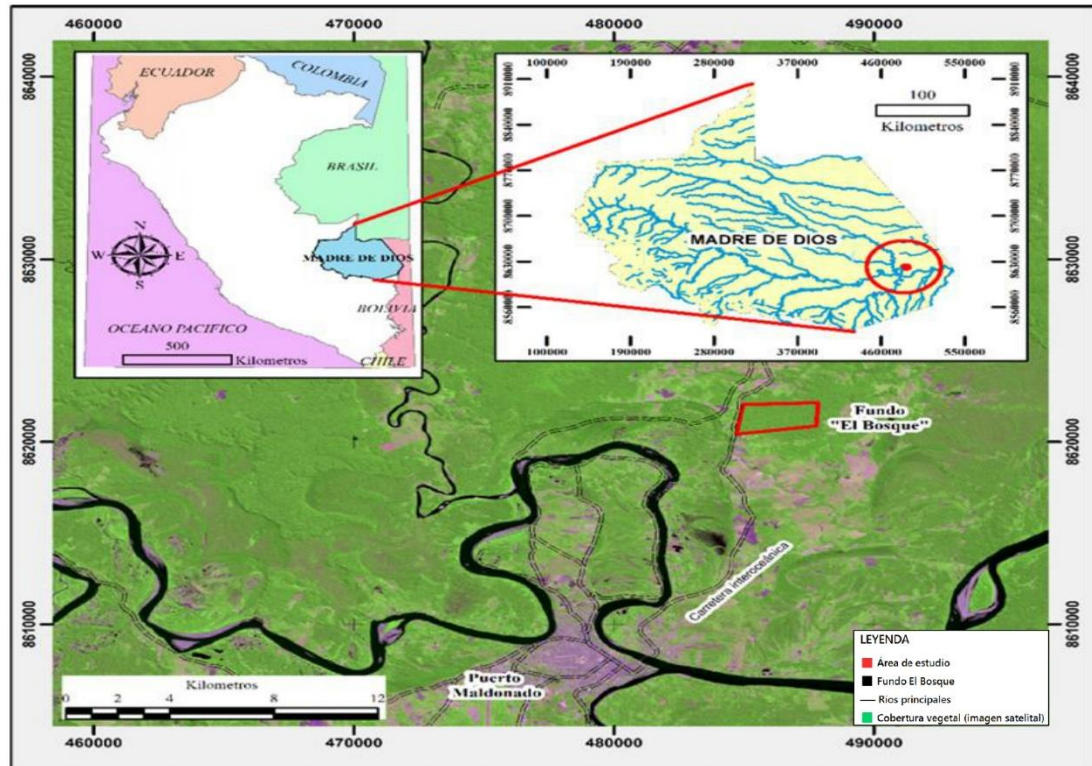
En la investigación se empleará un muestreo no probabilístico, mediante el cual se registrarán los individuos de regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke presentes dentro de las parcelas circulares establecidas alrededor de los árboles parentales identificados en el área de estudio. Este tipo de muestreo será adecuado, ya que el objetivo principal consistirá en caracterizar y evaluar la regeneración natural de la especie.

## **3.4. Métodos y técnicas**

### **3.4.1. Lugar de estudio**

La investigación se llevará a cabo en la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, cercano a la localidad de Loboyoc, distrito Las Piedras, ubicado en la Amazonia sur del Perú (Figura 2). El área de estudio presenta dos estaciones bien definidas: la estación húmeda, que se extiende de noviembre a abril y se caracteriza por fuertes precipitaciones acompañadas de temperaturas elevadas; y la estación seca, que va de mayo a octubre, periodo en el cual se registra una marcada disminución de las lluvias y temperaturas relativamente más frescas.

El promedio anual de precipitaciones varía entre 1 500 y 2 500 mm, lo que favorece el desarrollo de bosques tropicales húmedos y condiciona los procesos ecológicos, entre ellos la regeneración natural de las especies forestales.



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio en el Fundo El Bosque – UNAMAD, distrito de Las Piedras, región Madre de Dios.

### 3.4.2. Diseño de muestra y caracterización estructural de la regeneración natural

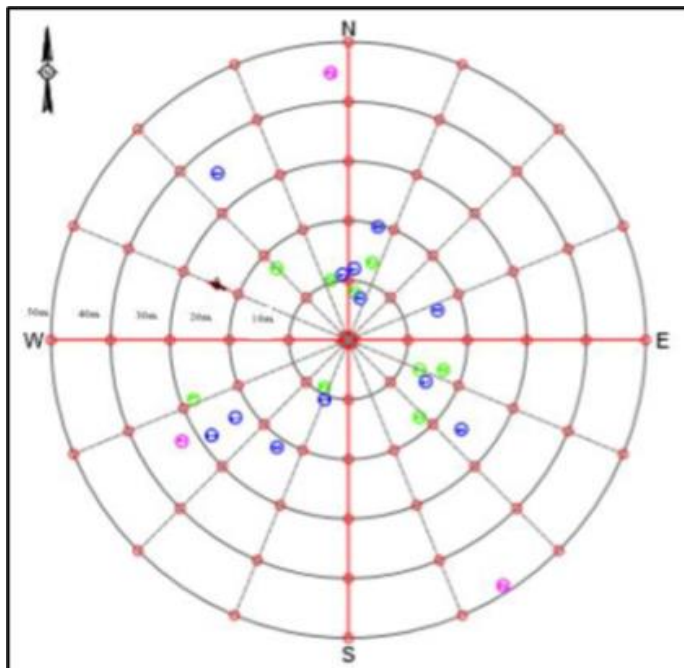
Las unidades de muestreo se establecerán en áreas donde se registre la presencia de regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en bosques de tierra firme (terrazas altas). La selección de estas áreas permitirá evaluar la regeneración natural bajo condiciones ecológicas relativamente homogéneas, reduciendo la influencia de factores ambientales externos.

Para la elección de los árboles semilleros se tomará como referencia un estudio previo realizado en el Fundo El Bosque – UNAMAD, donde se identificó la existencia de al menos 10 árboles con diámetros a la altura del pecho (DAP) comprendidos entre 55 y 160 cm. En campo se verificará que los individuos seleccionados cumplan con criterios silviculturales y fitosanitarios adecuados, tales como buena calidad de fuste, forma de copa cercana a un círculo completo, adecuada iluminación de la copa y estado sanitario sano.

Asimismo, se considerará un radio mínimo de 100 m entre árboles semilleros de la misma especie, con la finalidad de reducir la influencia de fuentes externas de semillas.

Se delimitarán parcelas circulares con una superficie de 7 854 m<sup>2</sup> y un radio de 50 m, teniendo como punto central el árbol semillero. Este diseño permitirá registrar la regeneración natural en función de la proximidad al árbol parental y analizar su patrón de distribución espacial.

Una vez establecidas las parcelas, se trazarán círculos concéntricos cada 10 m a partir del centro, lo que facilitará el registro de la distancia de dispersión de los individuos regenerantes. El diseño empleado para el levantamiento de información se presenta en la Figura 3, de acuerdo con el esquema propuesto por Gonzales (2020).



**Figura 3.** *Diseño de la parcela circular para el levantamiento de datos (Gonzales 2020).*

Para la caracterización estructural, los individuos registrados se clasificarán en categorías de regeneración, considerando criterios dendrométricos específicos:

**Plántula:** Individuo con altura inferior a 0.30 m (Zevallos, 1984).

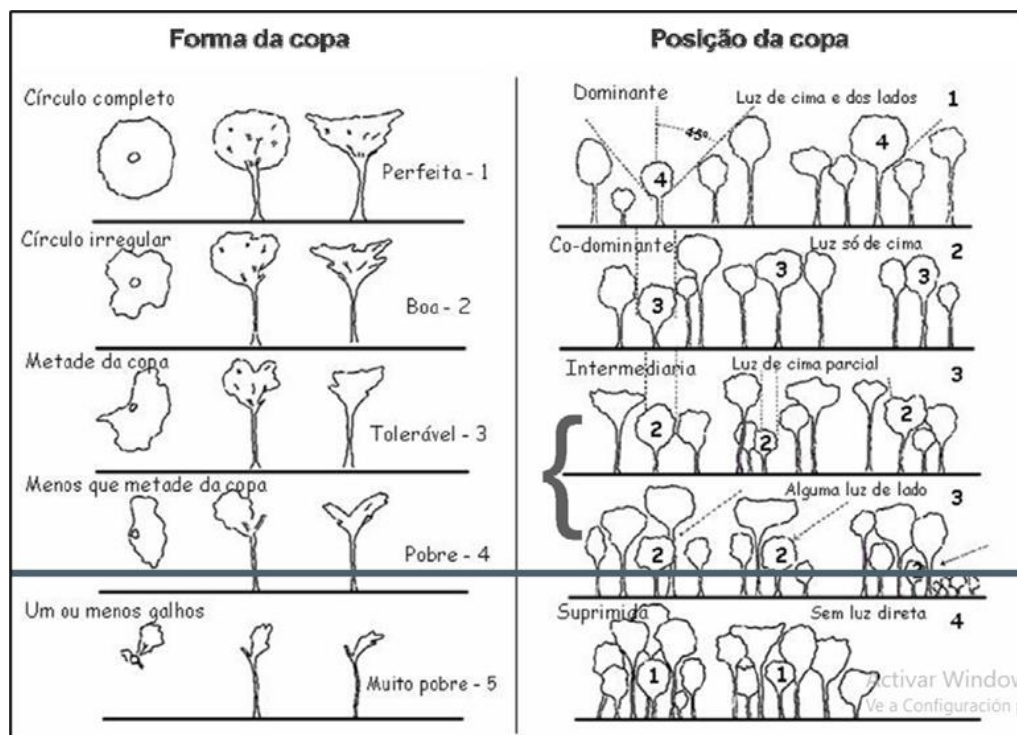
**Brinzal:** Individuos con altura superior a 0.30 m e inferior o igual a 1.50 m, cuya medición corresponderá al diámetro a la altura del suelo (Zevallos, 1984).

**Latizal:** Individuos con altura superior a 1.50 m y DAP inferior a 10 cm (Louman et al., 2001).

**Fustal:** Individuos con DAP mayor o igual a 10 cm y menor a 50 cm, evaluándose también la posición y forma de la copa (Synnott, 1979).

**Adulto:** Individuos con DAP mayor o igual a 50 cm, coincidente con el Diámetro Mínimo de Corta (Malleux, 1982).

La ubicación espacial de los individuos será registrada mediante mapeo dentro de cada parcela, permitiendo describir su distribución. El esquema utilizado para clasificar la forma y posición de la copa se presenta en la Figura 4.



**Figura 4.** Esquema utilizado para clasificar la forma y posición de la corona de castaños (adaptado de Synnott, 1979).

### **3.4.3. Evaluación de variables ecológicas y análisis comparativo**

Con la finalidad de examinar los factores asociados a la regeneración natural, se evaluarán variables ecológicas como la disponibilidad de luz y la herbivoría en los individuos registrados.

La disponibilidad de luz será determinada según el nivel de iluminación que reciba cada individuo dentro de la parcela. La herbivoría será evaluada mediante la observación directa del daño foliar visible, registrando el grado de afectación.

El procesamiento de los datos se realizará mediante estadística descriptiva, considerando el número de individuos por categoría, proporciones y medidas de tendencia central. Para el análisis comparativo se aplicará previamente la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Dependiendo del comportamiento de los datos, se emplearán pruebas paramétricas (ANOVA) o no paramétricas (Kruskal-Wallis).

Asimismo, se aplicarán análisis de correlación y regresión lineal simple y múltiple con el propósito de identificar posibles relaciones entre las variables ecológicas evaluadas y el crecimiento en altura y diámetro de los individuos regenerantes.

## **3.5. Tratamiento de datos**

### **3.5.1. Análisis de datos**

El análisis de los datos se realizará de acuerdo con los objetivos de la investigación, empleando bases de datos, matrices, métodos comparativos y ecuaciones matemáticas, complementados con herramientas estadísticas. El procesamiento y análisis estadístico se efectuarán utilizando el software R (R Core Team, 2023), lo que permitirá garantizar la precisión, reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

### **3.5.2. Caracterización de regeneración natural**

Para cumplir con este objetivo, se realizará el levantamiento de información considerando parámetros estructurales, tales como altura y diámetro de los

individuos clasificados en las categorías de plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto. Asimismo, se registrará la abundancia de cada categoría a partir del número total de individuos presentes en las parcelas evaluadas.

Los datos serán recopilados y organizados en una base de datos utilizando el programa Microsoft Excel, estructurando la información de manera que facilite la interpretación de los resultados y permita un análisis estadístico eficiente y confiable, en concordancia con los objetivos de la investigación.

### 3.5.3. Análisis comparativo de la regeneración natural

Para analizar la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, se emplearon los datos de estructura y población, considerando el número de individuos, sus proporciones, abundancias, alturas y diámetros por categoría (plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto). Previamente, se evaluará la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cuya fórmula se expresa como:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde  $x_i$  representa los valores ordenados de la muestra,  $\bar{x}$  la media muestral y  $a_i$  constantes calculadas a partir de la varianza y covarianza de una distribución normal, lo que permitirá determinar si los análisis posteriores requerirán pruebas paramétricas o no paramétricas.

Cuando los datos cumplan con los supuestos de normalidad, se aplicará el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias entre grupos, utilizando la estadística:

$$F = \frac{CM_{\text{tratamiento}}}{CM_{\text{error}}}$$

En aquellos casos en que los datos no sigan una distribución normal, se utilizará la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, cuya estadística se expresa como:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Donde  $R_i$  corresponde a la suma del grupo  $i$  y  $n_i$  al tamaño de muestra de cada grupo, permitiendo comparar medianas sin asumir normalidad.

Complementariamente, se emplearán estadísticos descriptivos como promedio, desviación estándar, varianza, así como los valores mínimo y máximo, para caracterizar la estructura poblacional y los patrones de distribución de los individuos. Además, se registrará la posición espacial de los fustales y adultos mediante coordenadas X y Y dentro de las parcelas, permitiendo analizar su distribución espacial. Este enfoque integrado asegura un análisis detallado, facilitando la interpretación de la dinámica poblacional y los factores que influyen en la regeneración y sostenibilidad de los bosques evaluados (Synnott, 1979; Zevallos et al., 1984).

#### **3.5.4. Relación entre la regeneración natural y factores bióticos y abióticos**

Se analizará la relación entre la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke y dos variables clave: una abiótica, la luminosidad, determinada por la intensidad de luz solar que recibe cada plántula mediante el uso de un data logger; y una biótica, la herbivoría, medida como el porcentaje del área foliar consumida por herbívoros, incluyendo insectos y otros artrópodos.

Para determinar la influencia de estas variables sobre la regeneración natural, se aplicarán análisis estadísticos de correlación utilizando el coeficiente de Pearson, definido como:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Lo que permitirá determinar la fuerza y dirección de la relación entre la regeneración natural y los factores evaluados.

Asimismo, se utilizará regresión lineal simple, representada por el modelo:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

para evaluar el efecto individual de la luminosidad o la herbivoría sobre las variables estructurales de crecimiento (altura y diámetro). Finalmente, se aplicará regresión lineal múltiple, expresada como:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon$$

con el objetivo de analizar el efecto conjunto de ambos factores sobre la regeneración natural y determinar cuál de ellos ejercerá mayor influencia en el establecimiento y desarrollo de los individuos dentro de las parcelas evaluadas.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización de la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

En el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD se evaluaron 205 individuos de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, distribuidos en cinco categorías de regeneración natural: plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto. La mayor proporción correspondió a los brinzales, con 102 individuos (49.8 %), seguidos por las plántulas con 70 individuos (34.1 %), latizales, 16 individuos (7.8 %), fustales, 15 individuos (7.3 %) y adultos, 2 individuos (1.0 %), evidenciando el predominio de las etapas juveniles y un ciclo de regeneración activo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Distribución de individuos de *C. cateniformis* por categoría de regeneración

Categoría	Número de individuos	Porcentaje (%)
Plántula	70	34.1
Brinzal	102	49.8
Latizal	16	7.8
Fustal	15	7.3
Adulto	2	1.0
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

Este patrón de distribución refleja la típica estructura de “J” invertida, característica de poblaciones forestales tropicales con regeneración continua, donde la elevada abundancia de individuos jóvenes asegura el reemplazo progresivo de las clases superiores. De acuerdo con Lamprecht (1990), este comportamiento es indicativo de bosques con estabilidad demográfica

relativa, en los cuales las altas tasas de mortalidad natural en las primeras etapas son compensadas por una elevada producción de individuos juveniles. Resultados similares fueron reportados por Paucar (2011) en la Amazonía central del Perú, quien encontró que los brinzales representaron el 95.53 % de la regeneración natural de *C. cateniformis* lo que sugiere un comportamiento regenerativo consistente en distintos ecosistemas amazónicos. Asimismo, Rojas y Tello (2006) observaron un predominio de categorías juveniles en Santa Mercedes – Río Putumayo, confirmando que las fases iniciales del desarrollo constituyen el núcleo de la dinámica poblacional de la especie.

