

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES BAJO UN  
SISTEMA AGROFORESTAL EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**EMERSON MEDINA PAUCAR**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°132-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 24 de noviembre de 2025, a horas 11:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES BAJO UN SISTEMA AGROFORESTAL EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO”**

Presentado por el Bachiller: **MEDINA PAUCAR, EMERSON** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 04 de diciembre de 2025

  
Ing. M. Sc. **RAUL ARAUJO TORRES**  
**PRESIDENTE**

  
Dr. **DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA**  
**MIEMBRO**

  
Ing. M. Sc. **MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA**  
**MIEMBRO**

  
Ing. M. Sc. **JOSE ANTONIO DIONISIO ARMAS**  
**ASESOR**





UNAS

VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE  
CIENTÍFICO  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 422 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

### Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES BAJO UN SISTEMA AGROFORESTAL EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO	EMERSON MEDINA PAUCAR	14 % Catorce	Menor a 20 %

Tingo María, 16 de diciembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



<b>Título</b>	: Comportamiento de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal en Leoncio Prado, Huánuco
<b>Programa de investigación</b>	: Gestión de bosques y plantaciones forestales
<b>Línea de investigación</b>	: Silvicultura, dendrología, manejo y ordenación forestal
<b>Eje temático</b>	: Sistemas Agroforestales
<b>Autor</b>	: Medina Paucar, Emerson
<b>Asesor</b>	: Ing. M.sc. Dionisio Armas, José Antonio
<b>Lugar de ejecución</b>	: Centro poblado Pendencia, Huánuco
<b>Duración del trabajo</b>	: 12 meses
<b>Financiamiento</b>	: S/. 2702.81
<b>FEDU</b>	: No
<b>Propio</b>	: Si
<b>Otros</b>	: No

**Tingo María – Perú octubre, 2025**

## DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en todo el trayecto para lograr mi objetivo.

A mis padres, Eloy Medina Ignacio y Eudocia Paucar Leimi, por su respaldo constante e incondicional a lo largo de mi desarrollo personal y profesional. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar cada uno de mis logros; sin su presencia y esfuerzo, muchos de ellos no habrían sido posibles. Les estaré eternamente agradecido y anhelo, en algún momento, retribuirles todo lo que han hecho por mí.

A mis hijos: Fabricio Aldahir Medina Coca y Eymi Medina Coca quienes son mis motivadores e inspiraciones para lograr mi objetivo.

A mis hermanos; Sandy Medina Paucar y Junior Medina Paucar, por acompañarme en esta etapa de mi vida. A mi abuela María Clotilde Ignacio Quispe y a mi tío Willy Medina Ignacio por el apoyo que me brindó.

A la Ing. M. Sc. Maribel Flora Roca Capcha, por el apoyo y los sabios consejos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Expreso mi más sincero agradecimiento:
- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por ser fuente de aprendizaje que me transmitieron durante en mi etapa académica.
- A mi asesor, Ing. M. Sc. Dionisio Armas, José Antonio, por compartir su experiencia y conocimientos en el desarrollo del trabajo de investigación.
- A mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, quienes a través de sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros del jurado de tesis, Dr. David Prudencio Quispe Janampa, Ing. M. Sc. Raúl Araujo Torres y Ing. M. Sc. Brayan Andre Caldas, por sus aportes y observaciones pertinentes en la investigación.
- Al Ing. M. Sc. Cleide Santos Flores. por la orientación y aporte logístico por el asesoramiento en el análisis estadístico de los datos.
- Al Ing. M. Sc. Gunter Daza Panduro, por las sugerencias brindadas para la instalación de la parcela.
- A mis amigos Manuel Orellana Barros, Cristófer Diaz Villcas, Jhúnior Mayco Tan Vasquez, Antony Sánchez Tenazoa y Marlon Cárdenas Morales, por su inmenso apoyo en la instalación y delimitación de la parcela.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico. ....	3
2.1.1. Comportamiento .....	3
2.1.2. Sistemas agroforestales .....	4
2.1.4. Factores que influyen en el crecimiento de especies forestales en sistemas agroforestales (SAF).....	5
2.1.3. <i>Guazuma crinita</i> Mart. (bolaina blanca).....	8
2.1.4. <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke (Pino chuncho).....	11
2.1.6. <i>Musa paradisiaca</i> L. (Plátano) .....	14
2.2. Estado del arte.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
3.1.Lugar de ejecución.....	23
3.1.1. Ubicación política.....	23
3.1.2. Ubicación geográfica.....	23
3.1.3. Zona de vida .....	23
3.1.4. Condiciones climáticas .....	24
3.2.Materiales y equipos.....	24
3.2.1. Materiales .....	24
3.2.2. Equipos.....	25
3.3.Metodología.....	25
3.3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	25
3.3.2. Población y muestra .....	26
3.3.3. Nivel e instrumentos estadísticos .....	27
3.3.4. Variables de estudio .....	27
3.3.5. Procedimiento.....	28
3.3.6. Cálculos de las variables.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1. Mortalidad de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal.....	32
4.2. Incremento en diámetro (mm) de tres especies forestales.....	34
4.3. Incremento de altura (cm) de tres especies forestales.....	39

V. CONCLUSIÓN.....	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	47
VII. REFERENCIAS.....	48
ANEXOS.....	57

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Análisis de varianza para las evaluaciones que se realizará.....	30
2. Porcentaje de mortalidad de tres especies forestales .....	32
3. Estadísticos descriptivos del incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales.....	35
4. Análisis de la varianza de incremento en diámetro (mm) en tres especies forestales .....	37
5. Prueba de comparación de medias de incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales .....	38
6. Estadísticos descriptivos del incremento de altura (cm) en tres especies forestales .....	41
7. Análisis de la varianza de incremento en altura (cm) en tres especies forestales .....	42
8. Prueba de comparación de medias del incremento de altura (cm) en tres especies forestales .....	43
9. Promedio de incremento de diámetro (mm) por evaluación .....	58
10. Promedio de incremento de altura (cm) por evaluación.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Ubicación del sistema de plantación. ....	23
2. Condiciones climáticas del distrito de Pueblo Nuevo .....	24
3. Porcentaje de mortalidad en tres especies forestales .....	33
4. Crecimiento en diámetro en tres especies forestales .....	36
5. Promedio de incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales.....	38
6. Crecimiento en altura en tres especies forestales .....	41
7. Promedio de incremento de altura (cm) en tres especies forestales .....	43
8. Limpieza del terreno para el establecimiento .....	59
9. Delimitación y alineación de la parcela.....	59
10. Traslado de los plántones .....	60
11. Apertura de hoyos.....	60
12. Establecimiento de los plántones de tres especies forestales .....	61
13. Evaluación del diámetro a los tres meses .....	61
14. Evaluación de la altura a tres meses de establecimiento .....	62
15. Evaluación del diámetro a los seis meses de evaluación.....	62
16. Medición de la altura a los seis meses de evaluación.....	63
17. Medición de la altura a los nueve meses de evaluación .....	63
18. Medición de la altura a los nueve meses de evaluación .....	64

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar la mortalidad y el crecimiento (incrementos de diámetro y altura) de *Guazuma crinita* (bolaina blanca), *Schizolobium parahyba* (pashaco) y *Schizolobium amazonicum* (pino chuncho) asociadas con plátano en Leoncio Prado, Huánuco. Se establecieron tres filas por especie con veinte plantas por fila; la fila se consideró como unidad experimental. El diámetro se midió a diez centímetros del suelo (mm) y la altura en centímetros, con evaluaciones a tres, seis y nueve meses. El análisis incluyó ANOVA de un factor por evaluación y la prueba de Duncan cuando correspondió. La mortalidad fue de 23.19% en *S. amazonicum*, 25.81% en *G. crinita* y 27.63% en *S. parahyba*, siendo *S. amazonicum* la especie con mejor supervivencia. En diámetro, a tres meses *G. crinita* (3.93 mm) y *S. amazonicum* (3.77 mm) superaron a *S. parahyba* (1.26 mm); a seis y nueve meses *S. amazonicum* (15.21 y 26.75 mm) superó a *G. crinita* (6.09 y 7.56 mm), y bolaina blanca superó a *S. parahyba* (3.99 y 6.97 mm). En altura, a tres meses no hubo diferencias; a seis y nueve meses *S. amazonicum* (104.70 y 171.42 cm) superó a *G. crinita* (55.16 y 75.79 cm), y *G. crinita* superó a *S. parahyba* (18.88 y 29.85 cm). Se concluye que *S. amazonicum* presentó la mayor supervivencia y el mayor crecimiento, mientras que *G. crinita* mostró un desempeño intermedio y *S. parahyba* registró la menor supervivencia y los menores incrementos.

Palabras claves: Crecimiento, mortalidad, supervivencia, sistemas agroforestales

## ABSTRACT

The objective was to evaluate mortality and growth (diameter and height increments) of *Guazuma crinita* (bolaina blanca), *Schizolobium parahyba* (pashaco), and *Schizolobium amazonicum* (pino chuncho) associated with plantain in Leoncio Prado, Huánuco. Three rows per species were established, with twenty plants per row; the row was considered the experimental unit. Diameter was measured at ten centimeters above the ground (mm) and height in centimeters, with evaluations conducted at three, six, and nine months. The analysis included one-way ANOVA for each evaluation and Duncan's multiple range test when appropriate. Mortality was 23.19% in *S. amazonicum*, 25.81% in *G. crinita*, and 27.63% in *S. parahyba*, with *S. amazonicum* showing the highest survival. For diameter, at three months *G. crinita* (3.93 mm) and *S. amazonicum* (3.77 mm) exceeded *S. parahyba* (1.26 mm); at six and nine months, *S. amazonicum* (15.21 and 26.75 mm) outperformed *G. crinita* (6.09 and 7.56 mm), and bolaina blanca exceeded *S. parahyba* (3.99 and 6.97 mm). For height, no differences were detected at three months; at six and nine months, *S. amazonicum* (104.70 and 171.42 cm) surpassed *G. crinita* (55.16 and 75.79 cm), and *G. crinita* surpassed *S. parahyba* (18.88 and 29.85 cm). It is concluded that *S. amazonicum* exhibited the highest survival and the greatest growth, while *G. crinita* showed an intermediate performance and *S. parahyba* had the lowest survival and growth increments

Keywords : Growth; mortality; survival; agroforestry systems.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, la agroforestería se consolida como una estrategia clave para enfrentar los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) destaca que estos sistemas integrados pueden contribuir significativamente a la restauración de tierras degradadas, el aumento de la biodiversidad y la mejora de los medios de vida rurales. En este contexto, evaluar el comportamiento de especies forestales en sistemas asociativos se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo referente a la gestión sostenible de los bosques.

El Perú, con el 57.3% de su territorio cubierto por bosques (SERFOR, 2021), posee un inmenso potencial para el desarrollo forestal sostenible. Sin embargo, este potencial requiere de investigación científica que permita seleccionar especies adaptadas a las diversas condiciones ecológicas del país. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) promueve los sistemas agroforestales como una alternativa productiva que combina la conservación de los recursos forestales con la generación de ingresos económicos para las comunidades rurales, reduciendo la presión sobre los bosques primarios.

En la región Huánuco, específicamente en la provincia de Leoncio Prado, se han implementado sistemas agroforestales como una práctica ancestral mejorada. No obstante, existe un vacío de información científica respecto al comportamiento de especies forestales como *Guazuma crinita* (bolaina blanca), *Schizolobium amazonicum* (pino chuncho) y *Schizolobium parahyba* (pashaco) en asociación con *Musa paradisiaca* (plátano). La evaluación del crecimiento de estas especies bajo este sistema es fundamental para determinar su adaptabilidad, tasas de crecimiento y potencial productivo, proporcionando bases técnicas para el diseño de sistemas agroforestales optimizados en la Amazonía peruana. Bajo lo antes mencionado se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál será el comportamiento de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal en Leoncio Prado, Huánuco?

Bajo esta interrogante la hipótesis que se planteó es La especie *S. amazonicum* presenta un comportamiento significativamente superior en crecimiento en altura y diámetro bajo el sistema agroforestal evaluado en Leoncio Prado, Huánuco, en comparación con *G. crinita* y *S. parahyba*.

El estudio surgió de la necesidad de desarrollar alternativas productivas sostenibles para la Amazonía peruana. La investigación genera información técnica fundamental sobre el comportamiento de especies forestales bajo sistemas agroforestales, permitiendo optimizar su

selección y manejo. Los resultados contribuyen directamente a la toma de decisiones para agricultores y promotores forestales, ofreciendo bases científicas para implementar sistemas que combinen producción y conservación. Asimismo, el trabajo establece lineamientos técnicos para futuras reforestaciones y enriquece el conocimiento sobre el potencial dasométrico de especies promisorias en la región.

La investigación evaluó el comportamiento de tres especies forestales en un sistema agroforestal durante un período de 9 meses, considerando variables dasométricas de altura y diámetro. El estudio se limitará a una parcela experimental de una hectárea en el Centro Poblado de Pendencia, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

- Evaluar el comportamiento de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal en Leoncio Prado, Huánuco.

### **1.1.2. Específico**

- Determinar la mortalidad de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal.
- Determinar el incremento en diámetro de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal.
- Determinar el incremento de altura de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico.

#### 2.1.1. Comportamiento

Juárez (2014) menciona que es la conducta de cada componente de una variable dasométrica, donde no suele seguir una tendencia continua en las curvas, ya que las proporciones relativas están influenciadas por la especie, el entorno y factores ambientales.

Según Galloway (2004), el comportamiento de crecimiento está influenciado por factores como la luz solar, el agua, los nutrientes, la temperatura, el oxígeno y el dióxido de carbono. Por otro lado, Imaña y Encinas (2008) señalan que el crecimiento depende de una variedad de factores, incluidos los aspectos genéticos de las especies y su relación con el entorno, los cuales no siempre pueden ser controlados o modificados.

Otras fuentes de influencia directa en cómo se comporta una especie. Estos incluyen factores climáticos como temperatura, precipitación, viento y sol, así como características topográficas como; la pendiente, elevación y exposición del terreno. Los factores edáficos, como las propiedades químicas, humedad y microorganismos del suelo, también desempeñan un papel importante, al igual que los aspectos biológicos como plagas y enfermedades, y la competencia tanto dentro de la especie como con otras plantas. Además, la actividad humana, como la deforestación, los incendios forestales y otros impactos antropogénicos, también tienen un efecto significativo en el comportamiento de la especie (Imaña et al., 2005).