Este comportamiento estructural sugiere que la población evaluada presenta un potencial de reclutamiento continuo, siempre que las condiciones ambientales se mantengan favorables y no se incrementen las presiones antrópicas o bióticas que limiten la transición hacia categorías superiores. En este sentido, la estructura observada no solo describe el estado actual de la regeneración natural, sino que aporta información relevante para la planificación del manejo forestal sostenible en el bosque de tierra firme evaluado.

#### **4.1.1. Características dasométricas de los árboles parentales**

Se identificaron 16 árboles parentales de *C. cateniformis* durante el recorrido de 424 ha. De estos, 6 presentaron regeneración natural activa, mientras que 10 no mostraron regeneración, debido a la presencia de enfermedades en el fuste que impiden la fructificación. Las características dasométricas se resumen en la Tabla 3

**Tabla 3.** Características dasométricas de los árboles parentales.

Madre	DAP (m)	Altura (m)	Ancho de copa (m)	Longitud de copa (m)	Presencia de regeneración natural
<b>Tornillo 1</b>	4.30	41.00	10.25	24.28	Con regeneración
<b>Tornillo 2</b>	4.45	40.00	14.30	23.20	
<b>Tornillo 3</b>	4.09	37.00	13.15	17.45	
<b>Tornillo 13</b>	4.53	35.00	28.00	34.00	
<b>Tornillo 14</b>	4.08	34.00	25.00	30.00	
<b>Tornillo 15</b>	4.24	31.00	18.00	25.00	
<b>Tornillo 4</b>	2.18	25.00	13.90	14.60	Sin regeneración
<b>Tornillo 5</b>	4.35	42.00	20.00	20.50	
<b>Tornillo 6</b>	2.72	24.00	17.30	25.00	
<b>Tornillo 7</b>	2.29	22.00	18.00	17.00	
<b>Tornillo 8</b>	5.20	45.00	24.00	32.00	
<b>Tornillo 9</b>	2.50	24.00	15.40	19.00	
<b>Tornillo 10</b>	2.60	24.00	16.60	16.00	
<b>Tornillo 11</b>	2.45	23.00	15.20	19.50	
<b>Tornillo 12</b>	3.37	29.00	20.30	25.00	
<b>Tornillo 16</b>	4.39	36.00	25.00	27.00	

La relación entre el estado sanitario del árbol parental y su éxito reproductivo resulta determinante en la dinámica de la regeneración natural. Morales (2018) señala que la calidad fenotípica del árbol semillero influye directamente en la viabilidad de las semillas y en el posterior establecimiento de plántulas. En este contexto, la ausencia de regeneración alrededor de algunos árboles podría estar asociada a condiciones fisiológicas desfavorables que limitan la producción o calidad de semillas.

No obstante, además del estado sanitario, factores como la variabilidad en la producción anual de semillas, la competencia interespecífica, las condiciones microambientales y la herbivoría también podrían influir en el éxito del establecimiento. Durand (2022) destaca que el potencial germinativo observado en condiciones controladas puede reducirse significativamente en campo cuando las semillas provienen de individuos sometidos a estrés ambiental o sanitario, lo que podría explicar la distribución heterogénea de la regeneración observada en el área de estudio.

#### 4.1.2. Abundancia de la regeneración natural

De las cinco categorías evaluadas, los brinzales presentaron la mayor abundancia, seguidos por las plántulas, latizales, fustales y adultos (Tabla 4). Esta distribución evidencia el predominio de las etapas iniciales del desarrollo y configura una estructura poblacional en forma de “J” invertida (Figura 5), característica de bosques tropicales con regeneración natural activa.

**Tabla 4.** Abundancia y proporción (%) de la regeneración natural de *C. cateniformis* según árbol parental y categoría de regeneración natural en el Fundo El Bosque – UNAMAD.

Árbol parental	Plántula	Brinzal	Latizal	Fustal	Adulto	Total
<b>Tornillo 1</b>	0 (0%)	85 (42%)	15 (7.3%)	0 (0%)	0 (0%)	100 (48.8%)
<b>Tornillo 13</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (4.9%)	0 (0%)	10 (4.9%)
<b>Tornillo 14</b>	13 (6.3%)	2 (1%)	1 (0.5%)	4 (1.9%)	0 (0%)	20 (9.8%)
<b>Tornillo 15</b>	5 (2.4%)	2 (1%)	0 (0%)	1 (0.5%)	1 (0.5%)	9 (4.4%)
<b>Tornillo 2</b>	52 (25.4%)	10 (4.9%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.5%)	63 (30.7%)
<b>Tornillo 3</b>	0 (0%)	3 (1.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (1.5%)
<b>Total</b>	70 (34.1%)	102 (49.8%)	16 (7.8%)	15 (7.3%)	2 (1%)	205 (100%)

Este patrón concuerda con lo reportado por Paucar (2011) en un bosque intervenido de la comunidad nativa Catungo Quimpiri – Río Tambo, donde los brinzales representaron el 95.53 % de los individuos, seguidos por los latizales (2.91 %) y los fustales (1.57 %). De manera similar, Rojas y Tello (2006), en Santa Mercedes – Río Putumayo, encontraron una marcada dominancia de brinzales, confirmando que las categorías juveniles predominan ampliamente en bosques amazónicos intervenidos o en recuperación.

La coincidencia de estos resultados sugiere que la dominancia de brinzales constituye una característica recurrente de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* en bosques amazónicos, donde la apertura del dosel y la disponibilidad de micrositos favorables permiten un establecimiento masivo en las primeras etapas de desarrollo. No obstante, la disminución progresiva del número de individuos hacia las categorías superiores sugiere

que la permanencia y transición hacia estadios más avanzados podría estar influenciada por factores ambientales y de manejo forestal que condicionan la supervivencia y el crecimiento de los individuos jóvenes.

La concentración de individuos en determinados árboles parentales, particularmente en Tornillo 1 y Tornillo 2, sugiere que la regeneración natural no se distribuye de manera uniforme dentro del bosque de tierra firme, sino que presenta un patrón agregado alrededor de ciertos núcleos reproductivos funcionales. Este comportamiento podría estar relacionado con diferencias en la producción de semillas, condiciones microambientales favorables o menor competencia local, lo que favorece el establecimiento y supervivencia temprana.

En este sentido, la abundancia observada no solo refleja la capacidad reproductiva de la especie, sino también la influencia de condiciones locales que determinan el éxito del reclutamiento inicial, aspecto relevante para la planificación del manejo forestal sostenible

#### **4.1.3. Altura y diámetro de la regeneración natural**

La caracterización estructural de la regeneración natural de *C. cateniformis* en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD se realizó considerando la altura y el diámetro de los individuos, clasificados por categorías de desarrollo: plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto. Este análisis permitió describir el comportamiento estructural de la población y observar patrones propios de bosques tropicales amazónicos.

##### **Altura de la regeneración natural**

Los valores de altura registrados muestran un incremento progresivo conforme los individuos avanzan en su estadio de desarrollo (Cuadro 5). Las plántulas presentaron alturas comprendidas entre 0.12 y 0.28 m, con un promedio de 0.20 m. Los brinzales alcanzaron alturas entre 0.30 y 1.64 m, con un promedio de 0.85 m. En la categoría latizal, las alturas variaron entre 1.26 y 6.00 m, con un promedio de 2.28 m. Los fustales registraron alturas entre 7.00 y 25.00 m, con un promedio de 13.93 m, mientras que los individuos

adultos presentaron alturas entre 26.00 y 30.00 m, con un promedio de 28.00 m.

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos de la altura de la regeneración natural de *C. cateniformis* según categoría.

Categoría de regeneración	Número de individuos	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)	Altura promedio (m)	Mediana (m)	Coef. de variación altura (%)
Plántula	70	0.12	0.28	0.2	0.20	19.33
Brinzal	102	0.30	1.64	0.85	0.84	36.4
Latizal	16	1.26	6.00	2.28	1.93	51.9
Fustal	15	7.00	25.00	13.93	13.00	32.5
Adulto	2	26.00	30.00	28.00	28.00	10.1

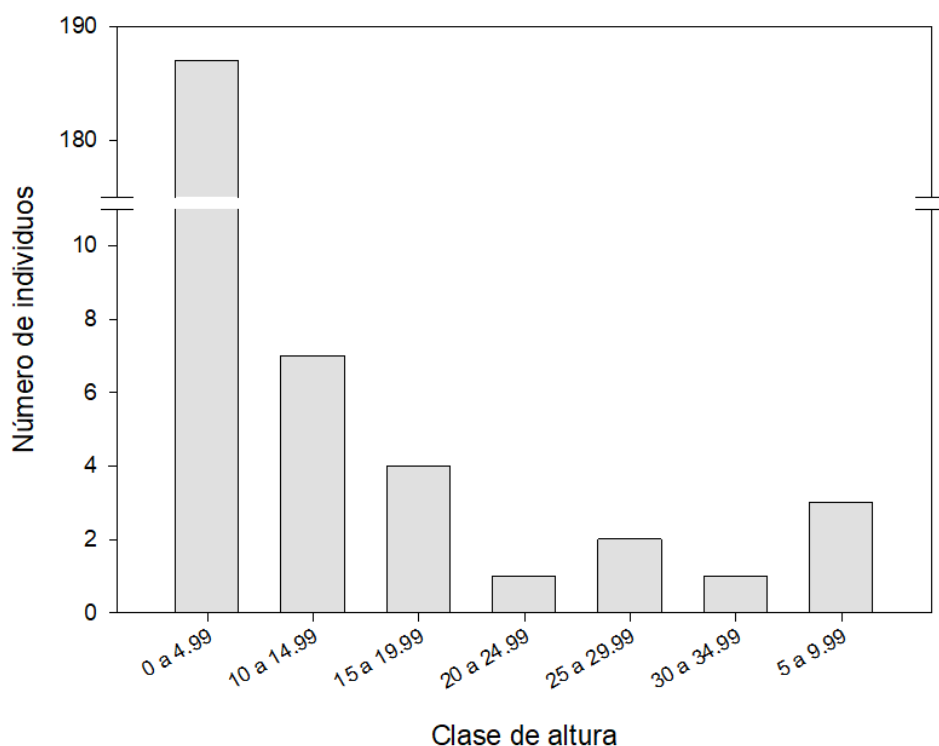
La elevada variabilidad registrada en la categoría latizal (coeficiente de variación de 51.9 %) sugiere una fuerte influencia de factores ambientales, particularmente la disponibilidad de luz y la competencia intraespecífica, durante esta fase de desarrollo. Este comportamiento coincide con lo señalado por Paucar (2011), quien indica que los latizales representan una etapa crítica del crecimiento, donde las diferencias microambientales determinan la continuidad del desarrollo vertical de los individuos. De manera similar, Vidaurre et al. (1999) destacan que, en especies forestales amazónicas, la transición de brinzal a latizal está asociada a un proceso de selección natural, en el cual solo los individuos que acceden a condiciones favorables logran consolidar su crecimiento.

Además, al analizar la altura promedio de los individuos según el árbol parental (Tabla 6), se observa que los brinzales de los árboles Tornillo 1 y 2 presentan los promedios más altos (0.89 y 0.70 m respectivamente), mientras que los fustales y adultos se concentran en los árboles Tornillo 14, 15 y 2, reflejando un patrón de regeneración más activo alrededor de ciertos árboles semilleros.

**Tabla 6.** Promedio de altura de *C. cateniformis* según árbol parental.

Árbol parental	Plántula (m)	Brinzal (m)	Latizal (m)	Fustal (m)	Adulto (m)	Total (m)
Tornillo 1	-	0.89	2.00	-	-	1.05
Tornillo 13	-	-	-	12.40	-	12.40
Tornillo 14	0.23	0.38	6.00	16.75	-	3.84
Tornillo 15	0.21	0.30	-	18.00	26.00	5.07
Tornillo 2	0.19	0.70	-	-	30.00	0.74
Tornillo 3	-	0.87	-	-	-	0.87
<b>Promedio total</b>	<b>0.20</b>	<b>0.85</b>	<b>2.26</b>	<b>13.93</b>	<b>28.00</b>	<b>1.96</b>

Los resultados muestran que la altura promedio aumenta progresivamente desde las plántulas (0.20 m) hasta los adultos (28 m).

**Figura 5.** Abundancia de la regeneración natural de *C. cateniformis* según clases de altura.

Los valores presentados en la Tabla 6 indican que los mayores valores se concentran alrededor de los árboles Tornillo 14, Tornillo 15 y Tornillo 2, lo que

sugiere que estos parentales generan condiciones locales más favorables para el crecimiento vertical de la regeneración natural. Este patrón refuerza la importancia de los árboles semilleros como núcleos estructurales que influyen en la dinámica del sotobosque, tal como ha sido descrito en estudios de regeneración natural en bosques tropicales intervenidos (Rojas & Tello, 2006).

La altura promedio mostró un incremento progresivo conforme los individuos avanzaron en su estadio de desarrollo, evidenciando un patrón estructural coherente con la ontogenia de la especie. La mayor variabilidad registrada en la categoría latizal (coeficiente de variación de 51.9 %) sugiere que esta etapa representa una fase crítica del crecimiento, en la que los individuos responden de manera diferenciada a las condiciones microambientales, particularmente a la disponibilidad de luz y a la competencia intraespecífica.

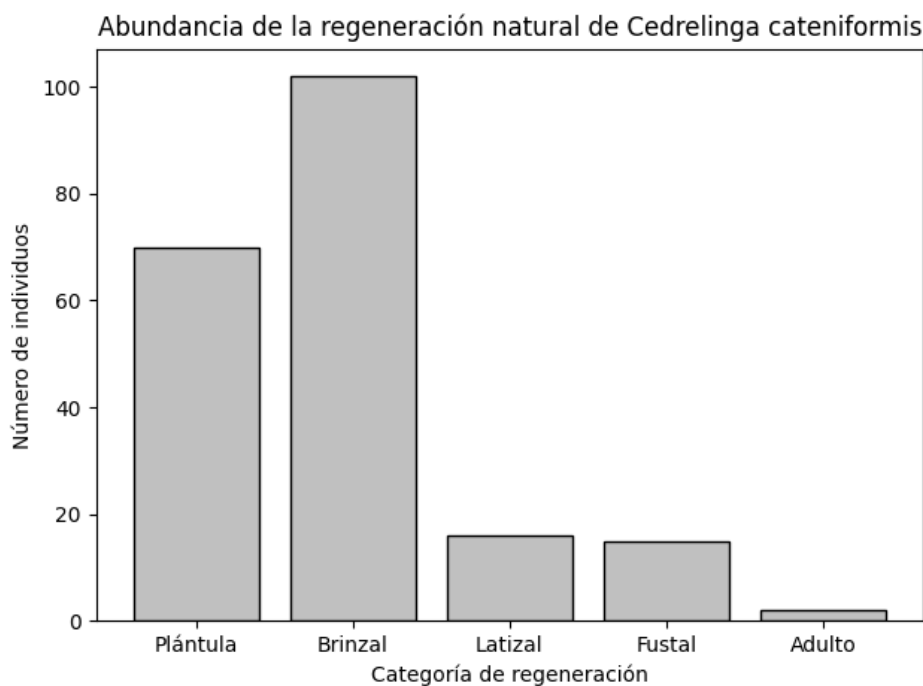
Este comportamiento coincide con lo señalado por Paucar (2011), quien indica que los latizales constituyen una etapa de transición en la que solo algunos individuos logran consolidar su crecimiento vertical. De manera similar, Vidaurre et al. (1999) destacan que en especies forestales amazónicas la variabilidad en altura aumenta en fases intermedias debido a la competencia por luz, generando procesos de selección natural que determinan qué individuos continúan su desarrollo hacia categorías superiores.

Asimismo, el análisis de la altura promedio según árbol parental evidencia que ciertos individuos generan condiciones locales más favorables para el crecimiento vertical de la regeneración natural, lo que sugiere que la dinámica estructural no es homogénea dentro del bosque de tierra firme, sino que responde a factores microambientales específicos.

### **Diámetro de la regeneración natural**

El diámetro fue evaluado considerando el diámetro a la altura del suelo (DAS) en brinzales y el diámetro a la altura del pecho (DAP) en latizales, fustales y adultos. La distribución de clases de diámetro muestra un patrón de J invertida, característico de los bosques tropicales, con mayor frecuencia de individuos en las clases menores (10–19.99 cm) y una disminución progresiva

hacia las clases mayores (Figura 5). Este comportamiento refleja un reclutamiento continuo de individuos jóvenes y un menor número de árboles maduros, reflejando la dinámica natural de regeneración y el efecto de las perturbaciones selectivas en el dosel.

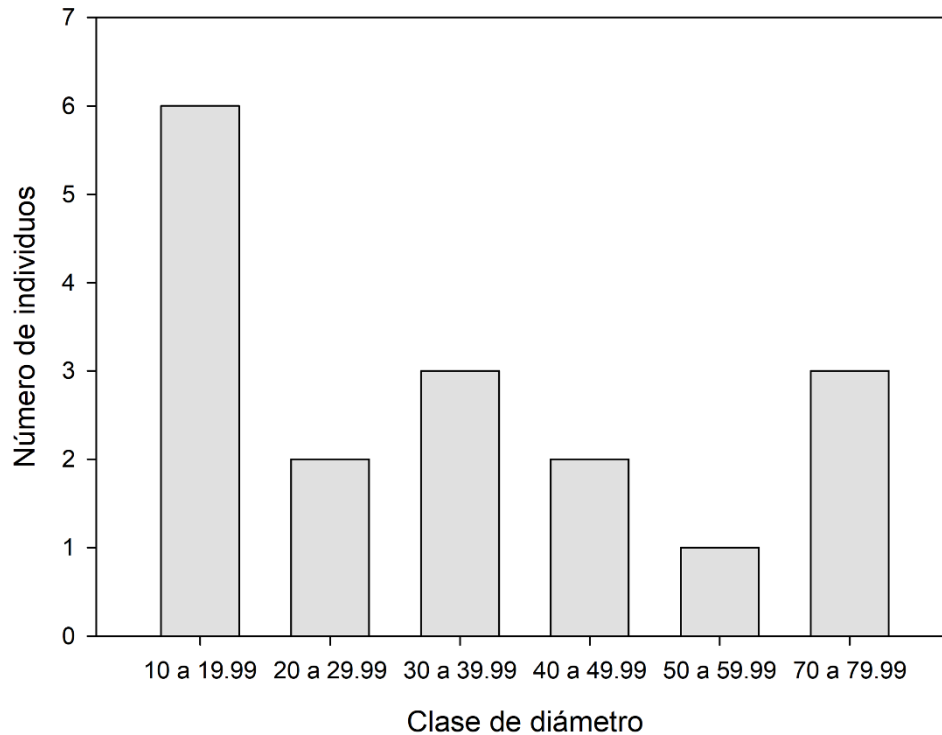


**Figura 6.** Distribución de la regeneración natural de *C. cateniformis* según clases de diámetro.

**Tabla 7.** Distribución de la regeneración natural de *C. cateniformis* según clases de diámetro.

Clase de diámetro (cm)	Número de individuos
10 – 19.99	6
20 – 29.99	2
30 – 39.99	3
40 – 49.99	2
50 – 59.99	1
70 – 79.99	3

Este patrón indica un reclutamiento activo, donde los individuos jóvenes constituyen el potencial de reemplazo de los árboles maduros.



**Figura 7.** Abundancia de la regeneración natural de *C. cateniformis* según clases de diámetro

La distribución diamétrica evidenció una mayor frecuencia de individuos en las clases inferiores y una disminución progresiva hacia las clases superiores, lo que indica un proceso activo de reclutamiento dentro del bosque de tierra firme. Este comportamiento sugiere que la regeneración natural mantiene una base poblacional amplia en categorías juveniles, condición fundamental para la reposición estructural de la especie.

De acuerdo con Lamprecht (1990), este tipo de estructura refleja poblaciones con capacidad de auto regeneración, siempre que las condiciones ambientales permitan la transición efectiva hacia categorías superiores. En el caso de *C. cateniformis*, la predominancia de clases diamétricas menores también ha sido reportada por Chambi (2011), quien señala que en bosques con antecedentes de intervención selectiva la extracción histórica de individuos grandes modifica la estructura del rodal, concentrando la población en clases inferiores.

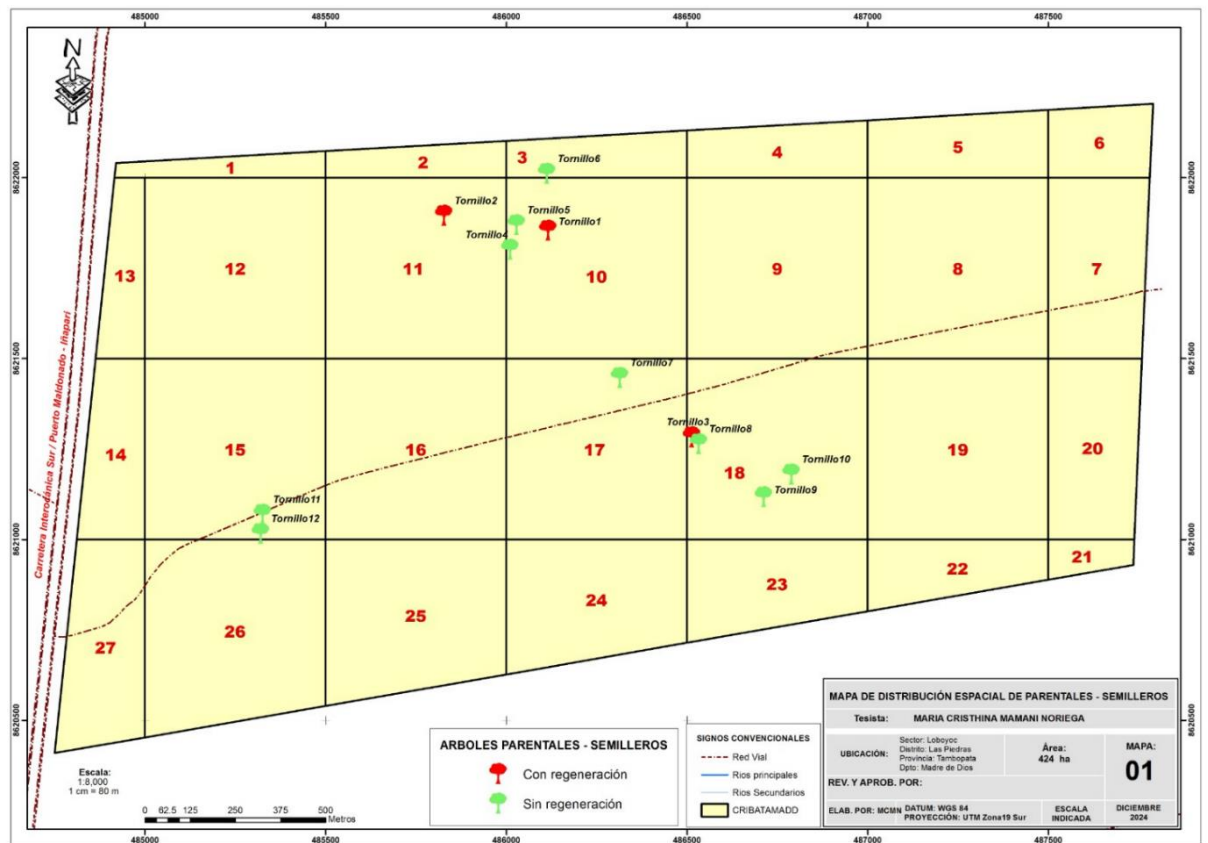
Asimismo, Rojas y Tello (2006) indican que la permanencia de individuos en categorías juveniles no garantiza necesariamente la consolidación estructural

futura, ya que el éxito del reclutamiento depende de factores como la disponibilidad de luz, competencia intraespecífica y condiciones microambientales. En este sentido, la baja representación de individuos en clases diamétricas mayores observada en el presente estudio sugiere que la sostenibilidad poblacional de la especie está condicionada al crecimiento efectivo de los individuos actualmente presentes en las categorías inferiores.

En conjunto, la estructura diamétrica observada indica que la regeneración natural de *C. cateniformis* posee potencial de continuidad poblacional, aunque su consolidación dependerá de la permanencia de condiciones favorables que permitan el paso progresivo hacia categorías estructurales superiores.

#### **4.1.4. Distribución espacial**

La distribución espacial de *C. cateniformis* en el área de estudio fue analizada mediante la elaboración de un mapa de ubicación de árboles parentales (semilleros), el cual permitió identificar la posición de los individuos con y sin regeneración natural dentro del Fundo El Bosque – UNAMAD (Figura 8). El mapa fue elaborado en sistema de coordenadas UTM (WGS 84, Zona 19 Sur), considerando un área total de 424 ha.



**Figura 8.** Mapa de distribución espacial de árboles parentales–semilleros de *C. cateniformis* con y sin regeneración natural en el Fundo El Bosque – UNAMAD.

En la Figura 8 se observa que los árboles parentales con regeneración natural (representados en color rojo) se distribuyen de manera puntual y no homogénea dentro del área de estudio, mientras que los árboles parentales sin regeneración natural (color verde) se encuentran dispersos en diferentes sectores del fundo. Esta distribución sugiere que la regeneración natural de *C. cateniformis* no ocurre de forma uniforme en todo el bosque, sino que podría estar relacionada con condiciones locales específicas.

En conjunto, este patrón indica que la regeneración natural de la especie no depende únicamente de la disponibilidad general del hábitat, sino de condiciones locales específicas asociadas a cada árbol parental, como el estado sanitario observado y otras condiciones microambientales. La presencia de árboles parentales sin regeneración natural refuerza esta

interpretación, indicando que la sola presencia del árbol adulto no garantiza el establecimiento exitoso de la regeneración.

La distribución espacial evidenció que los árboles parentales con regeneración natural se concentran de manera puntual dentro del bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD, mientras que aquellos sin regeneración se encuentran dispersos en distintos sectores del área evaluada. Este patrón confirma que la regeneración natural de *C. cateniformis* no ocurre de forma homogénea, sino que presenta una estructura espacial agregada asociada a determinados árboles semilleros funcionales.

La concentración de individuos alrededor de ciertos parentales sugiere que factores como el estado sanitario, la producción de semillas y las condiciones microambientales influyen en el establecimiento exitoso. La sola presencia de un árbol adulto no garantiza la ocurrencia de regeneración natural, lo que evidencia que el éxito reproductivo depende de múltiples variables ecológicas.

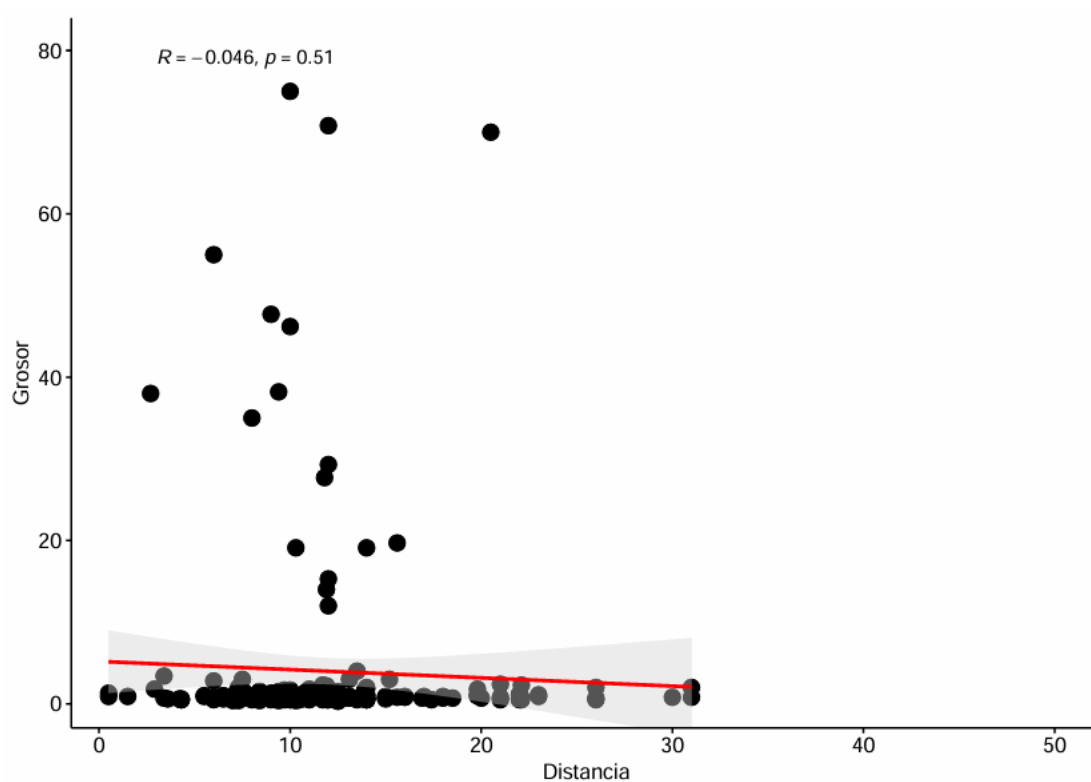
Resultados similares han sido reportados por Paucar (2011) y Rojas y Tello (2006), quienes describen una distribución espacial agregada de especies forestales comerciales en bosques amazónicos, vinculada a la dispersión de semillas y a la disponibilidad de micrositios favorables. Este comportamiento tiene implicancias directas para el manejo forestal sostenible, ya que resalta la importancia de conservar árboles parentales sanos y estratégicamente distribuidos para asegurar la continuidad poblacional de la especie.

#### **4.2. Análisis comparativo de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke**

El análisis comparativo de la regeneración natural de *C. cateniformis* se realizó considerando los parámetros estructurales evaluados, específicamente la abundancia, altura y diámetro de los individuos registrados en las parcelas asociadas a los diferentes árboles parentales. Los resultados permitieron determinar diferencias en las variables analizadas dentro del bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

#### 4.2.1. Relación entre la distancia al árbol parental y el diámetro de la regeneración natural

La Figura 9 muestra la relación entre la distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y el valor de la variable diámetro (grosor), analizada mediante un modelo de correlación lineal. El análisis estadístico arrojó un coeficiente de correlación muy bajo y negativo ( $R = -0.046$ ), acompañado de un valor de  $p = 0.51$ , lo que indica que no existe una relación estadísticamente significativa entre ambas variables.



**Figura 9.** Distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y el valor de la variable diámetro (grosor).

La dispersión de los puntos evidencia una alta variabilidad del diámetro en distancias cortas, principalmente entre 0 y 15 m del árbol parental, donde se concentran la mayoría de los individuos evaluados. A medida que aumenta la distancia, los valores del diámetro tienden a mantenerse bajos y relativamente constantes, sin un patrón claro de incremento o disminución asociado a la separación espacial del árbol semillero.

La línea de tendencia presenta una pendiente ligeramente negativa, lo que sugiere una disminución mínima del diámetro con el aumento de la distancia; sin embargo, esta tendencia carece de relevancia estadística, tal como lo confirma el valor de  $p$  mayor a 0.05. Esto indica que, dentro del rango de distancias evaluadas, la distancia al árbol parental no ejerce una influencia significativa sobre el diámetro de los individuos de regeneración natural.

La ausencia de una relación estadísticamente significativa entre la distancia al árbol parental y el diámetro de la regeneración natural indica que la proximidad espacial al árbol semillero no condiciona directamente el crecimiento diamétrico inicial de *C. cateniformis*. Aunque la mayoría de los individuos se concentran en distancias cortas, su desarrollo estructural parece depender de factores locales posteriores al establecimiento, como la disponibilidad de luz, la competencia intraespecífica y las condiciones microambientales del sitio.

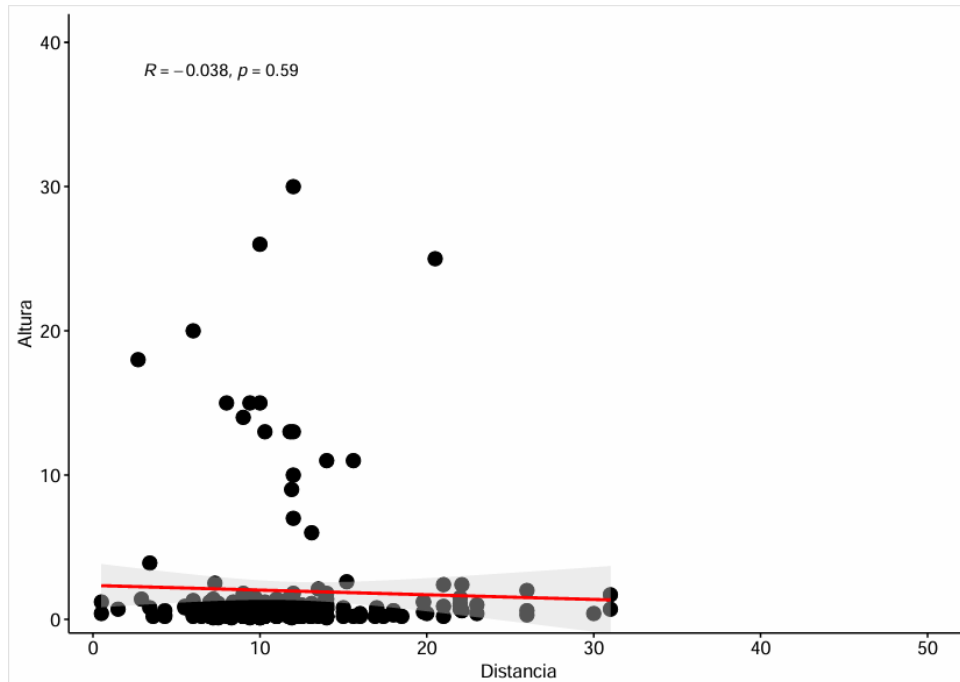
Este resultado sugiere que la dispersión de semillas determina principalmente la distribución espacial inicial, pero no necesariamente el desempeño estructural de los individuos. Vidaurre (1997) señala que en especies forestales tropicales el crecimiento temprano responde más a la disponibilidad de recursos que a la posición respecto al árbol madre. De manera similar, Aguirre et al. (2010) indican que el desarrollo diamétrico suele estar más asociado a la apertura del dosel y a la competencia local que a la distancia a la fuente de semillas.