##### 2.1.1.1. Diámetro

Según Galloway (2004), el incremento en el diámetro de un árbol no es una prioridad alta en términos de la asignación de energía dentro del sistema del árbol. La disminución en la tasa de crecimiento del diámetro es una de las primeras señales de competencia en una plantación, ya que la retracción y la falta de expansión lateral de las copas conllevan a una disminución en el crecimiento del diámetro.

De acuerdo con Cancino (2006), el entorno ejerce un papel decisivo en el incremento del diámetro de los árboles. La calidad del sitio y las prácticas de manejo forestal tienen un impacto significativo, generalmente observándose que en sitios de mayor calidad se registra un crecimiento diametral más notable y se alcanza la edad de máxima productividad en esta medida de forma más rápida.

### **2.1.1.2. Altura**

La importancia dasométrica de la altura es una de las variables primordiales, en conjunto con el diámetro y el volumen de madera del árbol y sus componentes. Estas variables son esenciales para comprender y explicar el proceso de crecimiento del árbol y su aumento en volumen (Imaña, 2011).

Galloway (2004) explica que un árbol en situación competitiva continúa su crecimiento en altura, pero con el tiempo su copa tiende a ser relativamente más pequeña debido a la falta de expansión en su área foliar activa para la fotosíntesis. El aumento en altura conlleva un incremento en las demandas energéticas, ya que los tejidos que realizan respiración, tanto en el fuste como en las raíces, se vuelven más extensos. En consecuencia, hay una menor cantidad de energía disponible para invertir en el crecimiento en diámetro. No obstante, cuando la competencia entre árboles y la reducción de las copas alcanzan niveles críticos, también se produce una disminución en el crecimiento en altura.

### **2.1.2. Sistemas agroforestales**

La agroforestería son técnicas en la cual se define en asociar dos grupos; forestal y agrícola, con la finalidad de aumentar la rentabilidad que refiere a la productividad, donde agrega una opción más al agricultor como técnica de poder tener mejores ingresos con futuras cosechas. Al tener una línea de alternativas aumenta la sustentabilidad en todos los aspectos; económico, social y cultural (Ricse, 2003).

#### **2.1.2.1. Importancia**

Se interrelaciona tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. Como conductor de lograr estabilidad entre los componentes el cual conlleva a mejoras netas en uno o más rango de características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y comerciales. Como ciencia, es multidisciplinaria y a menudo involucra, o debe involucrar, la participación de los agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación (López, 2010).

#### **2.1.2.2. Criterios**

Se basa que los cultivos sean amigables entre sí en tal forma lo especifica las características que debe cumplir; no ser denso en las propiedades de brindar sombra (sinuosa), no insertar especies que compitan, complementar los nutrientes hasta

alcanzar el asocio estable y diversificar la densidad en función a las características de la especie asociada (Chavarría, 2013).

### **2.1.2.3. Beneficios**

Son diversos los beneficios tales son; mantiene la fertilidad del suelo, protege la primera capa del suelo por las altas precipitaciones (escurrimiento), diversifica la fauna, aumenta las etapas de aprovechamiento (corto, mediano y largo plazo), control de malezas y crea nuevas alternativas para el seno familiar (Argüello et al., 2007).

### **2.1.4. Factores que influyen en el crecimiento de especies forestales en sistemas agroforestales (SAF)**

El crecimiento de las especies forestales en sistemas agroforestales está determinado por una compleja interacción de factores ambientales, educativos, biológicos y de manejo. Comprender estos factores es esencial para optimizar la productividad y sostenibilidad de los SAF.

#### **2.1.4.1. Propiedades del suelo y topografía**

Las propiedades del suelo, como la textura, el contenido de materia orgánica, la humedad, la densidad aparente y la disponibilidad de nutrientes (potasio, calcio, relación Ca/Al), influyen directamente en el crecimiento de los árboles. Además, los atributos del terreno como la pendiente, la acumulación de flujo de agua y la posición topográfica afectan la tasa de crecimiento absoluto de las especies forestales. Estudios recientes han demostrado que el tamaño del árbol y los atributos del terreno son factores determinantes del crecimiento, incluso por encima de las propiedades químicas del suelo en algunos casos (Jiang., et al 2021).

Suelos ricos en materia orgánica, como los presentes en ecosistemas peatlands, facilitan un crecimiento adecuado. Paralelamente, el pH, la textura, y la disponibilidad de macronutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P) también condicionan la productividad forestal (Coates et al., 2018).

Las características del suelo influyen en la composición de las especies, las tasas de crecimiento y la dinámica competitiva. Por ejemplo, los suelos ricos en nutrientes suelen promover un crecimiento más rápido de las especies pioneras, mientras que las condiciones pobres en nutrientes favorecen a las especies de crecimiento lento y tolerantes al estrés, como ciertos bosques de coníferas (Leclerc et al., 2023).

Los nutrientes del aceite, como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), son esenciales para procesos metabólicos como la fotosíntesis, la extensión radicular y el crecimiento general. Por ejemplo, el nitrógeno promueve la síntesis de proteínas, mientras que el fósforo mejora la transferencia de energía y el desarrollo radicular. (Ren et al., 2021).

La materia orgánica contribuye a la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua y el ciclo de nutrientes. En los bosques, la hojarasca y la descomposición del material vegetal forman una capa de humus rica en contenido orgánico, lo que aumenta la fertilidad del suelo (Leclerc et al., 2023).

El pH influye significativamente en la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana. Por ejemplo, los suelos ácidos pueden restringir la disponibilidad de fósforo, mientras que los suelos alcalinos pueden inmovilizar micronutrientes como el zinc y el hierro. Las especies arbóreas tienen preferencias específicas de pH (Balog et al., 2016).

#### **2.1.4.2. Competencia y estructura del sistema**

La competencia entre árboles y cultivos, así como la densidad de plantación y el espaciamiento, afectan el crecimiento en diámetro y altura. La competencia vecinal puede limitar el acceso a recursos como luz, agua y nutrientes, impactando negativamente el desarrollo de las especies forestales. Por otro lado, la selección adecuada de especies y arreglos espaciales puede favorecer la complementariedad y reducir la competencia (De Sousa, 2024).

Los niveles de densidad entre individuos o especies relacionadas pueden afectar la disponibilidad de recursos como luz, agua y nutrientes. En bosques tropicales y subtropicales se ha observado que las relaciones entre especies arbóreas son definitorias para el equilibrio del ecosistema (Shao et al., 2025).

En áreas de alta densidad, la competencia por recursos suele resultar en una disminución generalizada del crecimiento individual. Esto se debe a que los recursos esenciales, como agua y nutrientes, se distribuyen entre mayor cantidad de individuos. Este fenómeno es más evidente en las fases de crecimiento temprano y en bosques establecidos tras perturbaciones (Taylor et al., 2020).

La luz es un recurso esencial en los ecosistemas forestales. Las especies que crecen más rápidamente, como las pioneras, tienden a capturar mayor cantidad de radiación solar mediante el desarrollo de copas más grandes, lo cual puede sombrear las

especies de crecimiento más lento, como las tolerantes a la sombra. Esto afecta principalmente a los árboles en las etapas iniciales del establecimiento y durante las fases tempranas de sucesión forestal (Sirolli et al., 2023).

La competencia subterránea es crucial, ya que las plantas compiten por recursos clave como nitrógeno, fósforo y potasio. Especies que forman simbiosis con hongos micorrícicos (como muchas coníferas y especies de bosques templados) tienen una ventaja adaptativa en suelos pobres, maximizando la absorción de nutrientes (Sirolli et al., 2023).

En ecosistemas con recursos hídricos limitados, como los bosques secos o en zonas de sequía, las especies resistentes a la escasez de agua (e.g., raíces profundas o alta eficiencia en el uso del agua) suelen dominar. Esto reduce la competencia directa con especies más demandantes de agua (Pretzsch et al., 2015).

#### **2.1.4.3. Especie y genética**

La respuesta al ambiente varía según la especie y su genética. Algunas especies presentan mayor tolerancia a condiciones adversas o mayor capacidad de crecimiento bajo ciertas condiciones de SAF. La de especies y procedencias adaptadas al sitio es clave para maximizar la selección el crecimiento y la supervivencia (Ortiz, 2022).

Las características genéticas determinan la capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales, tasas de desarrollo y longevidad. La genómica forestal ha permitido identificar genes clave para la mejora de la productividad bajo estrés ambiental (Grattapaglia et al., 2009).

La plasticidad fenotípica, especialmente en árboles longevos, asegura que puedan responder dinámicamente a cambios en temperatura, precipitación o disponibilidad de nutrientes (Di Fabio et al., 2024).

#### **2.1.4.4. Manejo y prácticas agrícolas**

El manejo del sistema, incluyendo la fertilización, el control de malezas, la protección contra herbívoros (como el ramoneo de ganado), y la integración de especies fijadoras de nitrógeno, puede mejorar significativamente el crecimiento de los árboles. La presencia de cultivos asociados, especialmente leguminosas, puede facilitar el crecimiento arbóreo al enriquecer el suelo en nitrógeno. El control de plagas y enfermedades también es fundamental para evitar pérdidas de crecimiento y mortalidad (Thomas, 2021).

La cantidad y la regularidad del agua afectan significativamente los procesos fisiológicos de las plantas, como fotosíntesis y transporte de nutrientes. La disminución del nivel freático, especialmente en turberas, puede tener efectos dramáticos en especies adaptadas a suelos húmedos (Bengtsson et al., 2020).

#### **2.1.4.5. Factores climáticos**

La precipitación y la temperatura influyen en la dinámica de crecimiento, siendo la disponibilidad de agua un factor limitante en muchos contextos. En sistemas agroforestales, la precipitación tiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento en diámetro, mientras que la temperatura puede tener un efecto menor o nulo dependiendo de la especie y el contexto (Flumignan et al., 2023).

El régimen térmico, las precipitaciones, y la radiación solar determinan la distribución geográfica y la tasa de crecimiento de especies forestales. Por ejemplo, cambios en el clima pueden moldear la capacidad de adaptación de grandes masas boscosas, especialmente en áreas sensibles como las taigas (Liu et al., 2021).

Las pendientes y la orientación determinan la cantidad de luz y calor disponibles para las plantas, lo cual afecta directamente su tasa metabólica. Estudios recientes enfatizan cómo estas características moldean la regeneración y diversidad forestal en regiones montañosas (Gairola et al., 2012).

El crecimiento de los árboles responde principalmente a la temperatura y la disponibilidad de agua. Un aumento de la temperatura puede favorecer el crecimiento en zonas frías, pero en regiones cálidas o con déficit hídrico, el estrés por sequía reduce el crecimiento y la supervivencia (Gheorghe et al., 2025).

El aumento de temperaturas, la alteración de los regímenes de precipitación y la mayor frecuencia de eventos extremos (sequías, incendios, plagas) están modificando los patrones de crecimiento y la dinámica de los bosques. Se observa una tendencia hacia bosques más jóvenes, con mayor mortalidad y menor almacenamiento de carbono, especialmente en regiones boreales y templadas (Vacek et al., 2023).

### **2.1.3. *Guazuma crinita* Mart. (bolaina blanca)**

#### **2.1.3.1. Aspectos taxonómicos (APG IV, 2016)**

Reino : Plantae

Filo : Tracheophyta.

Clase : Magnoliopsida.

Orden : Malvales.

Familia : Malvaceae.

Genero : Guazuma.

Especie : *Guazuma crinita* Mart.

### **2.1.3.2. Descripción botánica.**

IIAP (2009) lo describe como individuo arbóreo que puede tener un diámetro de entre 25 y 80 centímetros y alcanzar una altura total de 15 a 30 metros. Tiene un tronco recto y cilíndrico con pequeñas aletas en la base y una copa globosa irregular. Su corteza externa puede ser lisa o finamente agrietada, de color marrón claro a grisáceo, mientras que la interna es fibrosa y forma un tejido finamente reticulado de color amarillo claro que se oxida rápidamente a marrón. Sus hojas son simples, alternas y dísticas. Las ramas terminales son circulares y presentan pubescencia ferruginosa en las partes apicales. Su fruto es una cápsula globosa que contiene flores pequeñas de 8 a 12 milímetros de longitud y de color rosado.

Reynel et al. (2003) describen las características morfológicas de *G. crinita*, indicando que sus hojas son simples, alternas y dispuestas en forma dística, con dimensiones que oscilan entre 10 cm y 18 cm de longitud por 5 cm y 7 cm de ancho. Los pecíolos miden aproximadamente de 1,5 cm a 2 cm de largo, presentando una forma pulvinulada. Las láminas foliares son ovadas, frecuentemente asimétricas y con bordes aserrados, mostrando una nervadura de tipo palmeado con nervios secundarios notablemente prominentes tanto en el haz como en el envés. Poseen un ápice agudo y acuminado, una base cordada y están cubiertas de una pubescencia compuesta por pelos estrellados y escamosos, especialmente en el envés. Las flores son pequeñas, hermafroditas, con una longitud que va de 8 mm a 12 mm, y presentan un cáliz y corola rosados de entre 6 mm y 12 mm de longitud, cada pétalo con forma de cuchara y 18 con dos largos apéndices en el extremo. El androceo está conformado por cinco columnas estaminales que llevan numerosas anteras en su extremo, mientras que el gineceo presenta un ovario súpero y ovoide de tamaño reducido.

Flores (2002) difiere con los autores anteriores al señalar que las semillas de *G. crinita* tienen 1 mm de longitud y 1 mm de diámetro, y que el número de semillas/fruto oscila entre 10 a 20 semillas. También agrega que el número de semillas por

kilogramo es de aproximadamente 860 000 unidades, existiendo un rango de 700 000 y 900 000 semillas. Además, la reconoce como moderadamente ortodoxas.

#### **2.1.3.3. Distribución geográfica.**

Se distribuye en el Neotrópico, se puede encontrar de Centroamérica, hasta el sur de Brasil y Bolivia. También esta especie se esparce en gran parte de la Amazonía peruana, generalmente en las regiones de Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali. Principalmente en los bosques bajos inundables, no inundables, en los márgenes de los ríos y quebradas (Ushiñahua, 2016).

#### **2.1.3.4. Comportamiento en plantaciones.**

Reynel et al. (2003) la describen como una especie muy exigente en luz, es de crecimiento rápido y poder de regeneración alta.

En las plantaciones, se recomienda una densidad de siembra de aproximadamente 1 111 árboles por hectárea, lo que implica un espaciamiento de siembra de 3 metros por 3 metros. El primer raleo debe llevarse a cabo al cumplirse el tercer año. La siembra en el campo definitivo generalmente se lleva a cabo durante la época lluviosa, que abarca de noviembre a febrero. Este período asegura una buena tasa de prendimiento y supervivencia de las plantas, así como su vigor para resistir la sequía que suele ocurrir después de su establecimiento (IIAP, 2009).