En este sentido, la falta de asociación significativa refuerza la idea de que la dinámica estructural de la regeneración natural está regulada por procesos ecológicos posteriores al establecimiento, más que por la simple proximidad al árbol parental.

#### **4.2.2. Relación entre la distancia al árbol parental y la altura de la regeneración natural**

La Figura 10 muestra la relación entre la distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y la altura de los individuos, evaluada mediante un análisis de correlación lineal. Los resultados indican un

coeficiente de correlación negativo muy bajo ( $R = -0.038$ ) y un valor de  $p = 0.59$ , lo que evidencia que no existe una relación estadísticamente significativa entre la distancia al árbol parental y la altura de los individuos evaluados.



**Figura 10.** *Relación entre la distancia de los individuos de regeneración natural respecto al árbol parental y la altura de los individuos.*

La dispersión de los datos muestra que la mayor concentración de individuos se encuentra a distancias cortas, principalmente entre 0 y 15 m del árbol parental, donde predominan individuos de baja altura correspondientes a las categorías plántula y brinzal. No obstante, también se registran algunos individuos de mayor altura dentro de este rango de distancia, lo que incrementa la variabilidad de los datos en las proximidades del árbol semillero.

La línea de tendencia presenta una pendiente ligeramente negativa, lo que sugiere una disminución mínima de la altura con el incremento de la distancia; sin embargo, esta tendencia no es estadísticamente relevante, como lo confirma el valor de  $p$  mayor a 0.05. A distancias mayores, los valores de altura permanecen bajos y relativamente constantes, sin evidenciar un patrón definido de crecimiento asociado a la separación espacial del árbol parental.

Los resultados indican que no existe una relación estadísticamente significativa entre la distancia al árbol parental y la altura de los individuos regenerantes. Aunque la mayor concentración de individuos se registró en distancias cortas (0–15 m), el crecimiento vertical no mostró un patrón dependiente de la proximidad al árbol semillero.

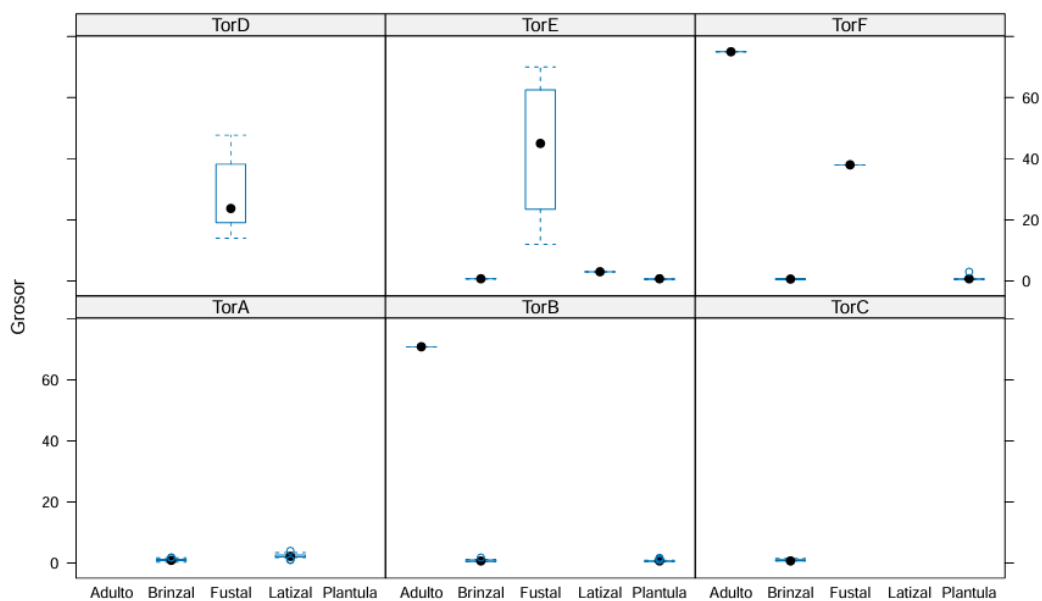
Este comportamiento sugiere que, una vez establecidas, las plántulas y brinzales no desarrollan su crecimiento en altura en función de la distancia al árbol parental, sino en respuesta a factores ambientales posteriores al establecimiento, especialmente la disponibilidad de luz y la competencia intraespecífica. Paucar (2011) señala que en bosques intervenidos la variabilidad en la altura de la regeneración está más relacionada con la dinámica del dosel que con la dispersión inicial de semillas.

Asimismo, Vidaurre (1997) indica que muchas especies forestales tropicales pueden permanecer en estado de latencia bajo condiciones de sombra, independientemente de su posición espacial respecto al árbol parental. De manera complementaria, Aguirre et al. (2010) sostienen que el crecimiento vertical responde principalmente a la apertura del dosel y al acceso diferencial a recursos, lo que explica la ausencia de una asociación significativa entre altura y distancia en el presente estudio.

En conjunto, estos resultados confirman que la distancia al árbol semillero influye en la distribución espacial inicial de la regeneración, pero no determina directamente el crecimiento estructural en altura

#### **4.2.3. Comparación del diámetro de la regeneración natural entre árboles parentales y categorías de desarrollo**

La Figura 11 presenta la comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre diferentes árboles parentales (TorA, TorB, TorC, TorD, TorE y TorF) y categorías de desarrollo (plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto), mediante diagramas de caja y dispersión de puntos.



**Figura 11.** Comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre diferentes árboles parentales y categorías de desarrollo.

En general, se observa que los valores más elevados de diámetro corresponden a las categorías fustal y adulto, mientras que las categorías plántula y brinzal presentan valores bajos y poco variables, lo cual es consistente con el desarrollo ontogénico de la especie. Los latizales muestran valores intermedios, con mayor dispersión en algunos árboles parentales.

Entre los árboles parentales, TorD y TorE destacan por presentar mayores valores medianos y mayor variabilidad del diámetro, especialmente en la categoría fustal, lo que podría indicar condiciones relativamente más favorables para el crecimiento estructural de la regeneración natural asociada a estos individuos. En contraste, los árboles parentales TorA, TorB y TorC muestran valores de diámetro más reducidos y menor dispersión, indicando un desarrollo estructural más limitado en su entorno inmediato.

Asimismo, se observa la presencia de valores atípicos (outliers) en algunas categorías superiores, lo que refleja una respuesta heterogénea del crecimiento entre individuos, posiblemente asociada a diferencias

microambientales, competencia intraespecífica o variaciones en la disponibilidad de recursos.

Los resultados evidencian que las diferencias en diámetro entre categorías de desarrollo responden al patrón ontogénico esperado, donde los valores más elevados corresponden a fustales y adultos, mientras que plántulas y brinzales presentan diámetros reducidos y menor variabilidad. Este comportamiento confirma la progresión estructural normal de la especie dentro del bosque de tierra firme.

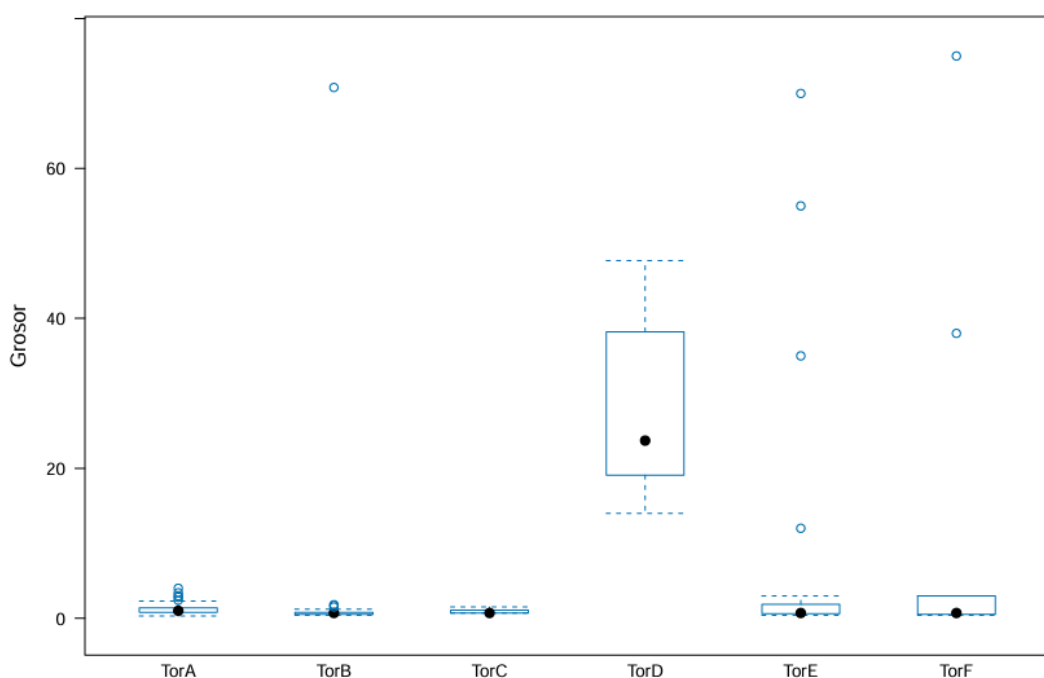
Sin embargo, además de las diferencias entre categorías, se observaron variaciones importantes entre árboles parentales. Algunos individuos, como TorD y TorE, presentaron mayores medianas y mayor dispersión en el diámetro, especialmente en categorías superiores, lo que sugiere condiciones locales más favorables para el crecimiento estructural. En contraste, otros árboles parentales mostraron diámetros más homogéneos y reducidos, indicando un desarrollo más limitado de la regeneración asociada.

La presencia de valores atípicos refleja la heterogeneidad microambiental propia de los bosques tropicales, donde diferencias en disponibilidad de luz, competencia y condiciones edáficas pueden generar respuestas individuales contrastantes. Finegan (1996) señala que la estructura interna del bosque responde a la dinámica del dosel y a la historia de disturbios, mientras que Chambi (2011) destaca que la concentración de individuos con mayor diámetro bajo determinados árboles parentales puede indicar núcleos de regeneración con mayor potencial de consolidación estructural.

En conjunto, los resultados sugieren que el crecimiento diamétrico de la regeneración natural no es uniforme dentro del área evaluada, y que ciertos árboles parentales actúan como focos estructuralmente más dinámicos, influyendo en la configuración local de la regeneración.

#### 4.2.4. Comparación del diámetro de la regeneración natural entre árboles parentales

La Figura 12 muestra la comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los distintos árboles parentales evaluados (TorA, TorB, TorC, TorD, TorE y TorF), mediante diagramas de caja complementados con la dispersión de los valores individuales.



**Figura 12.** Comparación del diámetro de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los distintos árboles parentales.

En términos generales, se observa que los árboles parentales TorA, TorB y TorC presentan valores bajos de diámetro, con medianas cercanas a cero y reducida variabilidad, lo que indica que la regeneración natural asociada a estos parentales se encuentra mayoritariamente en etapas tempranas de desarrollo, principalmente plántulas y brinzales.

En contraste, el árbol parental TorD destaca por presentar mayores valores de diámetro, con una mediana elevada y un rango intercuartílico amplio, evidenciando la presencia de individuos de categorías superiores, como latizales y fustales, y una mayor heterogeneidad en el desarrollo estructural.

Este comportamiento podría indicar condiciones locales relativamente más favorables para el crecimiento diamétrico.

Los árboles parentales TorE y TorF muestran valores intermedios de diámetro, con mayor dispersión y presencia de valores atípicos, lo que refleja una respuesta variable del crecimiento estructural de los individuos regenerantes.

Los resultados evidencian diferencias marcadas en el diámetro de la regeneración natural entre árboles parentales, lo que confirma que la estructura diamétrica no es homogénea dentro del bosque de tierra firme evaluado. Árboles como TorD mostraron mayores valores medianos y mayor amplitud intercuartílica, indicando la presencia de individuos con mayor desarrollo estructural en su entorno inmediato.

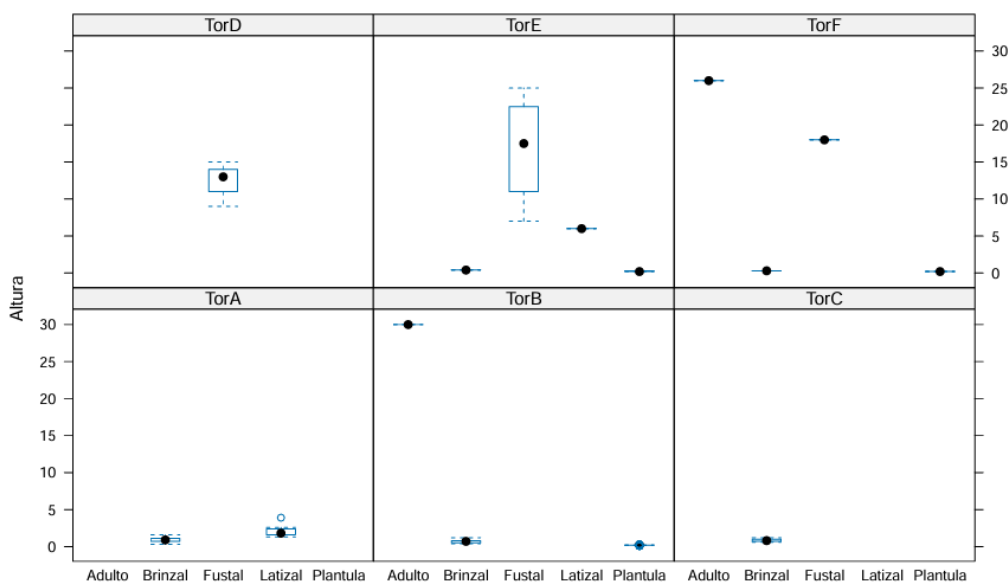
En contraste, otros árboles parentales presentaron diámetros predominantemente bajos y menor variabilidad, lo que sugiere una regeneración concentrada en etapas iniciales de desarrollo. Esta heterogeneidad entre parentales podría estar asociada a diferencias locales en disponibilidad de luz, competencia o condiciones microambientales específicas.

Lamprecht (1990) señala que ciertos árboles semilleros pueden generar condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento de la regeneración debido a su arquitectura y su influencia sobre el microclima del sotobosque. Asimismo, Morales (2018) indica que el estado fisiológico del árbol parental puede influir en la calidad de semillas y, por ende, en el vigor estructural de los individuos regenerantes.

En este sentido, las diferencias observadas sugieren que algunos árboles parentales actúan como núcleos de regeneración estructuralmente más avanzados, contribuyendo de manera diferencial a la configuración diamétrica de la población

#### 4.2.5. Comparación de la altura de la regeneración natural entre árboles parentales y categorías de desarrollo

La Figura 13 presenta la comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los distintos árboles parentales (TorA, TorB, TorC, TorD, TorE y TorF) y las categorías de desarrollo (plántula, brinzal, latizal, fustal y adulto), mediante diagramas de caja y puntos individuales.



**Figura 13.** Comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los distintos árboles parentales y las categorías de desarrollo.

De manera general, se observa que los valores más altos de altura corresponden a las categorías fustal y adulto, mientras que las categorías plántula y brinzal presentan alturas reducidas y baja variabilidad, lo cual es consistente con el crecimiento ontogénico de la especie. Los latizales muestran valores intermedios, con mayor dispersión en algunos árboles parentales.

La comparación de la altura entre árboles parentales y categorías de desarrollo evidenció diferencias tanto asociadas al estadio ontogénico como al entorno generado por cada árbol parental. Si bien las mayores alturas

correspondieron a fustales y adultos, lo cual responde al patrón estructural esperado, se observaron variaciones importantes entre parentales.

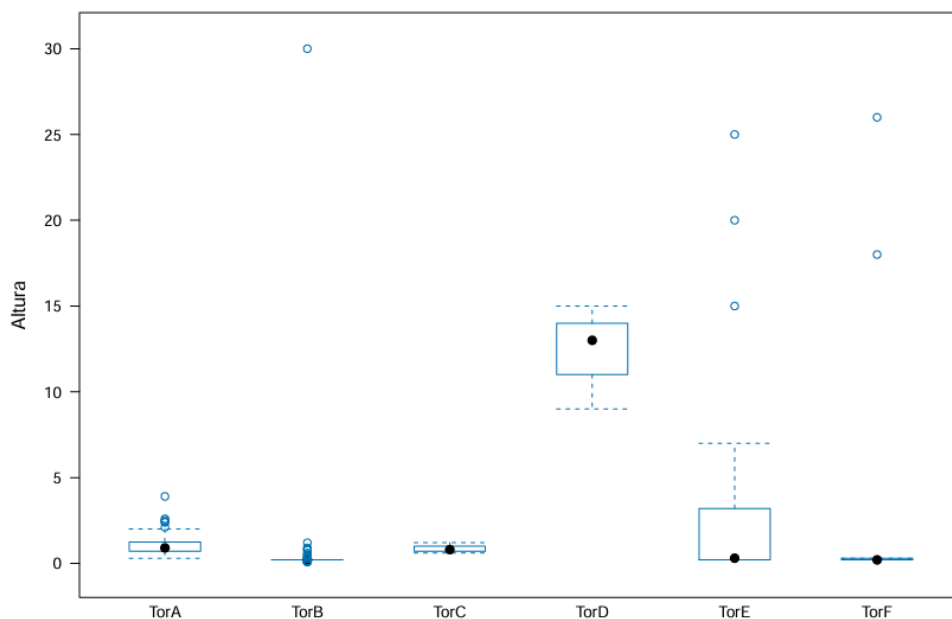
Árboles como TorD y TorE presentaron mayores valores medianos y mayor dispersión en altura, lo que sugiere condiciones locales más favorables para el desarrollo estructural de la regeneración natural. En contraste, otros parentales mostraron alturas predominantemente reducidas y menor variabilidad, indicando que la regeneración asociada se mantiene mayormente en etapas tempranas.

La presencia de valores atípicos en categorías superiores refleja la heterogeneidad microambiental propia del bosque de tierra firme, donde diferencias en disponibilidad de luz y competencia generan respuestas individuales contrastantes. Vidaurre et al. (1999) señalan que, en especies tropicales, el crecimiento en altura depende en gran medida de la dinámica del dosel y de la capacidad del individuo para acceder a micrositios con mayor disponibilidad de recursos.

En conjunto, estos resultados evidencian que el crecimiento en altura de la regeneración natural no es uniforme entre árboles parentales, y que ciertos individuos generan entornos estructuralmente más favorables para el desarrollo vertical.

#### **4.2.6. Comparación de la altura de la regeneración natural entre árboles parentales**

La Figura 14 presenta la comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los árboles parentales evaluados (TorA, TorB, TorC, TorD, TorE y TorF), mediante diagramas de caja complementados con la dispersión de los valores individuales.



**Figura 14.** Comparación de la altura de los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis* entre los árboles parentales evaluados.

Los resultados muestran variación en la altura de la regeneración natural entre árboles parentales. El árbol parental TorD presenta los mayores valores de altura, con una mediana elevada y un rango intercuartílico amplio, evidenciando la presencia de individuos correspondientes a categorías superiores (latizales y fustales) y un mayor desarrollo vertical en su entorno.

En contraste, los árboles parentales TorA, TorB y TorC muestran alturas reducidas, con medianas cercanas a 1 m y baja variabilidad, lo que sugiere predominancia de plántulas y brinzales. En el caso de TorB, se observa la presencia de un valor atípico de gran altura, lo que evidencia la ocurrencia puntual de individuos con mayor desarrollo, aunque sin representar una tendencia general del conjunto.

El árbol parental TorE presenta alta variabilidad en la altura, con la mayoría de los individuos concentrados en valores bajos y presencia de valores atípicos que alcanzan mayores dimensiones, reflejando una respuesta heterogénea del crecimiento vertical. Por su parte, TorF muestra alturas predominantemente bajas, indicando un desarrollo más limitado en su entorno inmediato.

Las diferencias observadas en la altura de la regeneración natural entre árboles parentales evidencian que el crecimiento vertical no responde únicamente al estadio de desarrollo, sino también a las condiciones particulares del entorno generado por cada árbol semillero. Árboles como TorD presentaron mayores valores medianos y mayor amplitud intercuartílica, indicando una regeneración estructuralmente más avanzada en su entorno inmediato.

En contraste, otros parentales mostraron alturas reducidas y menor variabilidad, lo que sugiere que la regeneración asociada permanece predominantemente en fases tempranas. La presencia de valores atípicos en algunos árboles parentales refleja la heterogeneidad microambiental característica del bosque de tierra firme, donde diferencias en la apertura del dosel y en la competencia pueden generar respuestas individuales diferenciadas.

Aguirre et al. (2010) señalan que el crecimiento en altura en especies tropicales depende de la disponibilidad de recursos y de la dinámica local del dosel, mientras que Finegan (1996) destaca que la heterogeneidad estructural dentro del bosque es un resultado directo de la interacción entre competencia, luz y disturbios previos. En este sentido, los resultados sugieren que ciertos árboles parentales actúan como entornos estructuralmente más favorables para el desarrollo vertical de la regeneración natural

#### **4.2.7 Síntesis del análisis comparativo**

En conjunto, los resultados del análisis comparativo evidencian que la regeneración natural de *C. cateniformis* no presenta un patrón homogéneo dentro del bosque de tierra firme evaluado. Mientras que la distancia al árbol semillero no mostró una influencia significativa sobre el diámetro ni la altura de los individuos regenerantes, sí se observaron diferencias estructurales asociadas a los árboles parentales.

Este comportamiento indica que la proximidad espacial determina principalmente la distribución inicial de los individuos, pero no condiciona directamente su desempeño estructural posterior. En cambio, las variaciones

observadas entre árboles parentales sugieren que factores locales, como la disponibilidad de recursos, la competencia y las condiciones microambientales, influyen de manera más determinante en el crecimiento de la regeneración natural.

Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Lamprecht (1990) y Finegan (1996), quienes indican que la dinámica estructural en bosques tropicales está regulada principalmente por procesos ecológicos locales más que por la simple dispersión de semillas. En este sentido, la heterogeneidad observada en el área de estudio refleja la interacción entre condiciones microambientales y la capacidad adaptativa de la especie.

### **4.3. Influencia de la variable ambiental de luz y biológica de herbivoría sobre la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke**

Se presentan los resultados relacionados con la relación entre la herbivoría (factor biótico) y la disponibilidad de luz (factor abiótico) sobre la regeneración natural de *C. cateniformis* en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD. Los análisis se realizaron considerando el porcentaje de daño foliar, los niveles de iluminación registrados y su asociación con las variables estructurales de la regeneración natural, particularmente la altura y el diámetro de los individuos evaluados.

#### **4.3.1. Incidencia de la herbivoría en la regeneración natural**

La evaluación de la herbivoría en la regeneración natural de *C. cateniformis* evidenció una alta incidencia de daño foliar, principalmente en las categorías de desarrollo temprano. Del total de 205 individuos evaluados, 188 (91.7 %) presentaron algún grado de herbivoría (en la Tabla 8 se muestran exclusivamente los individuos afectados, por lo que el total de 188 representa el 100 % de los casos con herbivoría). Esto sugiere que este factor biótico constituye una presión relevante en la dinámica poblacional de la especie en el bosque de tierra firme.

De acuerdo con la Tabla 8, la mayor incidencia de herbivoría se registró en el árbol parental Tornillo 1, donde se observaron 85 brinzales afectados (45.2 %), seguido del árbol parental Tornillo 2, con 52 plántulas afectadas (27.7 %). En conjunto, estas dos unidades parentales concentraron más del 80 % de los individuos con daño foliar, lo que refleja la mayor abundancia de regeneración en estos sectores y su consecuente exposición a herbívoros.

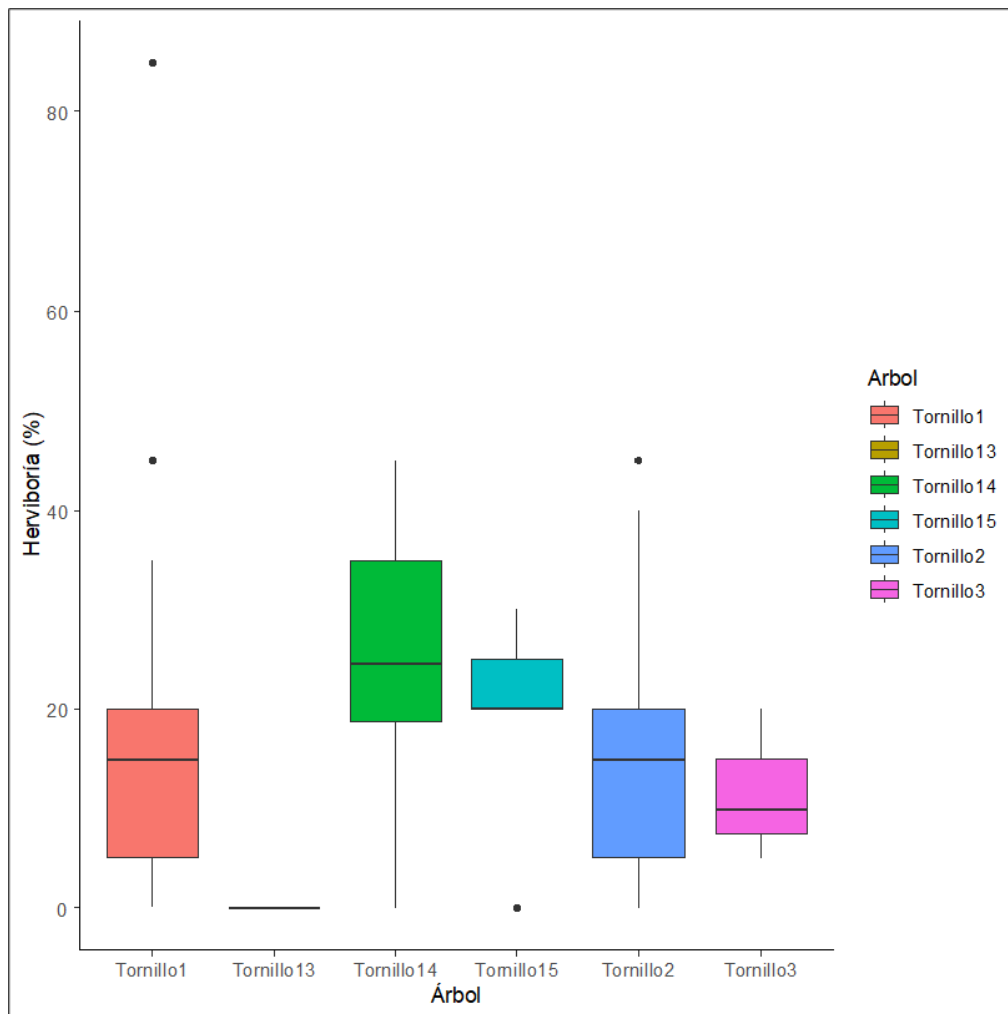
**Tabla 8.** *Incidencia de herbivoría en la regeneración natural de C.cateniformis según árbol parental y categoría de regeneración natural en un bosque amazónico de tierra firme, Madre de Dios*

Árbol parental	Adulto	Brinzal	Fustal	Latizal	Plántula	Total
Tornillo1	-	85 (45.2%)	-	15 (8%)	-	100 (53.2%)
Tornillo13	-	-	-	-	-	-
Tornillo14	-	2 (1.1%)	-	1 (0.5%)	13 (6.9%)	16 (8.5%)
Tornillo15	-	2 (1.1%)	-	-	5 (2.7%)	7 (3.7%)
Tornillo2	-	10 (5.3%)	-	-	52 (27.7%)	62 (33%)
Tornillo3	-	3 (1.6%)	-	-	-	3 (1.6%)
<b>Total</b>	-	102 (54.3%)	-	16 (8.5%)	70 (37.2%)	188 (100%)

En términos de categorías de regeneración, los brinzales (54.3 %) y las plántulas (37.2 %) fueron los más afectados, mientras que las categorías latizal y fustal presentaron menor incidencia, y no se registró herbivoría en individuos adultos. Este patrón indica que la herbivoría se concentra principalmente en los estadios iniciales del desarrollo, cuando los individuos poseen tejidos más tiernos y menor capacidad de defensa estructural y química.

Howe (1990) señala que la herbivoría en etapas tempranas puede incrementar la mortalidad y reducir significativamente las tasas de crecimiento, afectando el reclutamiento hacia categorías estructurales superiores. De manera complementaria, Coley y Barone (1996) explican que especies de crecimiento relativamente rápido tienden a priorizar la asignación de recursos al crecimiento en detrimento de defensas químicas, lo que

incrementa su susceptibilidad en fases iniciales. Este patrón ha sido documentado también por Rojas y Tello (2006) en bosques amazónicos intervenidos, donde la herbivoría actúa como un mecanismo regulador de la estructura poblacional. La Figura 15 muestra, mediante diagramas de caja, la variabilidad del grado de herbivoría entre árboles parentales.



**Figura 15.** *Boxplot de la comparación de la herbivoría de la regeneración natural de *C. cateniformis* según árbol parental.*

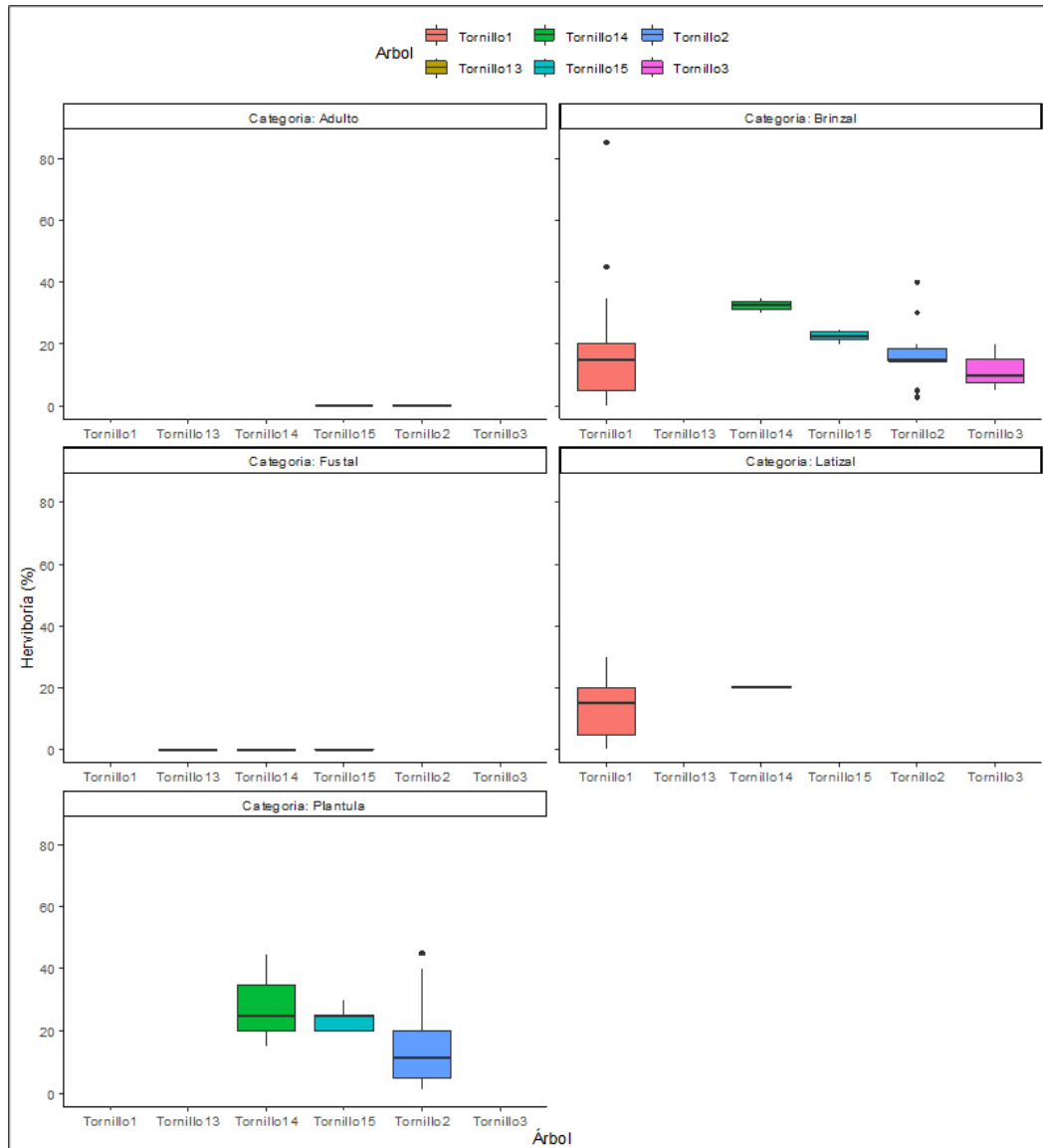
En conjunto, la elevada incidencia registrada en plántulas y brinzales evidencia que la herbivoría representa un factor potencialmente limitante para el establecimiento inicial de la regeneración natural. Coley y Barone (1996) explican que las especies de rápido crecimiento priorizan la asignación de recursos al crecimiento vertical, reduciendo la inversión en defensas químicas,

lo que incrementa su susceptibilidad a herbívoros. Este patrón ha sido también reportado por Rojas y Tello (2006) en bosques amazónicos intervenidos.

En este contexto, la herbivoría no solo representa un daño foliar aislado, sino un proceso ecológico que puede modular la dinámica poblacional al influir en la supervivencia diferencial de individuos juveniles de *C. cateniformis*. La alta incidencia registrada sugiere que este factor podría desempeñar un papel determinante en la configuración estructural futura de la población evaluada.