#### **2.1.3.5. Requerimientos ecológicos.**

Según Flores (2007) estas especies suelen desarrollarse principalmente en bosques secundarios y en las cercanías de cursos de río. Se destacan por formar agrupaciones densas y homogéneas, especialmente en áreas que han sido abandonadas recientemente tras la práctica de la tala y quema agrícola. Sin embargo, su presencia es menos frecuente en pastizales o zonas altamente degradadas. Por otra parte, Reynel et al. (2003) añaden que *G. crinita* suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos; no tolera el anegamiento, principalmente cuando es una plántula.

Wightman et al. (2006) agrega que, en Ucayali, las mejores plantaciones se encuentran en zonas aluviales y en suelos que van de franco -arcillosos a arcillosos, alcanzado alturas de 10 m a los cuatro años después de instalados.

Según IIAP (2009), se indica que el desarrollo de *G. crinita* se produce en suelos de baja calidad con cierta limitación en el drenaje, aunque su capacidad de competir con otras especies es reducida.

#### **2.1.3.6. Usos.**

Generalmente son usadas para viviendas prefabricadas (machimbrado), cajonería, ebanistería, laminados, mondadientes, palitos de fosforo embalajes, molduras y para recuperación de suelos degradados en sistemas agroforestales (Flores, 2007).

### **2.1.4. *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Pino chuncho)**

#### **2.1.4.1. Aspecto taxonómico (APG IV, 2016)**

Reino : Plantae

Filo : Tracheophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Fabales

Familia : FABACEAE

Género : *Schizolobium* Vogel

Especie : *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke

#### **2.1.4.2. Descripción general.**

Es un árbol bipinnado con una altura de 18-25 m, un diámetro de tronco de 60-80 cm, tronco cilíndrico, copa mediana, hojas de color verde claro y hojas espirales alternas. La floración ocurre entre octubre y noviembre, al final de la estación seca, y la fructificación ocurre entre noviembre y diciembre, al comienzo de la estación lluviosa. La inflorescencia consta de flores amarillas y blancas dispuestas en el extremo terminal. El fruto es alargado y plano, de 8-10 cm de largo y 2,5-3,5 cm de ancho con punta redondeada, en forma de espátula, vaina o bivalvo, con la superficie lisa de color marrón rojizo o marrón oscuro y contiene semillas. El fruto es similar en forma y tamaño, pero con alas laterales (Gonzales, 2011).

#### **2.1.4.3. Distribución Geográfica**

Viven principalmente en la región del Amazonas, el rango de altitud de la especie varía entre 150 y 1.500 metros sobre el nivel del mar, extendiéndose desde

llanuras aluviales hasta estribaciones, pero puede adaptarse a una variedad de condiciones geográficas. Se observa no sólo en regiones con precipitaciones elevadas y continuas, sino también en regiones con estaciones secas pronunciadas. Esta es una especie que crece en la superficie, tiende a crecer rápidamente y se encuentra en bosques secundarios tempranos y tardíos y claros de bosques primarios. Prefiere suelos arenosos a fangosos, de fertilidad media a alta, siempre bien drenados y con un contenido de piedras de bajo a medio. Esta especie es muy sensible al encharcamiento y no lo tolera, especialmente en plántulas. En Perú se presenta principalmente en los departamentos de Loreto y Ucayali (Reynel *et al.*, 2003).

*Schizolobium* es un género restringido al Neotrópico, distribuido desde el sur de México hasta el sureste de Brasil (estados de Rio Grande do Sul y Paraná). En Bolivia, *Schizolobium* está geográficamente extendido, extendiéndose desde la parte norte del país hasta la parte centro-oriental del país. Prefiere un clima estacional tropical húmedo a subhúmedo, con una precipitación media anual de 1.200 a 2.500 mm (Gonzales, 2011).

#### **2.1.4.4. Comportamiento en sistemas agroforestales**

El pino chuncho es apto para sistemas agroforestales debido a su rápido crecimiento y buena forma, se considera una especie fijadora de nitrógeno, por lo que se utiliza para remediar suelos pobres (Fredericksen *et al.*, 2001).

#### **2.1.4.5. Requerimientos ecológicos**

Es una especie puramente heliófita cuyo crecimiento ha sido estimulado y es muy común en bosques secundarios en zonas expuestas a grandes perturbaciones como incendios o deslocalizaciones agrícolas. Rara vez se ve en bosques ribereños inundados, pero es relativamente común en bosques ribereños en terrazas altas, especialmente en las orillas de ríos de aguas negras (Gonzales, 2011).

#### **2.1.4.6. Usos**

La madera de pino chuncho es suave y se usa comúnmente para fabricar laminados, enchapados, tableros de partículas, puertas, cajas, modelos, juguetes, bloques de zapatos y embalajes. Además, tiene propiedades que lo hacen apto para la producción de pulpa de papel (Fredericksen *et al.*, 2001).

### **2.1.5. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake (Pashaco)**

#### **2.1.5.1. Aspecto taxonómico (APG IV, 2016)**

Reino : Plantae

Filo : Tracheophyta.

Clase : Magnoliopsida.

Orden : Fabales.

Familia : FABACEAE

Género : *Schizolobium Vogel*

Especie : *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake

### 2.1.5.2. Descripción botánica.

De acuerdo con Reynel et al. (2003), *Schizolobium parahyba* (pachaco) es un árbol de porte medio a grande, que alcanza entre 18-25 m de altura total y presenta un fuste cilíndrico de 30-70 cm de diámetro, con la ramificación concentrada en el tercio superior y la base del fuste recta.

La corteza externa varía de lisa a agrietada, con colores que van del marrón rojizo al grisáceo, y presenta un ritidoma en pequeñas placas rectangulares a cuadrangulares de 1.5-4 cm de ancho. La corteza interna es homogénea, de color amarillo blanquecino y desprende un olor característico a legumbre. Las ramitas terminales, de sección circular, exhiben tonalidades marrón rojizo a marrón claro al secarse y son glabras.

El árbol presenta hojas compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral. Sus inflorescencias son panículas multifloras de 20-40 cm de longitud, producidas en ramitas defoliadas. Las flores son hermafroditas, zigomorfas y de mediano tamaño. Los frutos son alargados, planos y de superficie lisa, con una única semilla alada de forma y tamaño similar al fruto, presentando un ala lateral.

### 2.1.5.3. Distribución geográfica

La especie *S. parahyba* (pachaco) tiene su distribución natural en la región Amazónica, desarrollándose predominantemente por debajo de los 1200 m.s.n.m. (Reynel et al., 2003). Esta especie muestra notable adaptabilidad climática, prosperando tanto en ambientes de pluviosidad elevada y constante como en aquellos con una estación seca marcada.

Ecológicamente, el pachaco presenta características heliófitas y de crecimiento rápido, lo que explica su presencia en bosques secundarios tempranos y tardíos, así como en claros del bosque primario. En cuanto a sus requerimientos edáficos, prefiere suelos

de textura arenosa a limosa, con fertilidad media a alta, necesariamente bien drenados y con pedregosidad de baja a media (Reynel et al., 2003).

#### **2.1.5.4. Comportamientos en sistemas agroforestales**

La especie *Schizolobium parahyba*, conocida comúnmente como Pachaco, se destaca por su doble valor: ecológico y económico, lo que la convierte en un recurso forestal de gran interés. Desde una perspectiva ecológica, el Pachaco presenta un alto potencial para su integración en sistemas de producción sostenible. Su capacidad de crecimiento rápido y de regeneración natural la hace idónea para enriquecer sistemas agroforestales, actuar como especie pionera en la recuperación de ecosistemas degradados y favorecer la sucesión vegetal en sus etapas iniciales (brinzal) (Ecuador Forestal, 2010).

#### **2.1.5.5. Requerimientos ecológicos**

Es un árbol heliófita, no tolera la sombra, no resiste el ataque de hongos o termitas, y no tolera suelos superficiales, suelos arenosos pobres o demasiado secos o encharcados. Suele desarrollarse en lugares con temperaturas de 22-27°C y precipitaciones a 1200-1500 mm y a 150-1500 msnm (Ecuador Forestal, 2014).

#### **2.1.5.6. Usos**

En el ámbito económico, la madera de Pachaco ofrece versatilidad para la industria de la transformación forestal. Sus características la hacen apta para la fabricación de una gama de productos de valor agregado, que incluyen chapas y enchapados, así como elementos de carpintería de interior como puertas, cajones y mobiliario. Asimismo, es una materia prima común en la producción de artículos de menor escala, como maquetas y juguetes (Ecuador Forestal, 2010).

### **2.1.6. *Musa paradisiaca* L. (Plátano)**

#### **2.1.6.1. Aspecto taxonómico (APG IV, 2016)**

Reino : Plantae  
 División : Tracheophyta  
 Clase : Liliopsida  
 Orden : Zingiberales  
 Familia : MUSACEAE

Género : Musa

Especie : *Musa paradisiaca* L.

### **2.1.6.2. Descripción general**

Planta perenne de origen asiático, es una especie herbácea que puede alcanzar alturas entre 3.5 y 7.5 metros. Su cultivo y consumo se han extendido globalmente, siendo cultivada en regiones tropicales durante todo el año y desempeñando un papel crucial en la economía de numerosos países en desarrollo. Además, ocupa el cuarto puesto como uno de los cultivos más significativos a nivel mundial, destacándose como un producto básico y de exportación (MINAGRI, 2014).

### **2.1.6.3. Clima y suelo**

El plátano es adaptable a diversas altitudes, desde el nivel del mar hasta los 2000 metros, siempre y cuando la temperatura se mantenga entre 22°C y 29°C y la precipitación anual promedio alcance los 2000 mm. Suelos con un pH entre 6.5 y 7 son ideales, aunque también puede tolerar ligeras variaciones hacia lo ácido (5.5) o alcalino (7.2). Los suelos óptimos para su crecimiento son aquellos con texturas francoarenosas, francos arcillosos, francos arcillo limosos y francos limosos, que sean ricos en materia orgánica y potasio, fértiles, bien drenados, permeables y profundos, con una profundidad de 1.2 a 1.5 metros. Además, el plátano prospera mejor en terrenos con pendientes planas, que no superen el 1% (AGROBANCO, 2013).

## **2.2. Estado del arte.**

En el CIPTALD–Tulumayo, Pérez Camones (2024) evaluó el efecto de nueve dosis de YaraMila Complex (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 g/planta) en bolaina blanca (*Guazuma crinita*) asociada con dos especies forestales, midiendo incrementos de diámetro (mm) y altura (cm) a los 2, 4 y 6 meses. Reportó que 60 g/planta (T7) obtuvo los mayores incrementos de diámetro (13,67; 38,22; 55,74 mm, respectivamente), mientras que 70 g/planta (T8) alcanzó la mayor altura a los 6 meses (271,66 cm). Al correlacionar las variables por tratamiento, T7 mostró valores altos (0,98; 1,00; 0,91); además, la mortalidad fue 0 % en T4 (30 g) y T7 (60 g), sugiriendo que dosis entre 60–70 g/planta favorecen el crecimiento temprano y la supervivencia en *G. crinita* bajo arreglo agroforestal.

Tuesta (2023) en *Schizolobium parahybum* evaluó el crecimiento y desarrollo, con 200 individuos en un periodo de 120 días, todo esto se dio en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto. Obteniendo un incremento en promedio; diámetro 1,32 cm., la altura de 107.26 cm y un 85,5% de sobrevivencia, mientras que la mortalidad alcanzó el 14,5%. Teniendo en cuenta que se calificó la calidad; regular con 110 plantas que representa el 63,95% del total, seguido por la calidad buena con 53 individuos que representa el 30,81% y 9 plantas de calidad mala que viene a ser 9% del total de plantas vivas.

Padilla (2023) en la región de Loreto, realizó un estudio en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* y *Carapa guianensis* con la finalidad de determinar el incremento medio anual en altura y diámetro, para lo cual se tomaron las mediciones DAP y la altura comercial (hc) reforestadas en 1996, donde los resultados mostraron que la especie de *C. cateniformis* presenta un promedio anual de altura de 0.88 m/año mientras la *C. guianensis* 0.62 m/año y en función al diámetro mostro que la *C. cateniformis* con un diámetro promedio de 1.44 cm/año por el lado de *C. guianensis* un 1.74 cm/año. Teniendo en cuenta que los crecimientos e incrementos promedios de altura y diámetros se consideran muy bajos, debido fundamentalmente a la falta de mantenimiento de la plantación.

Sevillano (2023) en el distrito de San Juan Bautista, región de Loreto realizó una evaluación de dinámica de una plantación de *Cedrelinga cateniformis* en un área degradada con la finalidad de determinar el diámetro, altura y sobrevivencia; constituida por 100 individuos en una superficie de 0.75 hectáreas y evaluados en 8 subparcelas. Realizado en el distrito de distrito de San Juan Bautista, en la provincia de Maynas, región Loreto. Determinó que el mayor diámetro fue de 2,79 cm de incremento y el menor 1,23 cm, en altura 104, 58 cm y 56,55 cm respectivamente y se registró un 73% de sobrevivencia. Cabe mencionar que la plantación fue instalada en julio del 2021 y evaluada hasta el mes de mayo del 2023.

Sánchez (2023) realizó un estudio en dos plantaciones sobre crecimiento en su estado fitosanitario, teniendo como componente a la especie de *Carapa guianensis* instaladas en el año 2020, evaluados en la localidad de San Juan Bautista, provincia de Maynas, Loreto. La investigación se realizó en las Parcelas N° 11 y 14 del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal – Puerto Almendra. estando constituida por 400 individuos destinados para evaluar diámetro, crecimiento y mortandad en un periodo de 3 meses, se determinó que el incremento promedio en diámetro es de 4,10 mm., promedio en altura es de 9,74 cm y en mortandad un

promedio de 15.5 % de las dos parcelas. Considerando que la baja mortandad se relaciona con el estado fitosanitario de las plantaciones.

Mera (2022) en su investigación, evaluación fitosanitaria de plantaciones de *Calycophyllum spruceanum*, determino los parámetros: sobrevivencia, mortandad, vigorosidad, daños por insectos, signos y síntomas, para conocer su estado actual, esto fue en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, Loreto. El estudio se realizó en campo abierto en cinco plantaciones de *C. spruceanum* instalada en el año 2019, con 40 individuos por plantación, haciendo un total de 200 individuos, esto se dio después de cinco meses de haber sembrado los plantones, donde 110 (75 %) individuos se encuentran dentro de la categoría sano, 22 (15 %) individuos que se encuentran en categoría leve, 8 (10 %) individuos se encuentran en categoría regular y 6 (4 %) en categoría grave; el estado fitosanitario es sano en la que 136 (93%) individuos se encuentran sanos, 7 (5%) individuos aceptablemente sanos y 3 (2%) individuos enfermos. Se determinó que la supervivencia de las plantaciones es de 146 individuos, que representan el 73 % del total sembrado inicialmente.

En invernadero (UEG, Goiás), Oliveira et al. (2022) evaluaron plántulas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* en una factorial 4×5 (cepas de *Trichoderma*: control, *T. harzianum* IBLF006WP/IBLF006SC y *T. asperellum* URM5911 × boro: 0–2,0 mg dm<sup>-3</sup>), 7 repeticiones y 120 días. Se midieron altura y diámetro del tallo (a 2 cm), además de biomasa. Hubo efecto significativo de boro, cepas e interacción ( $p \leq 0,01$ ), con CV = 9,49 % (altura) y 6,98 % (diámetro). En altura, el control sin *Trichoderma* y sin boro alcanzó 56,04 cm; las alturas máximas modeladas fueron 49,31 cm (IBLF006WP) y 54,22 cm (URM5911). La dosis cercana a 0,87 mg dm<sup>-3</sup> incrementaría la altura en  $\approx 7$  cm, pero con reducción de  $\approx 2$  mm en el diámetro. En diámetro, IBLF006WP, IBLF006SC y URM5911 quedaron 2,2; 4,2; 2,8 mm por debajo del punto máximo del control. En biomasa foliar, a 2,0 mg dm<sup>-3</sup> las cepas IBLF006WP y URM5911 aumentaron la masa fresca en  $\approx 38$  % y 23 %, y la masa seca en  $\approx 50$  % y 86 % respecto al control. Se concluye que IBLF006WP confiere mayor tolerancia al boro, seguido de URM5911, con beneficios principalmente en biomasa foliar.

Huayama (2021) en la evaluación de sitios para el establecimiento de plantaciones forestales de *Guazuma crinita*, en Yuyapichis, provincia de Puerto Inca de la region de Huanuco. Concluye en líneas generales que sólo el 66% del área evaluada cumplen las características edafoclimáticas requeridas. Determinando que los no aptos para la instalación de la especie, que gran parte se encuentran cerca al margen del río.

Sales et al. (2021). En un estudio de caso en la Amazonía brasileña, Sales y colaboradores evaluaron el crecimiento y rendimiento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) en un sistema agroforestal con soya y maíz, plantado a  $5 \times 2$  m ( $\approx 1\ 000$  árboles  $\text{ha}^{-1}$ ) y bajo seis tratamientos de manejo de suelo (T1–T6). Se midieron diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total a los 8, 22 y 36 meses, junto con la supervivencia. A los 8 meses, la supervivencia fue alta (97–99%); a los 22 meses, T2 alcanzó 92%, mientras que T1 y T6 registraron 79%; a los 36 meses se observaron reducciones generales, con T2 y T4 entre las más altas. Durante el periodo de consorcio (primeros 18 meses), T2 mostró mayores valores de DAP y altura ( $p < 0,05$ ), aunque las proyecciones indicaron estancamiento temprano de T2 y mejor desempeño futuro de T6 (así como recuperación de T1 y T5).

Párraga (2019) evaluó a la especie *Dipteryx férrea* en tres sistemas de plantación para determinar; rendimiento dasométrico y la productividad, 53, 37 y 72 individuos respetivamente que seleccionó 10 individuos para cada parcela (sistema) con una edad de 15 años. Todo esto se llevó a cabo en el distrito de Irazola, Provincia de Padre Abab, Región Ucayali. Especifica que los sistemas evaluados; agroforestal 20x20 m, agro bosque 5x25 m y pura 5x5 m. Donde mostraron los mejores resultados; el s. agro bosque con DAP 26,88 cm, 19,74 y una productividad de 1467  $\text{m}^2$  de área basal con un volumen de 7,03  $\text{m}^3$ ., la plantación pura presentó el índice más bajo con; altura (8,27 m). No obstante mencionar que el mayor índice de esveltes, vigorosidad y rectitud del fuste presento el sistema agroforestal.

Mudarra (2019) al estudiar el crecimiento de la especie *Cedrelinga cateniformis* bajo 3 sistemas agroforestales; tratamiento T1 (Sistema: Tornillo, pijuayo, copuazu, guaba, plátano y arazá.), T2 (Sistema: Tornillo, pijuayo, copuazu, piña, plátano y uvilla) y T3 (sistema: Tornillo, pijuayo, huasahi, copuazu, piña y guaba.), 540 plántulas de *C. cateniformis*, evaluación inicial (altura entre 35 cm a 50 cm y diámetros de 0,3 cm a 0,6 cm), densidad de instalación de 12 x 12 m. Determino que el T1 incremento una altura mayor de un promedio de 4.3 m y un diámetro de 8.3 cm. y el T2 menor incremento en altura con un promedio de 1,6 m y un diámetro promedio de 4.3 cm. Se agrega que la evaluación se dio en un periodo de 3 años.

En su tesis de pregrado, Mallqui Espíritu (2019) evaluó el efecto del compost y del tamaño de hoyo en el crecimiento inicial de *Schizolobium amazonicum* (“pino chuncho”) en suelos degradados del caserío Sausal (Naranjillo, Huánuco). El ensayo duró seis meses y se aplicó un diseño en bloques completos al azar con dos factores: dosis de compost (0, 1 y 2 kg) y tamaño de hoyo (20×20×20 y 30×30×30 cm), generando seis combinaciones. Se midieron

incrementos en altura y diámetro. Los bloques no afectaron significativamente las respuestas; el compost sí mostró efecto significativo, mientras que el tamaño de hoyo, por sí solo, no fue significativo para diámetro. Hubo interacción significativa entre factores: el mayor incremento diametral se observó con 30×30×30 cm + 2 kg de compost (media 0,40 cm), y para altura la combinación con 2 kg de compost alcanzó los 19,78 cm de incremento en el hoyo mayor; a los seis meses, los promedios finales favorecieron 2 kg de compost para altura (43,40 cm) y 0,65 cm para diámetro, superando a los niveles inferiores, con confirmación por Duncan. Este antecedente respalda el uso de enmiendas orgánicas y una adecuada preparación del hoyo para mejorar el establecimiento y crecimiento temprano de *S. amazonicum* en contextos de degradación edáfica.

Laura (2018) evaluó variables dasométricas en plantaciones de *Guazuma crinita*, para estimar el incremento medio anual (IMA) en; dap y altura total, a los 5 años de edad con tratamiento I, II Y III (En pasto, purma y bosque secundario joven respectivamente). Todo esto se dio en el distrito de Puerto Inca, Huánuco. Determinó que el tratamiento con mayor incremento en dap durante el primer año es el tratamiento III, alcanzando un IMA en dap de 6,9 cm/año, seguido de 6,0 cm/año del tratamiento II y 4 cm/año del tratamiento I. El IMA decrece cada año y en el quinto año la diferencia de éste en los tres tratamientos es menor: en el tratamiento I en dap es de 2,8 cm/año y en los otros dos es de 3,1 cm/año. En altura el tratamiento III, alcanzando un IMA en altura total de 5,6 m/año, seguido de 4,6 m/año del tratamiento II y 3,2 m/año del tratamiento I. En el primer año las diferencias entre los tratamientos eran mayores, sin embargo, ésta fue reduciéndose con el transcurso del año, en el año 5 el IMA ht del tratamiento I es de 3,2 m/año, del tratamiento II es de 3,5 m/año y del tratamiento III es 3,7 m/año. Cabe mencionar que estas evaluaciones se extrajeron de los inventarios forestales de la empresa RAMSA que se encuentra almacenada en el software del Sistema MiraSilv.

En invernadero (UFRA, Pará), Alves et al. (2018) evaluaron *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* en una factorial 5 sustratos × 3 frecuencias de riego (diario, cada 2 y cada 3 días). A los 90 días, las mayores alturas se lograron con 50% suelo + 50% estiércol bovino (64,24 cm) y 75% suelo + 25% estiércol (61,58 cm); el suelo solo obtuvo 52,70 cm, el compuesto químico 54,51 cm y la arena 29,62 cm. Por riego, la altura a 90 días fue 55,87 cm (cada 3 días), 53,80 cm (cada 2 días) y 47,87 cm (diario). En diámetro, a 90 días el máximo se observó con 50% suelo + 50% estiércol y riego diario (0,77 cm); con 75/25 + diario fue 0,67 cm, mientras arena registró 0,37–0,45 cm según régimen. A 60 días, el diámetro fue 0,51 cm

(suelo), 0,50–0,48 cm (mezclas con estiércol) y 0,37 cm (arena). La calidad de planta también mejoró con sustratos orgánicos: TDM alcanzó 12,67 g (50/50) vs. 2,72 g (arena) y el DQI llegó a 0,17 (50/50 con riego diario). En conjunto, los sustratos con estiércol bovino y riegos no diarios favorecieron significativamente el crecimiento en altura y diámetro; arena fue consistentemente el peor medio.

En Pará (Brasil), Castro-Coimbra et al. (2016) evaluaron el crecimiento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* en arreglos forestales con y sin curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), en bloques completos al azar con parcelas subdivididas en el tiempo, midiendo altura y DAP cada 6 meses durante 36 meses (distancia 4×3 m; seis tratamientos). A los 3 años, el sistema con curauá alcanzó 7,12 m de altura y 9,86 cm de DAP, frente a 6,64 m y 7,76 cm sin curauá; a los 4 años, 10,34 m y 12,43 cm con curauá versus 7,06 m y 9,99 cm sin curauá; a los 5 años, 9,76 m y 13,90 cm con curauá frente a 9,26 m y 12,85 cm sin curauá (diferencias significativas según ANVA/SNK). El crecimiento fue más intenso en los dos primeros años y luego se mantuvo con tendencia moderada; el componente agrícola mostró efecto positivo sobre el desempeño de *Schizolobium*. El estudio no reportó mortalidad como variable de respuesta.

En la Universidad Federal de Acre, Pereira et al. (2015) evaluaron el desarrollo de *Schizolobium amazonicum* en diferentes espaciamientos durante 24 meses, con 3 bloques y 3 parcelas por bloque (25 plantas por parcela). Reportaron que el Tratamiento 1 obtuvo la mayor altura promedio final, 776,00 cm, con un incremento de 736,60 cm en el período. En diámetro, el mejor resultado se observó en el Tratamiento 3, con 9,30 cm de diámetro promedio e incremento de 8,72 cm a los 24 meses. Los autores resaltan que las plantaciones con criterios agroecológicos contribuyen a la captura de CO<sub>2</sub> y pueden ofrecer resultados favorables de crecimiento en comparación con bosques nativos, subrayando la importancia del espaciamiento para el desempeño temprano.

Cabrera (2014) manifiesta que en su estudio realizado sobre el comportamiento silvicultural de la *Guazuma crinita* bajo la influencia de la densidad de plantación; con 1600, 1111, 816 y 625 plantas por hectárea, para determinar los parámetros de; crecimiento de altura y diámetro de fuste y copa a partir del segundo año de instalación. Todo esto se realizó en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria - Puerto Súngaro de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado a 26.5 km de la ciudad Tingo María; el resultado que obtuvo con mayor crecimiento a una densidad de 1600 plantas por hectárea de 13.18 m y un incremento de 8.37 m. , diámetro del fuste a una densidad de 816 plantas por

hectárea con 13.35 cm, incremento de 6.43 cm y diámetro de copa una densidad de 625 plantas por hectárea con 4.52 m y un incremento de 1.93 m. Teniendo en cuenta que esta evaluación se realizó a los 12, 18 y 24 meses de instalación.

Lozano (2014) evaluó el crecimiento inicial, sobrevivencia y mortandad de tres especies forestales de; *Schizolobium amazonicum*, *Eucalyptus torrelliana* y *Cedrelinga cateniformis* con 240 plántulas para el ensayo en un periodo de 105 días, con 6 tratamientos tales: a1b1 (plántulas de “pino chuncho” sembradas con pan de tierra), a1b2(plántulas de “pino chuncho” sembradas a raíz desnuda), a2 b1 ( plántulas de “eucalipto torrellano” sembradas con pan de tierra), a2 b2 (plántulas de “eucalipto torrellano” sembradas a raíz desnuda), a3b1 (plántulas de “tornillo” sembradas con pan de tierra) y a3b2( plántulas de “tornillo” sembradas a raíz desnuda) y 40 individuos respectivamente. Presentando mayor incremento en altura fue a1b1 con 2,2 cm, el tratamiento con mayor incremento en diámetro fue a1b2 con 0,1 mm y el tratamiento que presentó mejor comportamiento en sobrevivencia fue a1b1 con 90% de plantas vivas.

Minaya (2013) en su estudio en el distrito de José Crespo y Castillo donde determinó los parámetros; crecimiento de altura, diámetro basal, diámetro de copa, mortandad de 5 especies forestales; *Swietenia macrophylla*, *Cedrela lilloi*, *Guazuma crinita*, *Calycophyllum spruceanum* y *Schizolobium parahyba* todos con 120 individuos de muestra. Obtuvo como resultado en altura total; 2.50, 3.35, 6.26, 3.94 y 6.10 m. respectivamente, diámetro basal; 3.73, 5.62, 7.96, 5.23 y 8.14 cm., diámetro de copa; 0.98, 1.49, 3.11, 2.18 y 3.29 m., mortandad; 3, 0, 0, 2 y 1 muerto y mostrando un comportamiento. Teniendo en cuenta que su evaluación inicial de altura; 0.30, 0.45, 0.47, 0.63 y 0.42 m., diámetro basal; 0.48, 0.42, 0.44, 0.68 y 0.42 cm., diámetro de copa; 0.31, 0.28, 0.20, 0.28 y 0.33 m. Cabe mencionar que todas las evaluaciones se hicieron a un mes de la instalación.

En Naranjillo (Huánuco), Isla (2013) evaluó en vivero siete sustratos (suelo agrícola, aserrín, cascarilla de arroz, estiércol de cuy, humus, mantillo y arena) para *Schizolobium amazonicum* bajo un Diseño Completamente al Azar. En altura, el sustrato suelo agrícola + mantillo (T6) obtuvo el promedio más alto: 16,7 cm, con diferencias significativas frente a los demás tratamientos. En mortalidad, hubo diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ; CV = 31,6 %): el tratamiento con estiércol de cuy (T3) registró 72,2 %, humus y testigo 11,1 %, mientras que arena y aserrín no presentaron pérdidas (0 %). Estos resultados confirman que la calidad del sustrato incide de forma marcada en la supervivencia y el crecimiento en altura del pino chuncho en etapas tempranas.