#### **4.3.2. Herbivoría según categorías de regeneración y su relación con el crecimiento**

El análisis comparativo de la herbivoría según categorías de regeneración (Figura 16) evidencia que las plántulas y brinzales no solo presentan mayor frecuencia de daño foliar, sino también mayor variabilidad en la intensidad de herbivoría, lo que refleja una respuesta heterogénea frente a la presión de los herbívoros. En contraste, los latizales y fustales muestran valores bajos y poco variables.



**Figura 16.** *Boxplot de la comparación de la herbivoría de la regeneración natural de C. cateniformis según árbol parental y categoría de regeneración natural.*

La relación entre la herbivoría y el diámetro de la regeneración natural mostró una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ( $R = -0.32$ ;  $p < 0.001$ ), lo que indica que mayores niveles de daño foliar se asocian con diámetros más reducidos (Tabla 9).

**Tabla 9.** *Relación entre el grado de herbivoría y el diámetro de la regeneración natural de C. cateniformis*

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Coefficiente de correlación (R)</b>	<b>p-valor</b>
Herbivoría (%)	Diámetro (cm)	-0.32	< 0.001

De manera similar, la relación entre la herbivoría y la altura también fue negativa y significativa ( $R = -0.32$ ;  $p < 0.001$ ), lo que sugiere una asociación entre mayor intensidad de daño foliar y menor crecimiento longitudinal de los individuos (Tabla 10).

**Tabla 10.** *Relación entre el grado de herbivoría y la altura de la regeneración natural de C. cateniformis*

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Coefficiente de correlación (R)</b>	<b>p-valor</b>
Herbivoría (%)	Altura (m)	-0.32	< 0.001

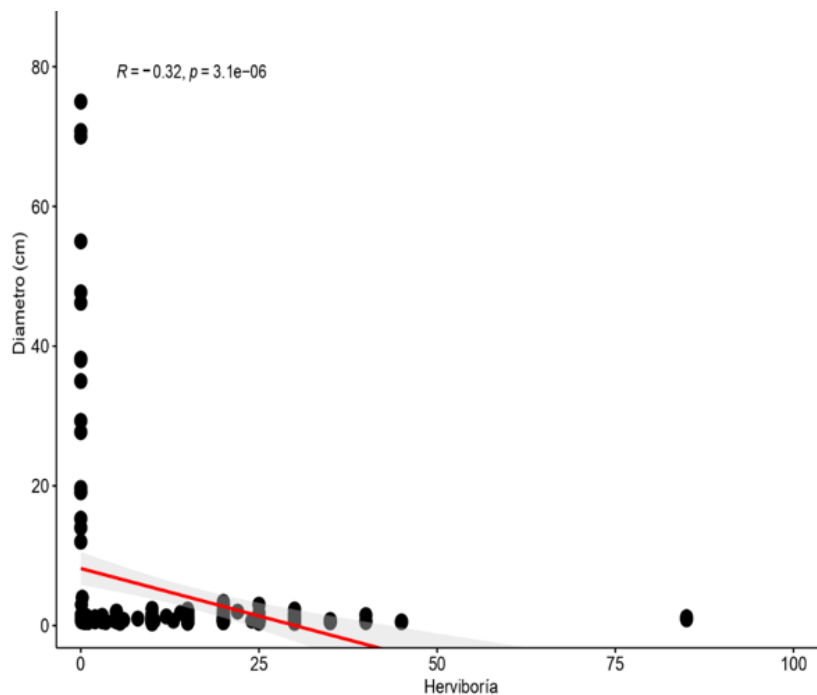
Estos resultados confirman que la herbivoría no solo influye en la supervivencia temprana de la regeneración natural de *C. cateniformis*, sino que también condiciona su desarrollo estructural, afectando la acumulación de biomasa y la competitividad de los individuos dentro del bosque de tierra firme evaluado.

Howe (1990) señala que la pérdida de área fotosintética en etapas juveniles puede reducir significativamente el crecimiento y aumentar la mortalidad, mientras que Coley y Barone (1996) explican que en especies de crecimiento relativamente rápido la menor inversión en defensas químicas puede incrementar la susceptibilidad al daño foliar. En este sentido, la correlación negativa observada sugiere que la herbivoría actúa como un mecanismo regulador que influye en la transición hacia categorías estructurales superiores.

### 4.3.3. Relación entre la herbivoría y el crecimiento de la regeneración natural

La relación entre la herbivoría y el crecimiento estructural de la regeneración natural de *C. cateniformis* se evaluó mediante análisis de correlación entre el grado de daño foliar y las variables diámetro y altura. Los resultados mostraron una relación negativa y estadísticamente significativa entre la herbivoría y el crecimiento de los individuos regenerantes.

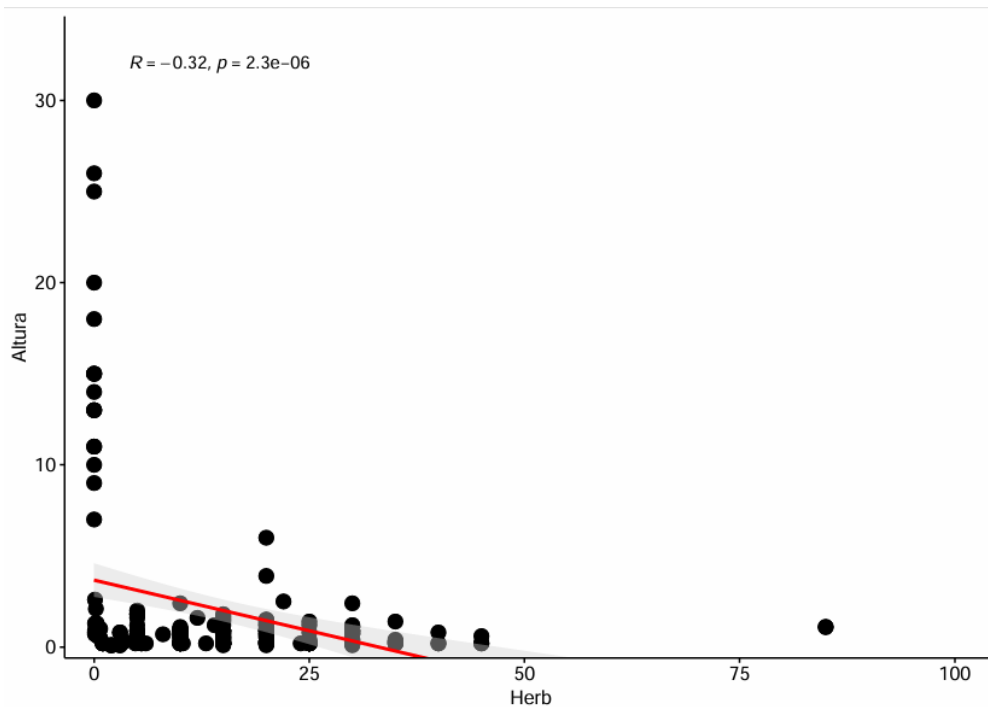
La Figura 17 muestra la relación entre la herbivoría y el diámetro de la regeneración natural, donde se observa una correlación negativa moderada ( $R = -0.32$ ;  $p < 0.001$ ), lo que indica que mayores niveles de daño foliar se asocian con diámetros menores.



**Figura 17.** Relación entre el grado de herbivoría y el diámetro de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

De manera similar, la Figura 18 presenta la relación entre la herbivoría y la altura de los individuos, mostrando también una correlación negativa y significativa ( $R = -0.32$ ;  $p < 0.001$ ), lo que sugiere una asociación entre mayor

intensidad de daño foliar y menor crecimiento longitudinal, especialmente en las categorías de desarrollo temprano.



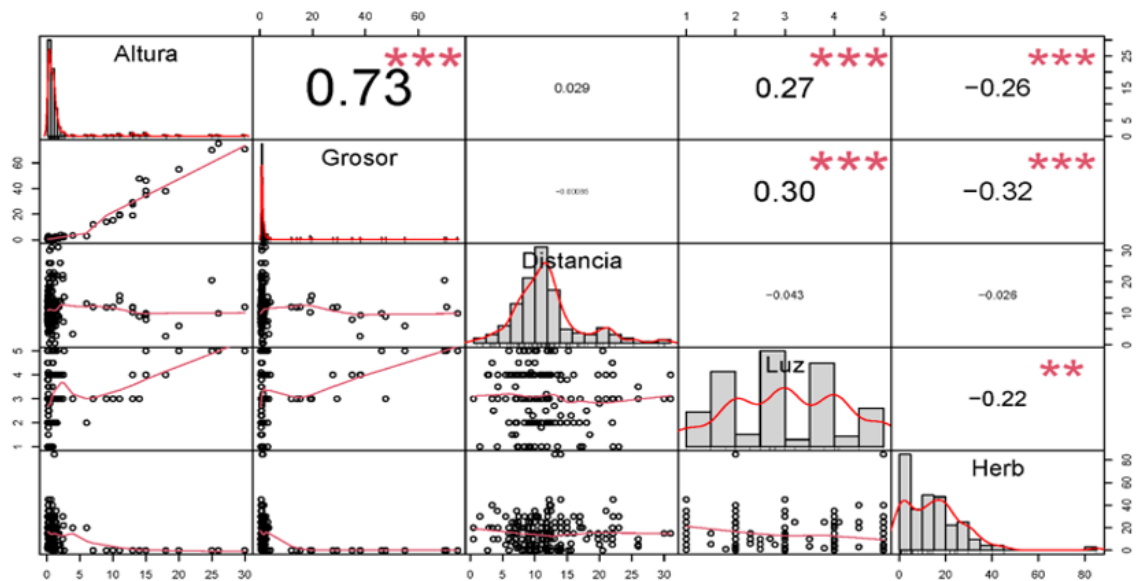
**Figura 18.** Relación entre el grado de herbivoría y la altura de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

En conjunto, estos resultados evidencian que la herbivoría no solo afecta la supervivencia inicial de la regeneración natural, sino que también se asocia con el crecimiento en diámetro y altura, pudiendo influir en el avance de los individuos hacia categorías estructurales superiores.

Finalmente, la Figura 19 presenta la matriz de correlación entre las variables estructurales de la regeneración natural (altura y diámetro) y los factores evaluados (distancia, luz y herbivoría). Se observa una correlación positiva y altamente significativa entre la altura y el diámetro ( $r = 0.73$ ;  $p < 0.001$ ), indicando un crecimiento estructural consistente de los individuos.

Asimismo, se evidencia una correlación positiva significativa entre la luz y el crecimiento, tanto en altura ( $r = 0.27$ ;  $p < 0.001$ ) como en diámetro ( $r = 0.30$ ;  $p < 0.001$ ). En contraste, la herbivoría mostró una correlación negativa significativa con el diámetro ( $r = -0.32$ ;  $p < 0.001$ ) y con la altura ( $r = -0.26$ ;  $p$

< 0.01), lo que evidencia una asociación inversa entre el daño foliar y el desarrollo estructural de la regeneración natural.



**Figura 19.** Matriz de correlación entre variables estructurales y factores bióticos y abióticos de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

Las correlaciones negativas entre herbivoría y diámetro, así como entre herbivoría y altura, refuerzan la evidencia de que el daño foliar se relaciona con menores tasas de crecimiento estructural. Este patrón sugiere que la herbivoría puede actuar como un filtro ecológico que influye en el tránsito de individuos hacia categorías estructurales superiores. Vidaurre (1997) sostiene que la interacción entre herbivoría y competencia determina qué individuos logran consolidarse estructuralmente, influyendo en la estructura futura del bosque.

#### 4.3.4. Influencia de la luz sobre la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

##### Incidencia de la luz en la regeneración natural

La disponibilidad de luz mostró una distribución heterogénea entre los individuos de regeneración natural de *C. cateniformis*, reflejando la estructura variable del dosel en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque –

UNAMAD. La Tabla 11 presenta la distribución de la regeneración natural según los niveles de iluminación y las categorías evaluadas.

**Tabla 11.** *Incidencia de la regeneración natural de C. cateniformis según nivel de iluminación y categoría de regeneración natural*

Categoría	Nivel de iluminación					Total
	Muy poco	Poco	Moderado	Iluminado	Bien Iluminado	
<b>Adulto</b>	-	-	-	-	2 (1%)	2 (1%)
<b>Brinzal</b>	8 (3.9%)	26 (12.7%)	31 (15.1%)	28 (13.7%)	9 (4.4%)	102 (49.8%)
<b>Fustal</b>	-	-	8 (3.9%)	4 (2%)	3 (1.5%)	15 (7.3%)
<b>Latizal</b>	-	1 (0.5%)	6 (2.9%)	7 (3.4%)	2 (1%)	16 (7.8%)
<b>Plántula</b>	13 (6.3%)	24 (11.7%)	14 (6.8%)	13 (6.3%)	6 (2.9%)	70 (34.1%)
<b>Total</b>	21 (10.2%)	51 (24.9%)	59 (28.8%)	52 (25.4%)	22 (10.7%)	205 (100%)

La Tabla 11 muestra que, en el caso de los brinzales, aproximadamente un 31.7 % de los individuos se encuentran bajo condiciones de iluminación muy baja, baja o moderada. Este patrón sugiere que una proporción importante de la regeneración natural se establece en ambientes de sombra parcial, donde los individuos pueden mantenerse en crecimiento lento mientras esperan condiciones más favorables de iluminación.

Por otro lado, alrededor del 18.1 % de los brinzales se ubican en condiciones de iluminación alta o bien iluminada, lo que indica la presencia de individuos en microsítios con mayor disponibilidad lumínica. En conjunto, estos resultados evidencian que la regeneración natural se distribuye en distintos niveles de iluminación, reflejando una estrategia de tolerancia a la sombra en etapas tempranas y una respuesta positiva al incremento de luz cuando este ocurre.

La distribución heterogénea de la luz observada en el bosque de tierra firme refleja la estructura variable del dosel y la presencia de microsítios con diferentes niveles de radiación solar. La elevada proporción de plántulas y brinzales bajo condiciones de iluminación baja a moderada sugiere que la especie posee tolerancia inicial a la sombra, permitiendo su establecimiento en el sotobosque.

Este comportamiento coincide con lo señalado por Maruyama (1987) y Wadsworth (2000), quienes indican que *C. cateniformis* puede permanecer en estado de latencia bajo baja disponibilidad lumínica, reactivando su crecimiento cuando se producen aperturas en el dosel. La presencia de individuos adultos únicamente en condiciones bien iluminadas refuerza la dependencia de mayores niveles de radiación solar en etapas estructurales avanzadas, como también lo describe Lamprecht (1990) para especies heliófitas.

En conjunto, los resultados evidencian que la luz actúa como un factor regulador del tránsito entre categorías de regeneración, permitiendo el establecimiento inicial en condiciones de sombra parcial, pero favoreciendo el crecimiento estructural conforme aumenta la disponibilidad lumínica

### **Diámetro y altura de la regeneración natural según el nivel de iluminación**

El efecto de la disponibilidad de luz sobre el crecimiento estructural de la regeneración natural de *C. cateniformis* fue evaluado mediante análisis estadísticos comparativos del diámetro y la altura, considerando los niveles de iluminación registrados en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

Para el diámetro (DAP), el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias altamente significativas entre los niveles de iluminación en los que se registró DAP (moderado, iluminado y bien iluminado) ( $F = 22.88$ ;  $p < 0.0001$ ) (Tabla 12). Esto evidencia que el diámetro varía de manera significativa en función del nivel de iluminación disponible.

**Tabla 12.** Análisis de varianza (ANOVA) de la comparación del diámetro de la regeneración natural de *C. cateniformis* según nivel de iluminación

	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	<b>5295.18</b>	<b>2</b>	<b>2647.59</b>	<b>22.88</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Luz</b>	5295.18	2	2647.59	22.88	<0.0001
<b>Error</b>	<b>1620.12</b>	<b>14</b>	<b>115.72</b>		
<b>Total</b>	6915.31	16			

Asimismo, para la variable altura, la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis evidenció diferencias significativas entre los niveles de iluminación ( $H = 25.417$ ;  $gl = 4$ ;  $p < 0.001$ ), indicando que la altura varía según la disponibilidad lumínica.

La comparación de los valores promedio de diámetro y altura por nivel de iluminación se presenta en la Tabla 13.

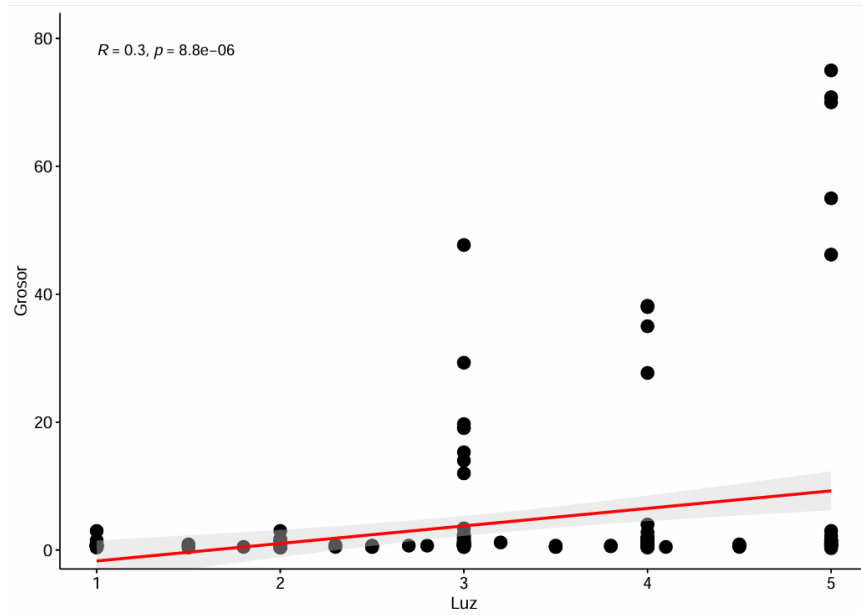
**Tabla 13.** Comparación del diámetro y la altura promedio ( $\pm$  desviación estándar) de la regeneración natural de *C. cateniformis* según nivel de iluminación

Nivel de iluminación	Regeneración natural		
	N	DAP (cm) †	Altura (m) ‡
Muy poco	21	-	0.39 $\pm$ 0.26 A
Poco	51	-	0.61 $\pm$ 0.85 A
Moderado	59	22.03 $\pm$ 11.63 B	2.25 $\pm$ 3.65 B
Iluminado	52	34.72 $\pm$ 4.91 B	1.93 $\pm$ 3.95 B
Bien Iluminado	22	63.39 $\pm$ 12.26 A	6.06 $\pm$ 10.17 B

Letras diferentes indican diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%.

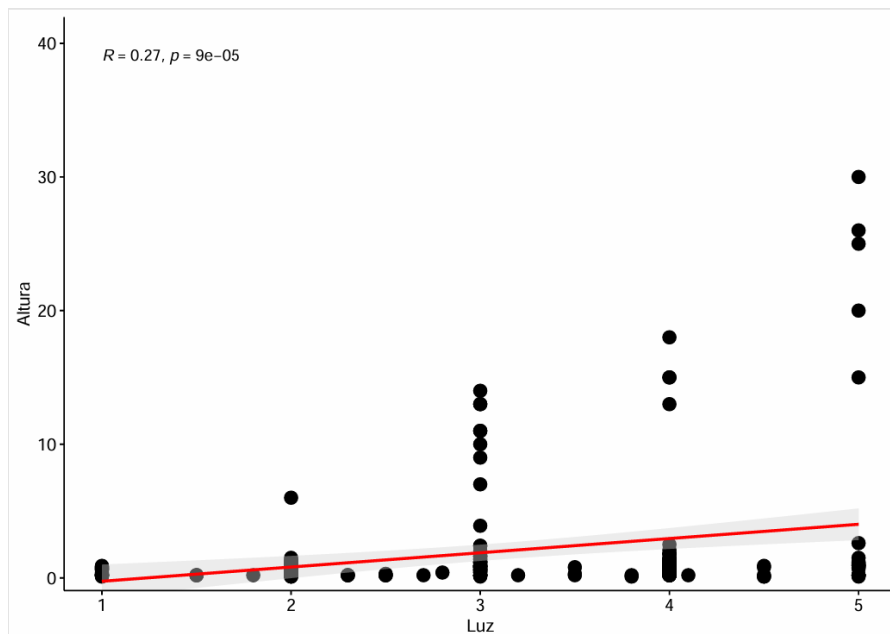
- Para la comparación del diámetro se utilizó ANOVA y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.
- Para la comparación de la altura se utilizó la prueba de Kruskal–Wallis y la prueba de comparaciones múltiples de Dunn.

La Figura 20 muestra la relación entre el nivel de iluminación y el diámetro de la regeneración natural, donde se observa una tendencia positiva, evidenciando mayores valores de diámetro en condiciones de mayor disponibilidad de luz.



**Figura 20.** Relación entre el nivel de iluminación y el diámetro de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

De manera similar, la Figura 21 presenta la relación entre el nivel de iluminación y la altura de los individuos regenerantes, observándose un incremento del crecimiento en altura conforme aumenta la disponibilidad de luz.



**Figura 21.** Relación entre el nivel de iluminación y la altura de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

Los resultados muestran que los mayores valores de diámetro se registraron en los niveles de iluminación moderada a bien iluminada, mientras que los menores valores de altura se concentraron en condiciones de iluminación baja. Este patrón sugiere que, aunque *C. cateniformis* puede establecerse bajo condiciones de sombra en etapas tempranas, su crecimiento estructural se ve favorecido conforme aumenta la disponibilidad de luz.

En este contexto, estudios previos han señalado que en bosques amazónicos la relación entre luz y crecimiento puede variar según la categoría de regeneración y la posición topográfica, observándose incluso correlaciones negativas en determinadas etapas iniciales del desarrollo (Gonzales, 2020). No obstante, los resultados del presente estudio evidencian que, en términos generales, la luz constituye un factor clave asociado al incremento del diámetro y la altura de la regeneración natural de *C. cateniformis*.

La mayor disponibilidad lumínica se asoció con incrementos significativos en el crecimiento diamétrico, lo que concuerda con lo descrito por Finegan (1996) para especies heliófitas, cuyo desarrollo estructural responde positivamente a mayores niveles de radiación solar. En cuanto a la altura, el incremento progresivo con el aumento de la luz confirma que, aunque la especie puede sobrevivir bajo sombra en fases tempranas, su crecimiento vertical se acelera en condiciones de mayor apertura del dosel. Gonzales (2020) y Chambi (2011) destacan que en bosques tropicales intervenidos la apertura del dosel favorece el crecimiento en altura y diámetro, patrón que coincide con lo observado en el bosque de tierra firme evaluado.

#### **4.3.5. Relación entre luz, crecimiento y herbivoría**

La influencia de la luz sobre la regeneración natural no solo se refleja en el crecimiento estructural, sino también en su interacción con la herbivoría. Los resultados de la matriz de correlación (Figura 19) evidencian una relación positiva significativa entre la disponibilidad de luz y el crecimiento en diámetro y altura, mientras que la herbivoría muestra una correlación negativa con ambas variables estructurales.

Este patrón es consistente con lo señalado por Piper et al. (2018), quienes indican que mayores niveles de iluminación pueden inducir cambios en la morfología y composición química de las hojas, incrementando la concentración de compuestos estructurales ricos en carbono que reducen la palatabilidad para los herbívoros. De manera similar, Chacón y Armesto (2006) sostienen que la exposición a mayor disponibilidad lumínica puede fortalecer los mecanismos de defensa vegetal, disminuyendo la intensidad del daño foliar y favoreciendo el crecimiento.

En conjunto, los resultados sugieren que la luz actúa como un factor ecológico relevante en la dinámica de la regeneración natural de *C. cateniformis*, al asociarse tanto con el incremento del crecimiento estructural como con una menor incidencia relativa de herbivoría. La combinación de mayor disponibilidad de luz y menor presión herbívora podría favorecer el tránsito de los individuos hacia categorías estructurales superiores, contribuyendo a la sostenibilidad poblacional de la especie en el bosque de tierra firme evaluado.

## CONCLUSIONES

La regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke presentó una estructura poblacional dominada por categorías juveniles, principalmente brinzales y plántulas, con una distribución de clases en forma de “J” invertida, evidenciando un proceso activo de regeneración en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

El análisis comparativo demostró que la distancia al árbol parental no influyó significativamente en el crecimiento en diámetro ni en altura de la regeneración natural; sin embargo, se registraron diferencias estructurales entre árboles parentales y categorías de desarrollo, identificándose algunos individuos como entornos más favorables para el crecimiento estructural.

La herbivoría y la disponibilidad de luz influyeron significativamente en la regeneración natural de *C. cateniformis*. La herbivoría mostró una relación negativa con el crecimiento en diámetro y altura, afectando principalmente a plántulas y brinzales, mientras que la luz favoreció el desarrollo estructural bajo condiciones de iluminación moderada a bien iluminada.

En conjunto, la regeneración natural de *C. cateniformis* en el bosque de tierra firme evaluado estuvo asociada a la interacción de factores estructurales, bióticos y abióticos, donde la disponibilidad de luz y la presión por herbivoría condicionaron el crecimiento y transición hacia categorías estructurales superiores.

## SUGERENCIAS

Se recomienda priorizar la conservación de los árboles parentales de *Cedrelinga cateniformis* que presentan regeneración natural activa, debido a su importancia como fuentes semilleras y núcleos de establecimiento para las categorías juveniles, tal como se evidenció en la distribución espacial y estructural observada en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.

Es recomendable implementar prácticas de manejo forestal que favorezcan la apertura controlada del dosel en sectores donde predominen plántulas y brinzales, con el fin de incrementar la disponibilidad de luz y promover el crecimiento en diámetro y altura, facilitando la transición hacia categorías estructurales superiores.

Se sugiere establecer un monitoreo periódico de la herbivoría en etapas tempranas de la regeneración natural, particularmente en plántulas y brinzales, considerando su relación negativa con el crecimiento estructural y su posible efecto sobre la supervivencia y el reclutamiento de la especie.

Asimismo, se recomienda incorporar la evaluación sistemática del daño foliar en planes de manejo silvicultural y en programas de restauración forestal, integrando este factor biótico dentro de los criterios técnicos de seguimiento de la regeneración natural.

Se recomienda desarrollar estudios de largo plazo que permitan analizar la dinámica temporal de la regeneración natural, evaluando la interacción entre disponibilidad de luz y herbivoría, con el propósito de comprender con mayor precisión los procesos que regulan el establecimiento y desarrollo de la especie en bosques amazónicos de tierra firme.

De manera complementaria, se sugiere que futuras investigaciones incorporen variables adicionales, como características edáficas, competencia inter e intraespecífica y condiciones microambientales, a fin de fortalecer la comprensión integral de los factores que influyen en la regeneración natural de *C. cateniformis*.

Finalmente, se recomienda que los resultados del presente estudio sean considerados como base técnica para la formulación de estrategias de manejo sostenible y conservación de la especie, contribuyendo a la planificación forestal y a la gestión responsable de los bosques amazónicos de tierra firme

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE, C., DÍAZ, E., & AGUIRRE, L. 2010. Monitoreo de la regeneración natural de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) en el Bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Tingo María. La Revista Investigación y Amazonia (Revia), 17 p.
- AUGSPURGER, C. 1984. Seedling survival of tropical tree species; interactions of dispersal distance, Light gaps and pathogens. Ecology 65: 1705 – 1712.
- BALUARTE VAZQUEZ, J., & ALVAREZ GONZALEZ, J. 2015. Modelamiento del Crecimiento de Tornillo *Cedrelinga Catenaeformis* Ducke en Plantaciones En Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, 12.
- BARONE, J.A. & P.D. COLEY. 2002. Herbivorismo y las defensas de las plantas. pp. 466-492. En: M.R. Guariguata & G.H. Kattan (eds.). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales, Libro Universitario Regional, Cartago.
- CABALLERO S.C. 2007. Regeneración natural de Brosimum alicastrum Swartz en Bosque intervenidos de la Comunidad Nativa Chaminiari – Satipo – Tesis Pregrado – Facultad de Ciencias Agrarias – UNCP. Satipo, PE. 70p.
- CHAMBI, P. B. 2011. Regeneración Natural de Especies Maderables de dos Parcelas de Anual bajo Manejo Forestal en la Concesión maderable Maderacre S.A.C. Madre de Dios, Perú: MADERACRE.
- CHACON, P., & ARMESTO, J.J. 2006. Do carbon-based defences reduce foliar damage? Habitat-related effects on tree seedling performance in a temperate rainforest of Chiloé Island, Chile. Oecologia, 146(4), 555-565.
- DEL AGUILA, J. 2012. Crecimiento inicial de "quinilla" *Manihara beditata* en plantaciones con diferentes distanciamientos de siembra. Puerto

- Almendras, Loreto, Perú. Tesis Ing° Forestal. FCF-UNAP. Iquitos-Perú. 62p.
- DURAND J. 2022. germinación y crecimiento de (*Cedrelinga cateniformis*) con diferentes tipos de sustrato, preparación de semillas y niveles de sombras en la joya de los sachas, Trabajo de Integración Curricular, escuela superior politécnica de chimborazo sede orellana facultad de recursos naturales carrera agronomía – Ecuador. 64 Pag
- FAO. 2009. Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección integrada de datos de campo. Versión 2.2. Documento de Trabajo de Monitoreo y Evaluación de los recursos Forestales Nacionales, NFMA 37/S, Roma.
- GONZALES, J. 2020. Estructura poblacional de la regeneración natural del tornillo *Cedrelinga cateniformis* (ducke) ducque. en bosques de colina de Tingo María Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva
- GONZÁLEZ, J., VALENZUELA, E., LÓPEZ, G., CASTRO, G., BETZABE, N., RUIZ, V. Y GARCÍA, V. (2013). Procesos Ecológicos. México. Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México.
- GRANT, V. 1989. Especiación vegetal. Mexico D.F.: Limusa.
- HARMS, K. E. & PAINE, C. E. T. 2003. Regeneración de árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. Ecosistemas 2003/3 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/revision2.htm>)
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. Y BAPTISTA-LUCIO, P. 2014. Selección de la muestra. En Metodología de la Investigación (6ª ed., pp. 170-191). México: McGraw-Hill.
- HOWE, H.F. 1990. Survival and growth of juvenile *Virola surinamensis* in Panama: Effects of herbivory and canopy closure. Journal of Tropical Ecology 6: 259-280.
- KRUSKAL, W. Y WALLIS, W. 1952. Use of ranks in one-criterion variance

analysis. J Am Stat Assoc.

LOPEZ, R. 2000 . Estudio Silvicultural de Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* DUCKE).

Revista Forestal del Perú, 10(1-2), 1-7.

MANN, H. Y WHITNEY, D. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. Ann Math Stat.

MORALES ORDOÑEZ, W. G. 2018. Caracterización de variables dasométricas, fenotípicas foliares de quince procedencias de *Cedrelinga cateniformis* D.Ducke (Chuncho), en el cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.

MOSTACEDO, B., & FREDERICKSEN, T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: El Pais.

ORTIZ, E. 1991. Early recruitment of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) : Preliminary results, discussion and experimental approach.

PANDURO H. ET AL., 2021 Variabilidad Genética de Poblaciones Naturales de Castaña *Bertholletia excelsa* en la Región de Madre de Dios, Amazonia Peruana 17 pp  
<https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/606>

PAUCAR, S. 2011. Regeneración natural de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke en bosque intervenido de la comunidad nativa Catungo Quimpiri - Río Tambo - Junín. Tesis Ing. Ciencias Agrarias Especialidad de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4015>

PINEDO CATASHUNGA, E. 2015. Biomasa, contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades, CIEFOR Puerto Almendra Iquitos - Perú. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos.

- PIPER, F.I., ALTMANN, S. H., & LUSK, C.H. 2018. Global patterns of insect herbivory in gap and understorey environments, and their implications for woody plant carbon storage. *Oikos*, 127(4), 483-496.
- RAWAT, D.S., TIWARI, J.K., TIWARI, P., NAUTIYAL, M., PRAVEEN, M. Y SINGH, N. 2018. Tree species richness, dominance and regeneration status in western Ramganga Valley, Uttarakhand Himalaya India. *Indian For.*, 144 (7), 595-603.
- ROJAS, R., & TELLO, R. 2006. Abundancia y stock de la regeneración natural de especies forestales en el bosque Varillal del CIEFOR, Iquitos, Perú. 18. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/330886805>
- R CORE TEAM. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SHAPIRO, S.S., & WILK, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3,4), 591–611. <http://dx.doi.org/10.2307/2333709>
- SINNOTT, T. J. 1979. A manual of permanent sample plot procedures for tropical rainforest. Tropical Forestry Paper. No. 14. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, Oxford.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1996. Remoção de sementes de *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae) por animais em uma floresta de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Biología* 56: 755-760.
- VIDAURRE, H., SABOGAL, C., WEBER, J. C., SOTELO MONTES, C., & MARMILLOD, D. 1999. Efectos del suelo, luz y fisiografía en el crecimiento de la regeneración natural y artificial de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae) en bosques húmedo tropicales de la Amazonía Peruana. International Centre for Research in Agroforestry, Center for International Forestry Research, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Perú.

- VIDAURRE, H. 1997. Balance de Experiencias Silviculturales con *Cedrelinga Catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la Región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Iquitos, Perú: Ceone Metasistemas.
- VILLEGAS, Z., MOSTACEDO, B., TOLEDO, M., LEAÑO, C., LICONA, J., ALARCÓN, A., VROOMANS, V. y PEÑA, M., 2014. Ecología y manejo de los bosques de producción forestal del Bajo Paraguáy, Bolivia. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia: Instituto Boliviano de Investigación Forestal. ISBN 9789990595048.
- ZEVALLOS, ET AL. 1984. Evaluación Natural y el potencial del departamento de Lambayeque. Proyecto Forestación y Pastos en áreas inundables del departamento Lambayeque - Perú.