En Puerto Ocopa (Satipo), Villalva (2011) evaluó el crecimiento de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) en tres estratos altitudinales (I: 368–410 m; II: 411–453 m; III: 454–497 m), instalando nueve parcelas (tres por estrato) de 15 × 30 m (450 m<sup>2</sup>) en bosque muy húmedo premontano tropical (temperatura 24–28 °C, precipitación 2 000–2 500 mm/año, HR 80 %). Se midieron supervivencia, altura y diámetro, y se ajustó un modelo de tasa de crecimiento inicial relativo:  $Y = \exp(-1,2039 + 0,20757 \cdot x)$  (válido hasta 20 meses). La supervivencia promedio fue 81 %, con 95 % en el estrato II. A los 15 meses, el estrato I presentó el mayor crecimiento (altura media 6,48 m; diámetro 7,71 cm), superior a los estratos II y III; el suelo del estrato I mostró P = 8,08 mg/kg, frente a 7,03 y 1,75 mg/kg en los estratos II y III, respectivamente. Estos resultados evidencian que el gradiente altitudinal y la fertilidad (fósforo) condicionan la supervivencia y el crecimiento temprano de la bolaina en arreglos agroforestales.

En Colares (Pará, Brasil), Ohashi et al. (2010) compararon cuatro procedencias de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* en un diseño en bloques al azar (5 repeticiones; parcelas de 36 plantas con 25 útiles; 4 × 4 m de espaciamiento), evaluadas a los 3 años en supervivencia, altura y DAP. Se detectaron diferencias significativas entre procedencias para supervivencia, altura y DAP. Los promedios por procedencia fueron: Belterra (93,89 % de supervivencia; 7,38 m; 10,34 cm), Ji-Paraná (87,78 %; 7,07 m; 10,44 cm), Alta Floresta (82,78 %; 7,15 m; 10,50 cm) y Brasiléia (70,00 %; 5,76 m; 9,03 cm). La media general del ensayo fue 83,61 % (supervivencia), 6,84 m (altura) y 10,07 cm (DAP). Los autores recomiendan Belterra, Alta Floresta y Ji-Paraná para reforestación y sistemas agroforestales en la región, mientras Brasiléia mostró el desempeño más bajo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

La investigación se desarrolló en un terreno agrícola de **1 ha**, ubicado en el Centro Poblado de Pendencia del caserío San Cristóbal, propiedad del Sr. Chadly Vega Veramendi. El área de estudio se situó políticamente en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, en la región Huánuco.



**Figura 1.** Ubicación del sistema de plantación.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

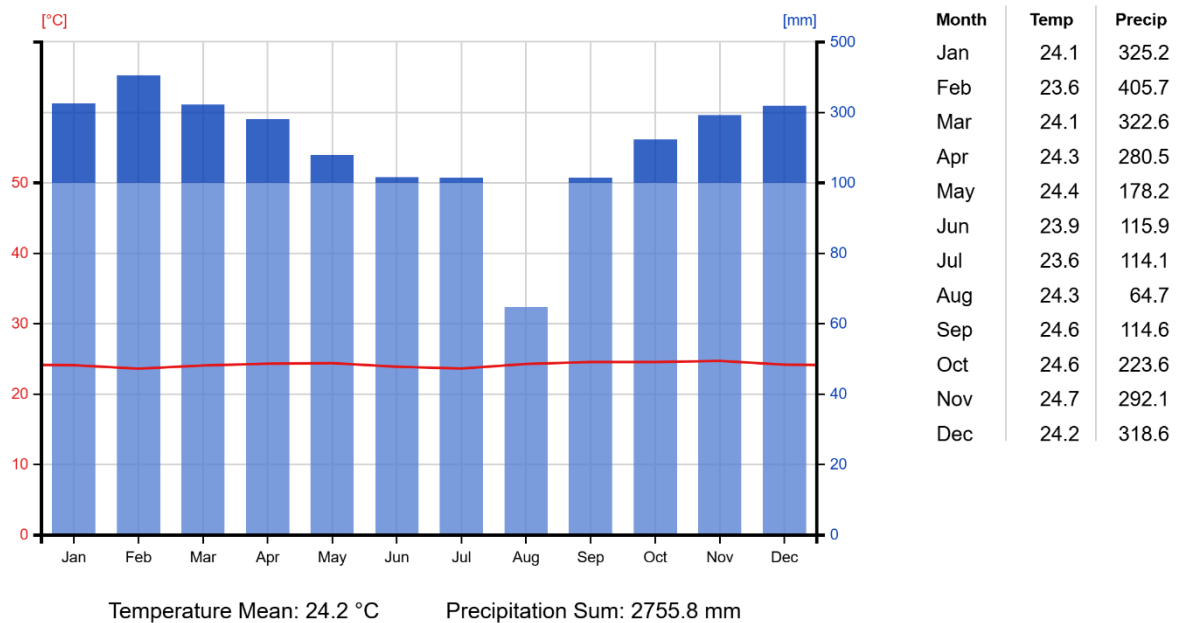
El área de estudio se localiza en Leoncio Prado, Huánuco (Perú), a una altitud de 614 m s. n. m., y sus coordenadas en sistema UTM son: Este 397 871 m y Norte 8 990 643 m.

##### 3.1.3. Zona de vida

De acuerdo con el esquema bioclimático de Holdridge (1986), la ciudad de Aucayacu se ubica en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical (bmh-PT). Este ambiente presenta clima cálido y muy húmedo, lluvias abundantes y baja estacionalidad térmica; la vegetación es densa y siempreverde, y los suelos suelen ser ácidos, con rápida descomposición de la materia orgánica.

### 3.1.4. Condiciones climáticas

Como se aprecia en la **Figura 2**, el área de estudio presenta un clima tropical muy húmedo con temperatura media anual de 24,2 °C y variación mínima ( $\approx 23,6-24,7$  °C), lo que indica condiciones térmicas estables para el establecimiento de plantaciones. La precipitación anual alcanza 2 755,8 mm y muestra una marcada estacionalidad: un periodo lluvioso de noviembre a abril con picos en enero–marzo (destaca febrero: 405,7 mm) y un periodo más seco entre junio y septiembre, con el mínimo en agosto (64,7 mm). Este patrón sugiere programar labores de establecimiento al inicio de las lluvias y reforzar manejo de humedad y drenaje según la época.



**Figura 2.** Condiciones climáticas del distrito de Pueblo Nuevo

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Materiales

Para la evaluación se utilizó una cinta métrica de 50 m, un flexómetro de 5 m, plumón indeleble, lapicero, lápiz, papel bond, tablero de madera tamaño A4, unidad USB, hojas de plástico tamaño A4, libreta de campo y formatos de registro. Para la instalación del experimento se empleó machete, poseadora y motoguadaña, cumpliendo con los protocolos establecidos para la preparación del terreno y establecimiento de las parcelas experimentales.

### **3.2.2. Equipos**

En la toma del punto se utilizará un equipo GPS, vernier digital y brújula para determinación del azimut, celular para la toma de fotografías y una laptop para procesar los datos.

Para la georreferenciación del área de estudio se empleó un equipo GPS de navegación. Las mediciones dendrométricas se realizaron con un vernier digital y una wincha de 5 m. La determinación de azimut y direcciones se efectuó mediante una brújula profesional. El registro fotográfico documental se llevó a cabo con un teléfono celular. Para el procesamiento inicial de datos se utilizó una laptop.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación**

##### **3.3.1.1. Tipo de investigación**

Aplicada, porque se basa en los conocimientos que se obtendrá en la investigación basados en el comportamiento de especies forestales bajo un sistema agroforestal, con la finalidad de brindar datos importantes que pueden ser aplicados en futuros proyectos o estudios concerniente a comportamiento asociado de especies forestales. Tomando como referencia a Pineda et al. (1994), expresa que la exploración aplicada es la que se completa con el objetivo final de hacer crecer la información lógica en un campo particular del mundo real, a la luz del avance de la ciencia fundamental. Los logros de la investigación aplicada amplían la información sobre un campo particular, permitiendo que la información científica sea utilizada en términos viables.

##### **3.3.1.2. Nivel de investigación**

Descriptivo, ya que se buscó estudiar el comportamiento de las especies forestales en asocio y comparar con 3 especies diferentes. Teniendo como referente teórico a Hernández et al. (2004) quien indica que las investigaciones con carácter descriptivos se concentran en buscar determinar las propiedades significativas de las poblaciones o cualquier peculiaridad que sea sumiso a análisis, esto conlleva a la evaluación y medición de diferentes ángulos, aspectos o partes de la peculiaridad o peculiaridades a investigar. Según la perspectiva científica.

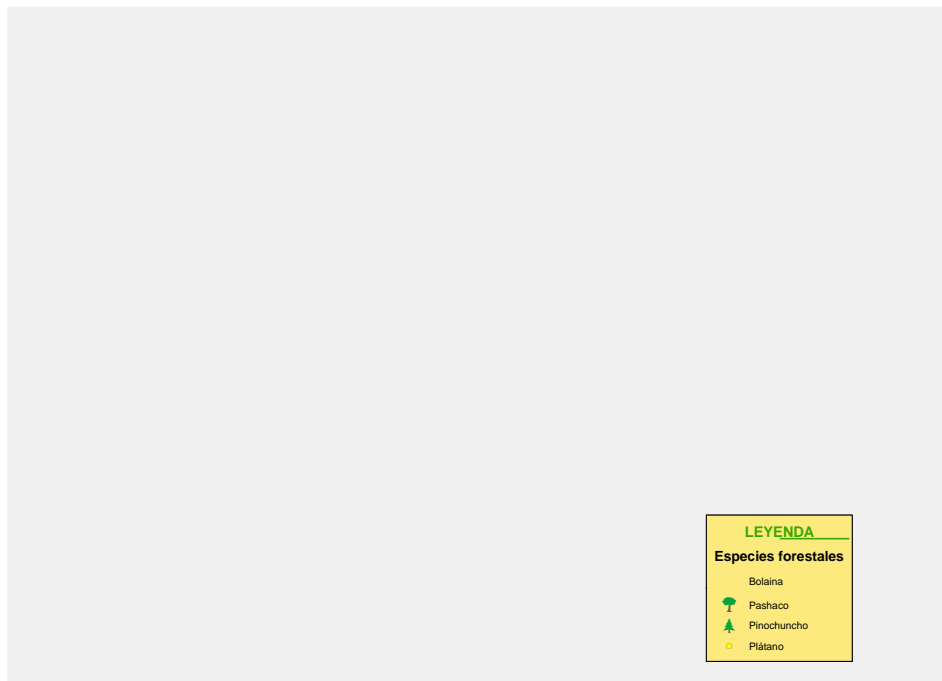
### 3.3.1.3. Diseño de investigación

No experimental, longitudinal descriptivo porque las evaluaciones fueron en un periodo de tiempo prolongado, donde se determinará el comportamiento de las especies, con la finalidad de analizar en las tres especies. Sustentado en Hernández (2004) que indica que la investigación no experimental es; estudios sin alterar la variable y evaluar en un contexto natural.

### 3.3.2. Población y muestra

#### 3.3.2.1. Población

El sistema agroforestal (los 228 plantones forestales y 700 hijuelos de plátano).



**Figura 1.** Distribución del modelo del sistema de plantación.

#### 3.3.2.2. Muestra

Los plantones de *G. crinita*, pino chuncho y *S. parahyba* (76 individuos por especie) se obtuvo del vivero forestal de la facultad de Recursos Naturales renovables. Donde los plantones tuvieron aproximadamente dos a tres meses de edad.

### 3.3.2.3. Tipo de muestreo

Probabilístico, sustentado por Hernández et al (2004), que indica que es indispensable determinar aleatoriamente las muestras con el fin de inferencias, para dar conclusiones generales.

### 3.3.3. Nivel e instrumentos estadísticos

Se empleó una metodología de tipo descriptiva, ya que los resultados fueron expresados en tablas y figuras que presentaron información detallada sobre las variables morfométricas evaluadas. El procesamiento de datos se realizó utilizando el software Microsoft Excel 2016 e Infostat, los cuales permitieron organizar y analizar la información de acuerdo con los objetivos establecidos.

Para la comparación estadística entre especies se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Los resultados del ANOVA se presentaron en tablas donde se determinó la significancia estadística de las diferencias entre las medias de las especies. En la interpretación del valor p se aplicaron los criterios estadísticos convencionales: cuando el valor p fue menor que 0.05, las diferencias se consideraron estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%; cuando fue menor a 0.01, las diferencias se catalogaron como altamente significativas, indicando un 99% de confianza en la veracidad de las diferencias encontradas.

Posterior al ANOVA, cuando se detectaron diferencias significativas, se procedió a aplicar pruebas de comparación de medias para identificar específicamente entre qué especies existían estas diferencias estadísticas.

### 3.3.4. Variables de estudio

#### 3.3.4.1. Variables independientes

*G. crinita.*

*S. amazonicum*

*S. parahyba*

#### 3.3.4.2. Variables dependientes

Mortalidad

Diámetro

Altura

### 3.3.5. Procedimiento.

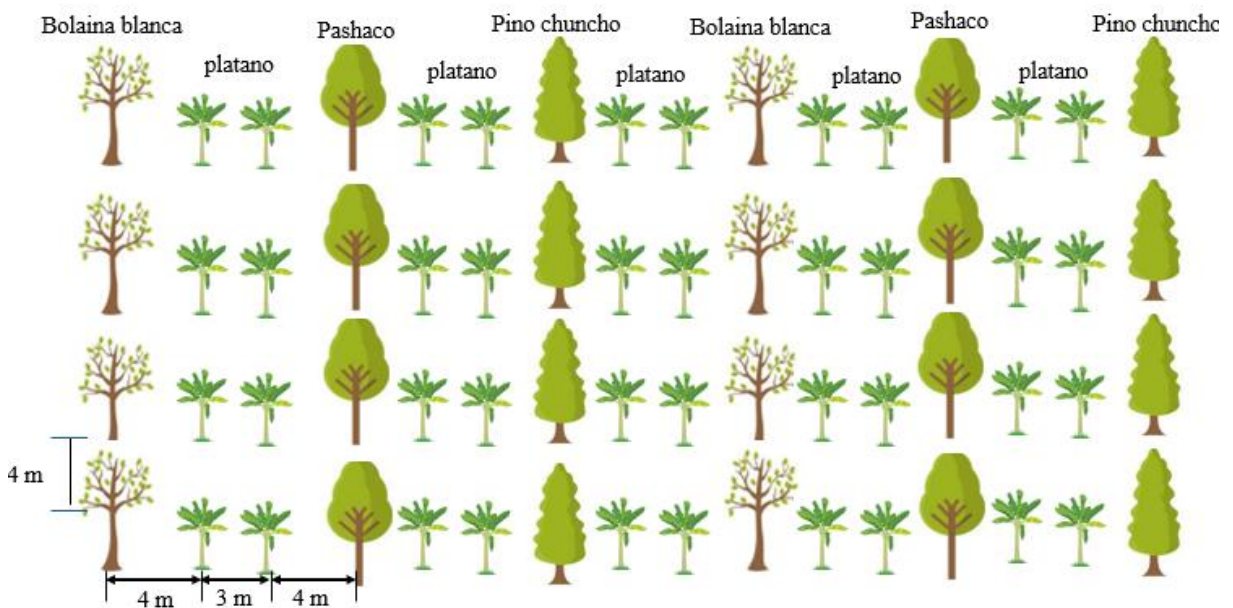
Se realizó un reconocimiento del área de instalación, para lo cual se utilizó un GPS para determinar la ubicación exacta del terreno. Previamente, se trasladaron los plántones obtenidos del vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. A continuación, se detalla el proceso de instalación ejecutado:

#### 3.3.5.1. Limpieza

El terreno destinado para la plantación de *G. crinita*, *S. amazonicum*, *S. parahyba* y plátano abarcó una extensión de una hectárea, caracterizada por la presencia de vegetación arbórea y arbustiva. Se realizó una limpieza exhaustiva para eliminar la vegetación existente, seguida por la demarcación del área utilizando una cinta métrica de 50 metros para precisar la ubicación de los plántones. Adicionalmente, se emplearon jalones de aproximadamente 1 metro de altura para determinar el espaciado entre las plantas.

#### 3.3.5.2. Alineado

Posteriormente se estableció el punto inicial con el GPS, y con la ayuda de la brújula y cinta métrica se delimitaron dos líneas base con un ángulo de 90° para servir como referencia para las filas y columnas de la plantación. Se utilizaron jalones para establecer la densidad de siembra de las especies forestales (4x4 m) en una superficie de 1 ha, respetando el sistema de sembrío de los hijuelos de plátano de 3x3 m (Figura 3). Esto resultó en un total de 228 plántones (*G. crinita*, *S. amazonicum* y *S. parahyba*) y 1111 hijuelos de plátano distribuidos en toda el área.



**Figura 2.** Densidad del sistema de plantación

### 3.3.5.3. Apertura de hoyos

Esta actividad se realizó considerando la densidad de plantación establecida en el diseño experimental. Para la instalación de los plántones forestales se utilizó un poseador para elaborar hoyos con dimensión de 10x10x15 cm, medidas adecuadas para el tamaño de las plántulas. Para los hijuelos de plátano, que fueron adquiridos mediante compra directa a productores locales, se prepararon hoyos de 20 x 20 x 30 cm, manteniendo los distanciamientos recomendados de 3 m x3 m.

### 3.3.5.4. Evaluación y monitoreo

#### a) Mortalidad

Se evaluó esta variable en las tres especies forestales (*G. crinita*, *S. amazonicum* y *S. parahyba*) cada 3 meses durante un período de 9 meses, considerando el registro de mortalidad en cada evaluación. Para ello fue necesario registrar las plantas vivas antes y después del trasplante a campo definitivo.

#### b) Diámetro

Se utilizó un calibrador Vernier digital graduado en milímetros, posicionando horizontalmente el instrumento a 10 cm sobre la superficie del suelo en la base de cada planta. La evaluación se realizó en las tres especies (*G. crinita*, *S. amazonicum* y *S. parahyba*) al momento de la instalación inicial y posteriormente cada 3 meses durante un período de 9 meses.

#### c). Altura

Para la evaluación de altura se empleó un flexómetro profesional de 5 metros de longitud, tomando las medidas en centímetros desde la superficie del suelo en la base del tallo hasta el ápice de la planta. El período de evaluación comprendió las mediciones iniciales (mes 0), 3, 6 y 9 meses posteriores a la instalación de las tres especies (*G. crinita*, *S. amazonicum* y *S. parahyba*).

### 3.3.6. Cálculos de las variables.

#### a) Mortalidad

POSAF (2007) para obtener el porcentaje de mortalidad, se determinó con la siguiente fórmula:

$$M(\%) = \frac{N^{\circ}P}{T.Ps} * 100$$

Donde:

M (%) = Porcentaje de mortalidad.

N° P = Número de plantas muertas.

T. Ps. = Total de plantas sembradas.

### b) Diámetro

Shapiama (2022). Para determinar el incremento se utilizó la siguiente fórmula:

$$ID = Df - Di$$

Donde:

ID = Incremento en diámetro de tallo en cm.

Df = Medida del diámetro al final del periodo de evaluación en cm.

Di = Medida del diámetro de la primera evaluación en cm.

### c) Altura

Teniendo como referencia a Shapiama (2022) que indica que se determinó la altura con la siguiente formula:

$$IH = Af - Ai$$

Donde:

IH = Incremento en altura de planta en cm.

Af = Medida de la altura al final del periodo de evaluación en cm.

Ai = Medida de la altura de la primera evaluación en cm.

### 3.3.7. Análisis estadísticos

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor, previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad en la distribución de los datos, con el objetivo de determinar diferencias estadísticas entre las especies de la plantación. La comparación entre medias individuales se llevó a cabo mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan.

**Tabla 1.** Análisis de varianza para las evaluaciones que se realizará

<b>F. de variación</b>	<b>S. cuadrados</b>	<b>G. libertad</b>	<b>C. medio</b>	<b>F. Calculado</b>
Factor	$SS_F$	K-1	$MSE_F = SS_F / k-1$	$F = MSE_F / MSE_E$
Error	$SS_E$	N-K	$MSE_E = SS_E / N-k$	

Total	$SS_r$	N-1
-------	--------	-----

---

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Mortalidad de tres especies forestales bajo un sistema agroforestal

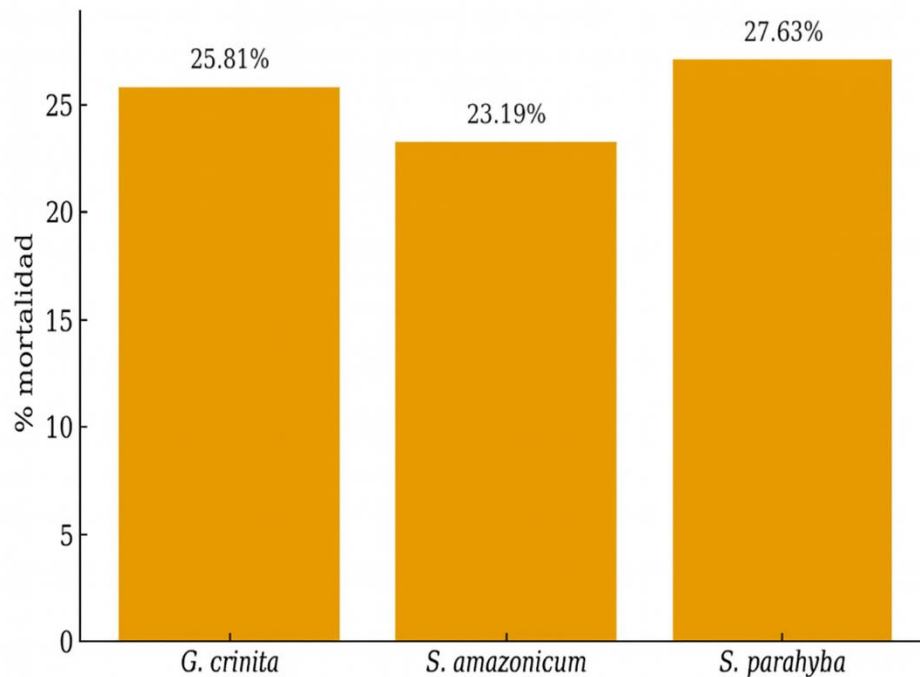
A partir del conteo realizado, la mortalidad observada fue de 23.19% en *S. amazonicum* (16 de 69 plantas), 25.81% en *G. crinita* (16 de 62) y 27.63% en *S. parahyba* (21 de 76). En términos de sobrevivencia, esto equivale aproximadamente a 76.8%, 74.2% y 72.4%, respectivamente. Los valores se sitúan en un rango moderado y son relativamente cercanos entre sí.

Al comparar las especies, *S. amazonicum* presenta el menor porcentaje de mortalidad, seguida de *G. crinita*, mientras que *S. parahyba* muestra el valor más alto. La diferencia máxima es de 4.44 puntos porcentuales entre *S. amazonicum* (23.19%) y *S. parahyba* (27.63%); entre *S. amazonicum* y *G. crinita* la diferencia es de 2.62 puntos, y entre *G. crinita* y *S. parahyba* de 1.82 puntos. Estas diferencias indican una ventaja leve de *S. amazonicum* en el establecimiento bajo el sistema con plátano. Desde el punto de vista práctico, si el objetivo es maximizar la sobrevivencia, *S. amazonicum* resulta la opción ligeramente más favorable en las condiciones evaluadas. *S. parahyba* s requeriría mayor atención en el manejo inicial (control de malezas, cobertura con mulch para conservar humedad, reposiciones tempranas) para reducir pérdidas. *G. crinita* se ubica en un comportamiento intermedio, cercano a *S. amazonicum*.

Para fortalecer el análisis, es recomendable: (i) mapear la ubicación de las plantas muertas por fila/posición para identificar zonas con problemas de drenaje o competencia; (ii) registrar la causa probable de muerte (estrés hídrico, sombreado, daño mecánico, plagas) cuando sea posible; y (iii) si se cuenta con réplicas por fila, aplicar una prueba estadística (por ejemplo, ANVA sobre proporciones transformadas) para verificar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. Con esta base, los siguientes capítulos pueden contrastar la mortalidad con el crecimiento en diámetro y altura, a fin de valorar el desempeño integral de cada especie en el sistema agroforestal (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Porcentaje de mortalidad de tres especies forestales

Especies	plantas sembradas	Número de plantas muertas	% mortalidad
<i>G. crinita</i>	62	16	25.81
<i>S. amazonicum</i>	69	16	23.19
<i>S. parahyba</i>	76	21	27.63



**Figura 3.** Porcentaje de mortalidad en tres especies forestales

Los porcentajes de mortalidad registrados en el presente estudio para *S. amazonicum* (23.19%), *G. crinita* (25.81%) y *S. parahyba* (27.63%) se sitúan en un rango moderado para plantaciones forestales en etapa de establecimiento. Al comparar estos resultados con los reportados por otros investigadores, se observa que la mortalidad de *S. amazonicum* en nuestro estudio fue superior a la documentada por Ohashi et al. (2010), quienes registraron solo 6.11% de mortalidad para esta especie en Belterra (Pará, Brasil) a los tres años. Esta diferencia podría atribuirse a las condiciones más favorables de suelo y al menor estrés competitivo en el sistema monoespecífico evaluado por dichos autores, en contraste con nuestro sistema agroforestal donde existe competencia inicial con plátano.

Para *G. crinita*, nuestros resultados (25.81% de mortalidad) son consistentes con los reportados por Villalva (2011), quien encontró una supervivencia promedio del 81% (equivalente a 19% de mortalidad) en sistemas agroforestales de Puerto Ocopa, aunque con variaciones importantes entre estratos altitudinales. La slightly superior mortalidad en nuestro caso podría explicarse por diferencias en la fertilidad del suelo, particularmente en cuanto a contenidos de fósforo disponibles, factor que Villalva (2011) identificó como determinante para el desarrollo inicial de esta especie.

Es notable que *S. parahyba* presentó la mayor mortalidad (27.63%) entre las especies evaluadas, lo que sugiere una menor tolerancia a las condiciones específicas de nuestro sistema agroforestal. Esta tendencia coincide con lo observado por Minaya (2013) en Huánuco,

donde *S. parahyba* mostró mayor susceptibilidad a factores de estrés ambiental en comparación con otras especies forestales.

La ventaja relativa de *S. amazonicum* en términos de supervivencia concuerda con los hallazgos de Sales et al. (2021), quienes reportaron hasta 99% de supervivencia para esta especie en sistemas agroforestales de la Amazonía brasileña durante los primeros meses. Sin embargo, nuestros valores más bajos podrían reflejar diferencias en la calidad de planta inicial o en las prácticas de manejo durante la fase de establecimiento.

Las diferencias interespecíficas observadas en mortalidad pueden atribuirse a variaciones en la plasticidad fenotípica de cada especie para adaptarse a condiciones de competencia por recursos (agua, luz y nutrientes) en el sistema agroforestal. La menor mortalidad de *S. amazonicum* sugiere que esta especie posee mecanismos fisiológicos más eficientes para superar el estrés post-trasplante y competir exitosamente con el plátano durante la fase de establecimiento.

#### **4.2. Incremento en diámetro (mm) de tres especies forestales**

La **Tabla 3** describe la dinámica de crecimiento en diámetro (mm) para las especies *G. crinita*, *S. parahyba* y *S. amazonicum* en un sistema de cultivo asociado a lo largo de un período de nueve meses. El análisis de los datos revela diferencias significativas en el vigor y la uniformidad del desarrollo diametral entre las especies evaluadas.

La especie *S. amazonicum* demostró ser la de mayor potencial de crecimiento en diámetro, registrando los incrementos medios más elevados en cada evaluación. Su crecimiento fue marcadamente exponencial, pasando de 3.77 mm a los 3 meses a 26.75 mm a los 9 meses. El salto más significativo se observó entre los 3 y 6 meses, donde la media se cuadruplicó. Si bien la Desviación Estándar (DE) aumentó sustancialmente hasta 14.81 mm, indicando una dispersión absoluta considerable, el Coeficiente de Variación (CV) se mantuvo en un rango moderado y estable (entre 52.07% y 60.59%). Esto sugiere que, a pesar de la existencia de individuos con desempeños dispares, la variabilidad relativa del lote se mantuvo controlada en relación con su rápido crecimiento promedio.