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Matriz de consistencia**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p><b>Problemas generales</b> ¿Cómo está caracterizado la regeneración natural poblacional de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del fundo El Bosque- UNAMAD, Las Piedras?</p> <p><b>Problema específico</b> ¿Cómo será la caracterización de la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?</p> <p>¿Cuáles son las diferencias y similitudes de la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?</p> <p>¿Cómo influyen las variables ambientales de: luz y la variable biológica herbivoría sobre la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Caracterizar la regeneración natural poblacional de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo), en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD, Las Piedras – Madre de Dios.</p> <p><b>Objetivo específico</b> Caracterizar la estructura y parámetros poblacionales de la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque Amazónico de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.</p> <p>Analizar comparativamente la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.</p> <p>Determinar la influencia de la variable ambiental de luz y biológica de herbivoría sobre la regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke (tornillo) en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque – UNAMAD.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Las poblaciones naturales de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke en un bosque de tierra firme del Fundo El Bosque- UNAMAD albergan una regeneración natural en buenas condiciones y similares a otras zonas con poco impacto antrópico en la región de Madre de Dios.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Estructura vertical y horizontal de la regeneración natural.</li> <li>•Poblaciones de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke.</li> <li>•Abundancia de la regeneración natural.</li> <li>•Categoría o tipo de regeneración natural.</li> </ul> <p><b>Variable independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Herbivoría</li> <li>•Luminosidad</li> </ul>	<p>Abundancia de regeneración natural altura de regeneración natural</p> <p>Categoría de regeneración natural.</p> <p>Característica dasométrica de árboles de Tornillo.</p> <p>Clases de diámetro y altura en comparaciones.</p> <p>Abundancias y densidades.</p> <p>Porcentaje-proporción de área consumida por herbívoros a la planta</p> <p>Porcentaje del dosel y de luz</p>	<p><b>Tipo y nivel de investigación</b> En el presente estudio se descriptivo y analítico, que incluyen datos cualitativos y cuantitativos</p> <p><b>Alcance de la investigación</b> El alcance del estudio temporal es transversal</p> <p><b>Unidad de Análisis</b> Bosque de tornillo</p> <p><b>Población de estudio</b> La población de estudio estuvo compuesta por la totalidad de plantas de regeneración natural de Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke del fundo UNAMAD.</p>



**Anexo 2 Árboles parentales de *Cedrelinga cateniformis* en el fundo el Bosque UNAMAD**

Madre	DAP (m)	Copa A (m)	compa L (m)	Altura	Coordenada UTM 19 L		Nota
Tornillo1	4.30	10.25	24.28	41.00	486115	8621856	Con regeneración
Tornillo2	4.45	14.30	23.20	40.00	485827	8621897	
Tornillo3	4.09	13.15	17.45	37.00	486513	8621285	
Tornillo13	4.53	28.00	34.00	35.00	485016	8621746	
Tornillo14	4.08	25.00	30.00	34.00	486089	8621854	
Tornillo15	4.24	18.00	25.00	31.00	486018	8621872	
Tornillo4	2.18	13.90	14.60	25.00	486010	8621803	Sin regeneración
Tornillo5	4.35	20.00	20.50	42.00	486028	8621871	
Tornillo6	2.72	17.30	25.00	24.00	486112	8622013	
Tornillo7	2.29	18.00	17.00	22.00	486314	8621449	
Tornillo8	5.20	24.00	32.00	45.00	486532	8621266	
Tornillo9	2.50	15.40	19.00	24.00	486712	8621119	
Tornillo10	2.60	16.60	16.00	24.00	486789	8621182	
Tornillo11	2.45	15.20	19.50	23.00	485325	8621071	
Tornillo12	3.37	20.30	25.00	29.00	485320	8621018	
Tornillo16	4.39	25.00	27.00	36.00	485601	8620835	

**Anexo 3 Árbol parental Tornillo código N° 1 en el fundo el bosque UNAMAD**

N°	Categoría	Altura (m)	Coordenada UTM 19 L		Luz	Herbivoría %	Observaciones
1	Brinzal	0.79	486118	8621855	5.00	3	
2	Brinzal	0.67	486115	8621856	5.00	0.3	
3	Brinzal	0.49	486110	8621856	4.00	0.7	
4	Brinzal	0.70	486103	8621853	4.00	0.1	
5	Brinzal	1.02	486106	8621855	5.00	0.7	
6	Brinzal	0.90	486101	8621846	5.00	0.5	
7	Brinzal	0.84	486121	8621858	2.00	0.13	
8	Brinzal	1.26	486107	8621867	2.00	0.1	
9	Latizal	2.13	486102	8621864	4.00	0.15	
10	Brinzal	1.14	486099	8621864	4.00	0.35	
11	Latizal	2.60	486109	8621857	5.00	0.1	
12	Brinzal	0.87	486103	8621867	5.00	0.1	
13	Brinzal	0.61	486106	8621867	4.00	0.4	
14	Brinzal	0.76	486108	8621869	4.00	0.5	
15	Brinzal	1.29	486107	8621861	2.00	0.25	
16	Brinzal	0.56	486110	8621860	1.00	0.5	
17	Brinzal	1.10	486110	8621860	5.00	85	

18	Brinzal	0.68	486110	8621860	2.00	30	
19	Latizal	1.52	486110	8621860	5.00	20	
20	Brinzal	1.03	486110	8621860	5.00	10	
21	Brinzal	0.64	486110	8621860	3.00	20	
22	Brinzal	0.68	486110	8621860	4.00	10	
23	Brinzal	0.86	486110	8621860	2.00	5	
24	Brinzal	0.91	486110	8621860	4.00	15	
25	Brinzal	1.11	486110	8621860	4.00	30	
26	Brinzal	1.58	486110	8621860	3.00	12	
27	Brinzal	1.61	486110	8621860	3.00	15	
28	Brinzal	1.64	486110	8621860	3.00	5	
29	Brinzal	0.93	486110	8621860	4.00	10	
30	Brinzal	1.13	486110	8621860	4.00	30	
31	Brinzal	0.81	486110	8621860	3.00	20	
32	Brinzal	0.67	486110	8621860	3.00	5	
33	Brinzal	1.47	486110	8621860	4.00	15	
34	Brinzal	0.84	486110	8621860	3.00	10	
35	Brinzal	1.44	486110	8621860	4.00	20	
36	Latizal	2.51	486110	8621860	4.00	22	
37	Latizal	3.92	486110	8621860	3.00	20	
38	Brinzal	0.43	486110	8621860	3.00	10	
39	Brinzal	0.84	486110	8621860	4.00	15	
40	Brinzal	0.71	486110	8621860	4.00	8	
41	Latizal	1.35	486110	8621860	3.00	15	
42	Latizal	1.67	486110	8621860	3.00	15	
43	Brinzal	0.63	486110	8621860	2.00	10	
44	Brinzal	0.83	486110	8621860	3.00	5	
45	Brinzal	0.34	486110	8621860	4.00	20	
46	Latizal	1.26	486110	8621860	4.00	20	
47	Latizal	1.42	486110	8621860	4.00	20	
48	Latizal	1.79	486110	8621860	4.00	5	
49	Brinzal	1.10	486110	8621860	2.00	85	Por morir
50	Brinzal	0.48	486110	8621860	2.00	20	retoño
51	Brinzal	0.40	486110	8621860	2.00	15	retoño
52	Brinzal	1.02	486110	8621860	3.00	20	
53	Brinzal	1.17	486110	8621860	4.00	15	retoño
54	Brinzal	1.46	486110	8621860	2.00	20	retoño
55	Latizal	2.38	486110	8621860	3.00	30	retoño
56	Latizal	2.37	486110	8621860	3.00	10	
57	Latizal	2.04	486110	8621860	3.00	5	retoño
58	Brinzal	1.11	486110	8621860	3.00	10	
59	Brinzal	1.22	486110	8621860	4.00	20	
60	Brinzal	0.71	486110	8621860	2.00	5	

61	Brinzal	0.89	486110	8621860	3.00	30	Retoño presencia de hongo
62	Latizal	1.81	486110	8621860	4.00	15	
63	Latizal	1.76	486110	8621860	4.00	5	
64	Brinzal	1.21	486110	8621860	3.00	20	
65	Brinzal	1.03	486110	8621860	4.00	20	
66	Brinzal	0.39	486110	8621860	4.00	25	retoño
67	Brinzal	0.89	486110	8621860	3.00	20	
68	Brinzal	0.69	486110	8621860	4.00	15	
69	Brinzal	0.79	486110	8621860	3.00	30	
70	Brinzal	0.86	486110	8621860	4.00	30	
71	Brinzal	0.57	486110	8621860	3.00	20	
72	Brinzal	0.34	486110	8621860	2.00	15	
73	Brinzal	0.1.2	486110	8621860	2.00	25	
74	Brinzal	0.91	486110	8621860	3.00	15	
75	Brinzal	0.73	486110	8621860	3.00	20	
76	Brinzal	0.84	486110	8621860	2.00	15	
77	Brinzal	0.72	486110	8621860	1.00	20	
78	Brinzal	0.40	486110	8621860	1.00	30	Partida, por morir
79	Brinzal	0.51	486110	8621860	3.00	10	
80	Brinzal	0.74	486110	8621860	2.00	5	Retoño
81	Brinzal	0.60	486110	8621860	1.00	45	por morir
82	Brinzal	0.87	486110	8621860	3.00	15	
83	Brinzal	0.58	486110	8621860	3.00	10	retoño
84	Brinzal	0.91	486110	8621860	2.00	20	
85	Brinzal	1.15	486110	8621860	3.00	30	
86	Brinzal	0.56	486110	8621860	2.00	15	
87	Brinzal	1.41	486110	8621860	4.00	25	
88	Brinzal	0.93	486110	8621860	2.00	10	
89	Brinzal	0.92	486110	8621860	5.00	15	
90	Brinzal	0.87	486110	8621860	3.00	20	
91	Brinzal	0.73	486110	8621860	1.00	30	
92	Brinzal	0.78	486110	8621860	1.00	30	
93	Brinzal	1.01	486110	8621860	2.00	10	
94	Brinzal	1.18	486110	8621860	2.00	25	
95	Brinzal	1.38	486110	8621860	3.00	35	
96	Brinzal	0.80	486110	8621860	1.00	20	
97	Brinzal	1.03	486110	8621860	2.00	10	
98	Brinzal	0.91	486110	8621860	1.00	5	
99	Brinzal	0.91	486110	8621860	3.00	30	
100	Brinzal	1.20	486110	8621860	5.00	5	

**Anexo 4** *Árbol parental Tornillo código N° 2 en el fundo el bosque UNAMAD*

N°	Categoría	DAP cm	Altura m	Coordenada UTM 19L		luz	Herbivoría %
1	plántula		0.23	485843	8621911	2.3	6
2	plántula		0.21	485830	8621902	3	20
3	plántula		0.20	485821	8621899	3.2	25
4	plántula		0.16	485842	8621897	2	15
5	plántula		0.18	485842	8621897	3	13
6	plántula		0.23	485842	8621897	3	1
7	plántula		0.15	485842	8621897	4	20
8	plántula		0.16	485842	8621897	4	10
9	brinzal		0.83	485842	8621897	4	3
10	adulto	70.8	30.00	485842	8621897	5	0
11	brinzal		0.53	485842	8621897	4	15
12	plántula		0.16	485842	8621897	5	40
13	plántula		0.21	485842	8621897	5	20
14	plántula		0.18	485842	8621897	5	30
15	plántula		0.25	485842	8621897	4	5
16	plántula		0.18	485842	8621897	4	3
17	plántula		0.15	485842	8621897	5	25
18	brinzal		0.50	485842	8621897	3	15
19	plántula		0.12	485842	8621897	3	2
20	plántula		0.19	485842	8621897	4	15
21	plántula		0.22	485842	8621897	4	10
22	plántula		0.18	485842	8621897	2	3
23	plántula		0.21	485842	8621897	3	15
24	plántula		0.14	485842	8621897	2	2
25	brinzal		0.80	485842	8621897	4	30
26	plántula		0.19	485842	8621897	4.5	25
27	plántula		0.20	485842	8621897	4.1	25
28	plántula		0.13	485842	8621897	4.5	3
29	plántula		0.22	485842	8621897	5	4.8
30	plántula		0.14	485820	8621996	4.5	3
31	plántula		0.15	485818	8621996	2.5	5.5
32	plántula		0.12	485816	8621903	1	30
33	plántula		0.17	485810	8621905	2.3	10
34	plántula		0.12	485811	8621908	2	15
35	plántula		0.20	485830	8621902	2	15
36	plántula		0.12	485815	8621901	5	20
37	brinzal		0.79	485818	8621906	4.5	40
38	plántula		0.23	485827	8621901	2.5	10
39	plántula		0.20	485816	8621895	1.5	5.5
40	plántula		0.19	485812	8621898	1.5	15

41	plántula		0.24	485801	8621913	2.5	1
42	brinzal		0.42	485814	8621914	3	15
43	plántula		0.26	485804	8621899	2.5	10
44	plántula		0.16	485814	8621901	1.5	15
45	plántula		0.22	485817	8621906	3.5	10
46	plántula		0.18	485827	8621901	2	10
47	plántula		0.17	485818	8621892	1.8	1
48	plántula		0.21	485809	8621890	3	45
49	plántula		0.14	485811	8621892	3.8	2
50	plántula		0.22	485827	8621885	3.8	25
51	plántula		0.20	485824	8621875	4	30
52	brinzal		0.43	485813	8621878	2.8	5
53	brinzal		1.21	485814	8621876	3	14
54	brinzal		0.92	485815	8621880	4.5	20
55	brinzal		0.58	485815	8621876	4	15
56	plántula		0.23	485815	8621884	4	35
57	plántula		0.27	485811	8621878	3.5	3.5
58	plántula		0.22	485841	8621896	2.3	15
59	plántula		0.18	485849	8621890	2.7	10.3
60	plántula		0.17	485837	8621891	3	1
61	plántula		0.21	485840	8621887	4	15
62	plántula		0.19	485836	8621889	3	15
63	plántula		0.17	4858	8621	1	10

**Anexo 5** *Árbol parental Tornillo código N° 3 en el fundo el bosque UNAMAD*

N°	Categoría	Altura m	Coordenada UTM 19L		Luz	Herbivoría %
1	brinzal	0.82	486513	8621290	3.5	10
2	brinzal	0.63	486510	8621284	3	5
3	brinzal	1.16	486509	8621280	3	20

**Anexo 6** *Árbol parental Tornillo código N° 13 en el fundo el bosque UNAMAD*

N°	categoría	DAP cm	Altura m	Coordenada UTM 19L		Luz	Herbivoría
1	Fustal	47.75	14	485016	8621749	3	-
2	Fustal	38.2	15	485020	8621695	4	-
3	Fustal	46.15	15	485027	8621699	5	-
4	Fustal	19.10	13	485044	8621766	3	-
5	Fustal	19.74	11	485057	8621760	3	-
6	Fustal	29.28	13	485068	8621766	3	-
7	Fustal	27.69	13	485044	8621816	4	-
8	Fustal	19.1	11	484975	8621744	3	-
9	Fustal	14.01	9	484975	8621757	3	-
10	Fustal	15.28	10	484973	8621758	3	-

**Anexo 7** *Árbol parental Tornillo código N° 14 en el fundo el bosque UNAMAD*

N°	Categoría	DAP cm	Altura m	Coordenada UTM 19L		Luz	Herbivoría %
1	plántula		0.23	486123	8621843	1	20
2	plántula		0.22	486123	8621843	2	24
3	plántula		0.21	486123	8621843	2	40
4	plántula		0.22	486123	8621843	2	35
5	plántula		0.20	486123	8621843	3	45
6	plántula		0.22	486127	8621849	2	35
7	plántula		0.21	486127	8621849	2	25
8	plántula		0.26	486127	8621699	2	35
9	plántula		0.25	486127	8621699	2	20
10	plántula		0.24	486127	8621699	1	15
11	Latizal	6	6.00	486145	8629952	2	20
12	Brinzal		0.35	486145	8629952	2	30
13	Brinzal		0.40	486145	8629952	2	35
14	Fustal	70	25.00	486145	8629952	5	
15	Fustal	35	15.00	486121	8621844	4	
16	Fustal	12	7.00	486121	8621844	3	
17	Fustal	55	20.00	486121	8621844	5	
18	plántula		0.28	486097	8621816	1	35
19	plántula		0.25	486097	8621816	2	20
20	plántula		0.22	486097	8621816	2	25

**Anexo 8** *Árbol parental Tornillo código N° 15 en el fundo el bosque UNAMAD*

<b>N°</b>	<b>Categoría</b>	<b>DAP cm</b>	<b>Altura m</b>	<b>Coordenada UTM 19 L</b>		<b>Luz</b>	<b>Herbivoría %</b>
1	plántula		0.20	486033	8621865	1	20
2	plántula		0.23	486033	8621865	1	25
3	plántula		0.21	486033	8621865	2	30
4	plántula		0.20	486026	8621865	1	25
5	plántula		0.21	486026	8621865	1	20
6	brinzal		0.30	486026	8621865	2	25
7	brinzal		0.30	486017	8621872	2	20
8	adulto	75	26.00	486009	8621802	5	0
9	fustal	38	18.00	486039	8621906	4	0