En contraste, la especie *G. crinita* mostro un crecimiento diametral medio más lento y constante, incrementándose de 3.93 mm a 7.56 mm en nueve meses. Un hallazgo relevante para esta especie es el alto nivel de heterogeneidad observado. El CV, que inició en 48.48%, aumentó a un máximo de 68.04% a los 6 meses y se mantuvo muy alto (57.72%) al noveno mes. Este

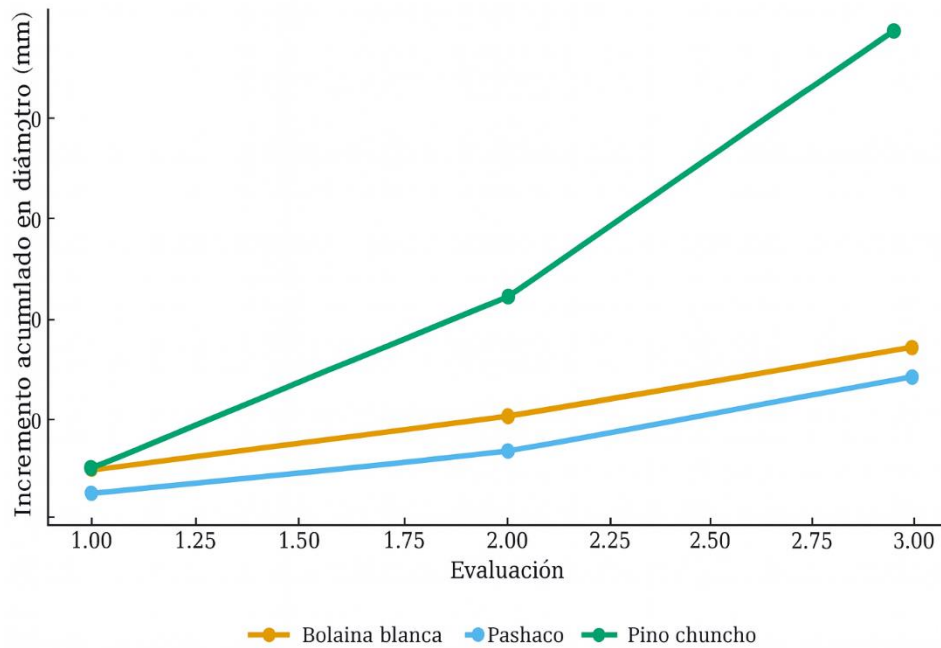
CV consistentemente elevado, junto con una DE que también se incrementó, refleja una marcada desuniformidad entre los individuos, donde algunos desarrollaron diámetros considerables mientras otros presentaron un crecimiento muy limitado.

Finalmente, la especie *S. parahyba* mostró el crecimiento diametral medio más lento durante las primeras evaluaciones, pero experimentó una notable aceleración hacia el noveno mes, alcanzando una media de 6.97 mm. Sin embargo, este desarrollo estuvo acompañado de la mayor inconsistencia registrada entre las tres especies. Su CV aumentó progresivamente hasta alcanzar el 71.73% a los 9 meses, el valor más alto de toda la tabla. Este hecho confirma que la plantación de *S. parahyba* fue extremadamente variable, con individuos que respondieron de maneras muy distintas a las condiciones del cultivo, resultando en una población muy heterogénea.

En síntesis, el análisis del diámetro identifica a *S. amazonicum* como la especie más promisoría debido a su vigoroso crecimiento y una variabilidad relativa más manejable. *G. crinita* y *S. parahyba*, si bien presentan desarrollos diametrales aceptables, muestran una alta variabilidad individual, siendo *S. parahyba* la más inconsistente. Estos resultados son cruciales para la selección de especies, donde la uniformidad del terreno es un factor tan importante como la velocidad de crecimiento para el éxito de las plantaciones.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos del incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales

<b>Especie</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Media</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>DE</b>	<b>CV (%)</b>
<i>G. crinita</i>	3 meses	3.93	0.28	10.04	1.9	48.48
	6 meses	6.09	0.18	21.95	4.14	68.04
	9 meses	7.56	0.77	22.89	4.36	57.72
<i>S. parahyba</i>	3 meses	1.26	0.09	2.83	0.6	47.4
	6 meses	3.99	1.22	9.25	2.01	50.36
	9 meses	6.97	1.77	22.47	5	71.73
<i>S. amazonicum</i>	3 meses	3.77	0.06	9.09	2.29	60.59
	6 meses	15.21	2.86	36.59	7.92	52.07
	9 meses	26.75	4.96	69.62	14.81	55.36



**Figura 4.** Crecimiento en diámetro en tres especies forestales

El Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para el incremento del diámetro revela que las diferencias observadas entre las medias de las tres especies forestales son estadísticamente significativas en todas las evaluaciones. A los 3 meses, el valor p de 0.0388 es inferior al nivel de significancia de 0.05, indicando que existe una diferencia significativa en el crecimiento diametral entre las especies desde la primera evaluación. Esta significancia estadística se mantiene y se refuerza en las evaluaciones posteriores. Tanto a los 6 meses ( $p=0.0112$ ) como a los 9 meses ( $p=0.0115$ ), los valores p son nuevamente inferiores a 0.05. Esto confirma de manera robusta que el factor "especie" tiene un efecto determinante y consistentemente significativo en el incremento del diámetro a lo largo de todo el periodo de estudio de nueve meses.

En conclusión, el análisis basado en el valor p permite rechazar la hipótesis nula en todas las mediciones, validando estadísticamente que no todas las especies forestales crecen de igual manera en diámetro y que las diferencias observadas entre ellas son reales y no atribuibles al azar (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Análisis de la varianza de incremento en diámetro (mm) en tres especies forestales

FV	GL	3 meses		6 meses		9 meses	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Especies	2	5.8533	0.0388*	132.0116	0.0112*	430.8121	0.0115*
Error	6	0.9981		12.7034		41.7978	
Total	8						
	C.V (%)	36%		41%		46%	

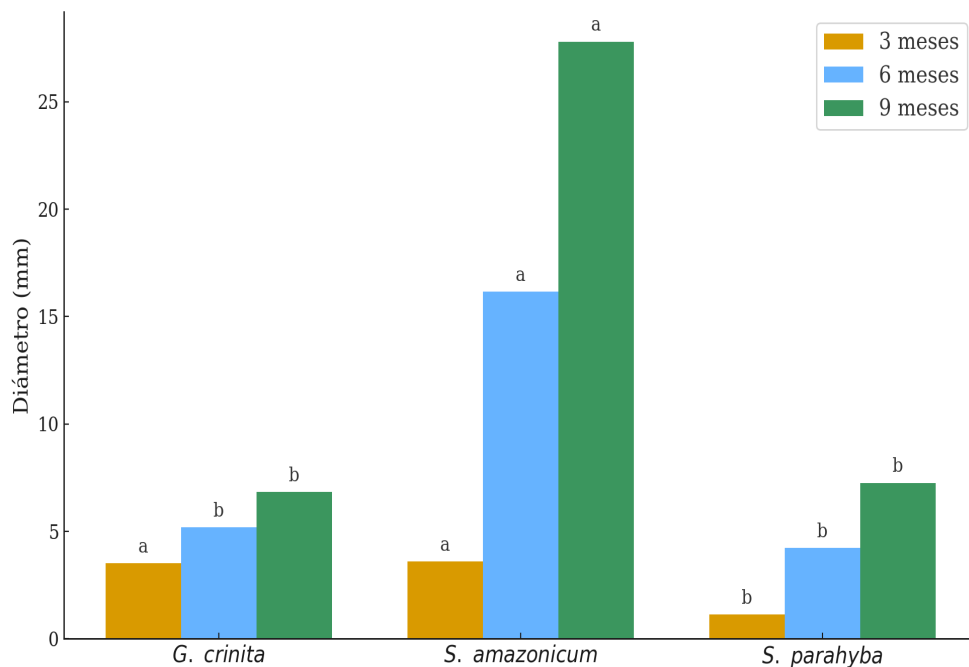
FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CM: cuadrado medio; \*: significativo

Los resultados de la prueba de comparación de medias para el incremento diametral revelan patrones estadísticamente definidos en el desarrollo de las tres especies forestales a lo largo del período de estudio. En la evaluación inicial a los 3 meses, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los incrementos diametrales de *S. amazonicum* (3.59 mm) y *G. crinita* (3.51 mm). Sin embargo, ambas especies mostraron un crecimiento significativamente superior al registrado por *S. parahyba* (1.14 mm) en este mismo período.

Este patrón de desarrollo se modifica sustancialmente en las evaluaciones posteriores. A partir de los 6 meses y manteniéndose hasta los 9 meses, *S. amazonicum* establece una clara diferenciación estadística, registrando incrementos diametrales (16.17 mm y 27.80 mm, respectivamente) significativamente superiores a los de las otras dos especies. Por su parte, *G. crinita* y *S. parahyba* no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí en estas evaluaciones de 6 y 9 meses, conformando un grupo de crecimiento diametral significativamente menor al de *S. amazonicum*. La evolución temporal de estas relaciones estadísticas demuestra que, mientras la ventaja inicial de *S. amazonicum* sobre *S. parahyba* se mantiene y consolida, su posición relativa frente a *G. crinita* cambia radicalmente entre los 3 y 6 meses, estableciéndose a partir de entonces como la especie de crecimiento diametral estadísticamente superior en el sistema de cultivo evaluado (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Prueba de comparación de medias de incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales

Especies	3 meses		6 meses		9 meses	
	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig
<i>S. amazonicum</i>	3.59475	a	16.1707	a	27.8037	a
<i>G. crinita</i>	3.51444	a	5.19785	b	6.84015	b
<i>S. parahyba</i>	1.13624	b	4.22594	b	7.2616	b



**Figura 5.** Promedio de incremento de diámetro (mm) en tres especies forestales

Los patrones de crecimiento diametral observados en este estudio revelan importantes diferencias interespecíficas en la respuesta adaptativa de las especies al sistema agroforestal. El desempeño significativamente superior de *S. amazonicum* a partir del sexto mes concuerda con los hallazgos de Pereira et al. (2015), quienes reportaron incrementos diamétricos de 8.72 cm en 24 meses para esta especie en Acre, Brasil. Sin embargo, nuestro registro de 27.80 mm a los 9 meses sugiere una tasa de crecimiento inicial más acelerada, posiblemente asociada a las condiciones específicas de fertilidad del suelo en nuestra área de estudio.

La similitud inicial en el crecimiento diametral entre *S. amazonicum* y *G. crinita* durante los primeros tres meses podría explicarse por la fase de establecimiento y aclimatación de las plántulas, donde ambas especies demostraron capacidad para superar el estrés post-trasplante. No obstante, la marcada divergencia a partir del sexto mes indica diferencias

fundamentales en la estrategia de crecimiento, siendo *S. amazonicum* más eficiente en la asignación de recursos para el desarrollo radial una vez establecida. Este patrón coincide con lo reportado por Castro-Coimbra et al. (2016), quienes observaron que *S. amazonicum* presenta su mayor crecimiento diametral durante los dos primeros años en sistemas agroforestales.

El comportamiento de *G. crinita*, que mostró incrementos diamétricos moderados pero consistentes, se asemeja a lo documentado por Cabrera (2014) en Tingo María, donde esta especie alcanzó incrementos diamétricos de 6.43 cm en 24 meses bajo diferentes densidades de plantación. La menor tasa de crecimiento en comparación con *S. amazonicum* podría relacionarse con diferencias en la arquitectura vascular y en la prioridad de asignación de recursos, donde *G. crinita* podría estar destinando más recursos al desarrollo de tejidos de soporte versus crecimiento radial.

Respecto a *S. parahyba*, su desempeño diametral consistentemente inferior confirma los hallazgos de Minaya (2013) en Huánuco, quien reportó que esta especie presenta los menores incrementos diamétricos entre varias especies forestales evaluadas. Esta tendencia podría atribuirse a su estrategia de crecimiento más conservadora y a su probable mayor sensibilidad a la competencia radicular con el plátano en el sistema agroforestal.

La significativa ventaja diametral de *S. amazonicum* consolida su potencial para sistemas agroforestales donde se busca un rápido crecimiento inicial. Sin embargo, el desempeño aceptable de *G. crinita* sugiere que esta especie podría representar una alternativa valiosa para sistemas donde se priorice la calidad de madera sobre la velocidad de crecimiento. Las diferencias observadas subrayan la importancia de considerar los patrones temporales de crecimiento en la selección de especies para sistemas agroforestales.

#### **4.3. Incremento de altura (cm) de tres especies forestales**

La **Tabla 6** presenta la evolución del crecimiento en altura para las especies *G. crinita*, *S. parahyba* y *S. amazonicum* bajo condiciones de cultivo asociado, evaluada a los 3, 6 y 9 meses. El análisis de los estadísticos descriptivos revela patrones de crecimiento diferenciados entre las especies, así como distintos niveles de uniformidad en su desarrollo.

La especie *S. amazonicum* demostró ser la de mayor vigor y potencial de crecimiento en altura durante el periodo de estudio. Su incremento medio fue notoriamente superior al de las otras dos especies en todas las evaluaciones, pasando de 22.38 cm a los 3 meses a 171.42 cm a los 9 meses. Este crecimiento acelerado, particularmente entre los 3 y 6 meses donde la

media se multiplicó por más de cuatro, indica una alta adaptación a las condiciones del cultivo. Sin embargo, este rápido crecimiento estuvo acompañado de una alta dispersión absoluta en los datos, evidenciada por una Desviación Estándar (DE) que aumentó hasta 100.24 cm al noveno mes. El Coeficiente de Variación (CV) se mantuvo constantemente alto (entre 54.32% y 58.47%), lo que sugiere una heterogeneidad inherente en la población o una respuesta individual muy variable a los factores del sitio.

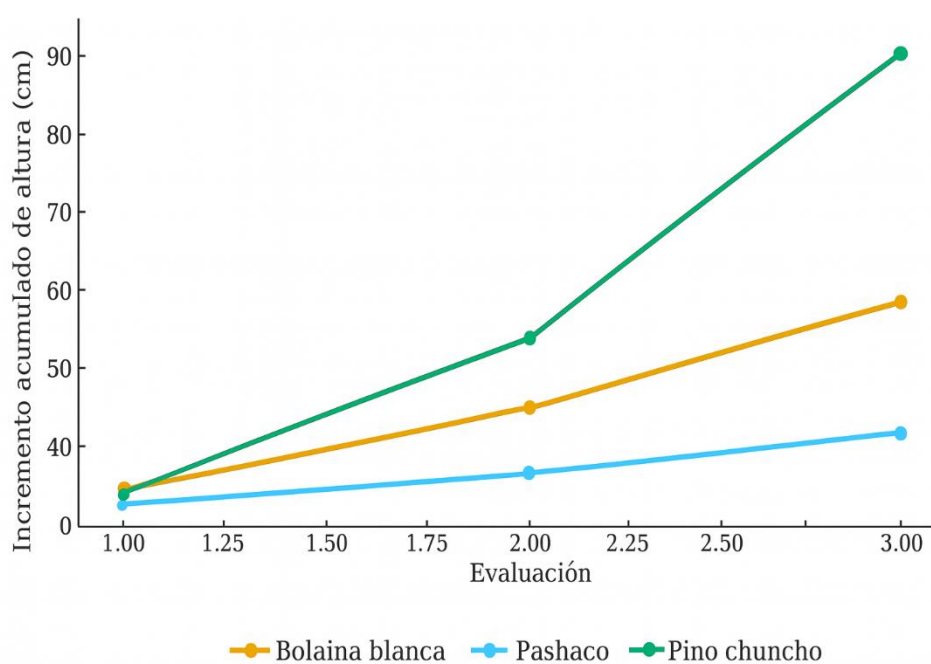
Por su parte, la *G. crinita* reportó exhibió un crecimiento medio constante y moderado, con una altura media que aumentó de 28.85 cm a 75.79 cm a lo largo de los nueve meses. Un hallazgo positivo para esta especie es la tendencia a la disminución de su Coeficiente de Variación, que pasó de 67.35% a 50.7%. Esta reducción indica que, con el tiempo, los individuos tendieron a homogeneizarse en su crecimiento, superando posible estrés iniciales y desarrollándose de manera más uniforme en la plantación. No obstante, el CV por encima del 50% incluso al final del periodo sigue reflejando una variabilidad considerable entre individuos.

Finalmente, la especie *S. parahyba* mostró el crecimiento medio más lento y la mayor inconsistencia en su desarrollo. Si bien su media aumentó de 6.53 cm a 29.85 cm, presentó el CV más alto (71.45%) en la evaluación de los 9 meses, acompañado de una DE de 21.33 cm. Este alto CV, superior al de las otras especies, denota una marcada desuniformidad en la plantación, donde algunos individuos crecieron excepcionalmente (hasta 103.4 cm) mientras otros se mantuvieron con incrementos muy bajos (mínimo de 3.4 cm). Este comportamiento podría estar asociado a una mayor sensibilidad a la competencia o a micro variaciones en el suelo.

En conclusión, los resultados distinguen claramente a *S. amazonicum* como la especie de crecimiento más rápido, pero con alta variabilidad individual. *G. crinita* presenta un crecimiento constante y una tendencia hacia una mayor uniformidad, mientras que *S. parahyba* evidencia un crecimiento lento y altamente variable, lo que podría representar un riesgo para el establecimiento de plantaciones homogéneas. Estos hallazgos son cruciales para la selección de especies en sistemas agroforestales, donde se debe ponderar no solo la velocidad de crecimiento, sino también la uniformidad del terreno (**Tabla 6 y Figura 6**).

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos del incremento de altura (cm) en tres especies forestales

Especie	Tiempo	Media	Min	Max	DE	CV (%)
<i>G. crinita</i>	3 meses	28.85	0	86.6	19.43	67.35
	6 meses	55.16	4.8	162.02	33.38	60.51
	9 meses	75.79	18.16	177.32	38.43	50.7
<i>S. parahyba</i>	3 meses	6.53	0.1	16.3	3.25	49.73
	6 meses	18.88	1.7	40.4	9.65	51.13
	9 meses	29.85	3.4	103.4	21.33	71.45
<i>S. amazonicum</i>	3 meses	22.38	0	58	12.16	54.32
	6 meses	104.7	14.1	262.9	58.08	55.48
	9 meses	171.42	19.2	419.8	100.24	58.47

**Figura 6.** Crecimiento en altura en tres especies forestales

El Análisis de Varianza realizado para el incremento en altura (Tabla 8) revela un patrón temporal en la significancia estadística de las diferencias entre especies. En la evaluación de **3 meses**, el valor p obtenido (0.1223) supera el nivel de significancia de 0.05, indicando que en esta etapa inicial no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de crecimiento en altura de las tres especies forestales evaluadas.

Sin embargo, este patrón cambia radicalmente en las evaluaciones posteriores. Tanto a los **6 meses** ( $p = 0.0086$ ) como a los **9 meses** ( $p = 0.0097$ ), los valores p son inferiores a 0.01,

demostrando la existencia de diferencias altamente significativas entre las especies. Esta transición en la significancia estadística entre el tercer mes y los meses posteriores sugiere que las diferencias en el crecimiento en altura entre las especies se acentúan y definen claramente a medida que avanza el tiempo.

El comportamiento del Coeficiente de Variación, que disminuye del 54% al 39% entre los 3 y 6 meses, sugiere una mayor homogenización del crecimiento en la etapa intermedia, aunque presenta un ligero aumento al 43% en la evaluación final, posiblemente reflejando una mayor expresión de la variabilidad genética en etapas más avanzadas del desarrollo.

En conclusión, el análisis confirma que el factor especie ejerce una influencia estadísticamente significativa en el crecimiento en altura a partir del sexto mes de evaluación, siendo esta significancia más evidente en las etapas avanzadas del desarrollo de las plantas (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Análisis de la varianza de incremento en altura (cm) en tres especies forestales

FV	GL	3 meses		6 meses		9 meses	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Especies	2	269.9556	0.1223	6582.164	0.0086	18203.34	0.0097
Error	6	88.709		564.5739		1644.643	
Total	8						
	CV (%)	54%		39%		43%	

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CM: cuadrado medio; \*\*: Altamente significativo; NS: no significativo

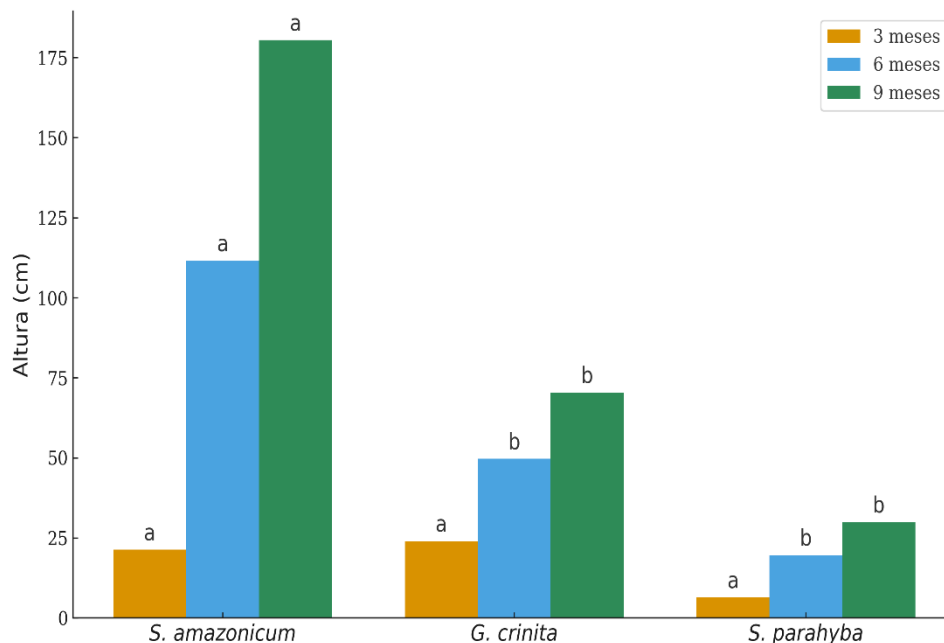
Los resultados de la prueba de comparación de medias para el incremento en altura (Tabla 8) muestran una evolución temporal en las diferencias estadísticas entre las especies. En la evaluación inicial a los 3 meses, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento en altura entre *S. amazonicum* (21.34 cm), *G. crinita* (23.99 cm) y *S. parahyba* (6.40 cm). Esto indica que, durante la etapa de establecimiento, las tres especies presentaron un desarrollo en altura similar desde el punto de vista estadístico. Esta homogeneidad inicial se disipa en las evaluaciones posteriores. A los 6 meses, el análisis revela la formación de dos grupos estadísticamente distintos: *S. amazonicum* (111.49 cm) registró un incremento medio significativamente superior al de *G. crinita* (49.72 cm) y *S. parahyba* (19.61 cm), las cuales no mostraron diferencias significativas entre sí.

Este mismo patrón se mantuvo y se hizo más evidente a los 9 meses. *S. amazonicum* (180.40 cm) consolidó su posición como la especie de crecimiento significativamente mayor, mientras que *G. crinita* (70.35 cm) y *S. parahyba* (29.88 cm) formaron un segundo grupo homogéneo con incrementos medios significativamente inferiores.

En conclusión, la prueba de medias demuestra que, si bien las especies inician su desarrollo con crecimiento en altura estadísticamente similares, *S. amazonicum* muestra una ventaja competitiva y un vigor significativamente mayor a partir del sexto mes, estableciéndose como la especie de más rápido crecimiento en altura dentro del sistema de cultivo evaluado (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Prueba de comparación de medias del incremento de altura (cm) en tres especies forestales

Especies	3 meses		6 meses		9 meses	
	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig
<i>S. amazonicum</i>	21.3426	a	111.493	a	180.4	a
<i>G. crinita</i>	23.9916	a	49.716	b	70.3518	b
<i>S. parahyba</i>	6.39772	a	19.6142	b	29.8753	b



**Figura 7.** Promedio de incremento de altura (cm) en tres especies forestales

Los patrones de crecimiento en altura observados en el presente estudio demuestran una clara diferenciación interespecífica en la adaptación al sistema agroforestal. El desempeño

significativamente superior de *S. amazonicum* a partir del sexto mes, alcanzando 180.40 cm a los nueve meses, coincide con los hallazgos de Pereira et al. (2015), quienes reportaron incrementos de 736.60 cm en 24 meses para esta especie en sistemas agroforestales de Acre, Brasil. Sin embargo, nuestra tasa de crecimiento más acelerada podría atribuirse a las condiciones edafoclimáticas particulares de la zona de estudio o al efecto positivo de la asociación con plátano.

La similaridad inicial en el crecimiento entre las tres especies durante los primeros tres meses concuerda con lo reportado por Mudarra (2019) para *C. cateniformis* en sistemas agroforestales, donde todas las especies evaluadas mostraron una fase de aclimatación inicial. No obstante, la marcada ventaja de *S. amazonicum* a partir del sexto mes sugiere una mayor eficiencia en la captación de recursos lumínicos y una mejor adaptación a las condiciones de competencia del sistema.

El crecimiento moderado de *G. crinita* (70.35 cm a los 9 meses) resulta inferior al documentado por Cabrera (2014) en Tingo María, quien registró alturas de 13.18 m a los 24 meses. Esta diferencia podría explicarse por la mayor densidad de plantación en nuestro estudio o por la competencia más intensa con el plátano. Por otro lado, el desempeño de *S. parahyba* (29.88 cm a los 9 meses) confirma su crecimiento lento reportado por Minaya (2013) en plantaciones de Huánuco.

La significativa diferencia en crecimiento entre *S. amazonicum* y las otras dos especies a partir del sexto mes sugiere que este período representa un punto de inflexión en la expresión del potencial de crecimiento de cada especie. Castro-Coimbra et al. (2016) también observaron este patrón en Pará, Brasil, donde *S. amazonicum* mostró su mayor crecimiento entre los 12 y 24 meses.

La consistencia en la agrupación estadística a los 6 y 9 meses, donde *G. crinita* y *S. parahyba* forman un grupo homogéneo significativamente inferior a *S. amazonicum*, refuerza la idea de que estas dos especies comparten una estrategia de crecimiento más conservadora, posiblemente relacionada con su arquitectura foliar y capacidad de adaptación a la sombra inicial proporcionada por el plátano.

Estos resultados tienen implicancias importantes para el diseño de sistemas agroforestales, sugiriendo que *S. amazonicum* sería la especie más adecuada cuando se busca un rápido crecimiento inicial, mientras que *G. crinita* podría ser preferible en sistemas donde se

priorice la producción maderera de mediano plazo y *S. parahyba* en sistemas de enriquecimiento con menores exigencias de crecimiento inicial.

## V. CONCLUSIÓN

1. La mortalidad con respecto a la especie de *S. amazonicum* presentó la menor mortalidad, con 16 de 69 plantas (23.19%). *G. crinita* registró 16/62 (25.81%) y *A. parahyba* la mayor, 21/76 (27.63%).
2. Con respecto al incremento de diámetro a tres meses la *G. crinita* (3.93 mm) y *S. amazonicum* (3.77 mm) superaron a *S. parahyba* (1.26 mm). A los seis meses se observó el orden *S. amazonicum* (15.21 mm) superior a la *G. crinita* (6.09 mm) y *S. parahyba* (3.99 mm), que se mantuvo a los nueve meses donde el *S. amazonicum* (26.75 mm) superior a *G. crinita* y *S. parahyba* con un incremento de 7.56 mm y 6.97 mm respectivamente.
3. El incremento de altura (cm). A tres meses no se detectaron diferencias estadísticas entre especies, pese a las medias de *G. crinita* (28.85 cm), *S. amazonicum* (22.38 cm) y *S. parahyba* (6.53 cm). A 6 meses y 9 meses sí hubo diferencias, con un patrón consistente: *S. amazonicum* (104.70 y 171.42 cm) superior a *G. crinita* (55.16 y 75.79 cm) y *S. parahyba* (18.88 y 29.85 cm), respectivamente. Por tanto, *S. amazonicum* destacó en altura a partir del segundo corte, seguido por *G. crinita*, mientras *S. parahyba* presentó los menores incrementos

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Se recomienda implementar criterios técnicos más estrictos en la selección de material vegetal, estableciendo parámetros uniformes de altura y diámetro inicial en los plantones para reducir la alta variabilidad inicial observada en el crecimiento de las especies.
2. Futuras investigaciones deberían incorporar análisis físico-químicos del suelo a diferentes profundidades para determinar la influencia de los nutrientes en el desarrollo diferenciado de las especies y identificar posibles limitantes en el sitio de plantación.
3. Dada la posible influencia de factores climáticos en el establecimiento inicial, se sugiere implementar sistemas de riego tecnificado que permitan mantener una humedad uniforme durante los primeros meses críticos de establecimiento.
4. Se propone extender el período de investigación a 24 meses para evaluar el comportamiento de las especies en etapas de crecimiento más avanzadas y determinar su competitividad a largo plazo dentro del sistema agroforestal.
5. Futuros estudios deberían incorporar el monitoreo sistemático de variables microclimáticas (temperatura, humedad relativa, radiación solar) para correlacionarlas con los patrones de crecimiento y explicar las variaciones interestacionales en el desarrollo de las especies.

## VII. REFERENCIAS

- Agrobanco (2013). *Guía Técnica de Manejo integrado de banano orgánico*.  
<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/009-c-banano.pdf>
- Alves, J., Moreira, W., Bezerra, L., Oliveira, S., Franco, T., Okumura, R., Da Silva, R., Oliveira, I., & De Assis Do Nascimento Leão, F. (2018). Substrates and Irrigation Frequencies in the Development of Seedlings of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. *Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.5539/JAS.V10N11P249>.
- Angiosperm Phylogeny Group IV [APG IV]. (2016). Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants.  
<https://doi.org/10.15468/fzuaam>
- Argüello, S., Benítez, S., Birbaumer, G., Borsy, P., Britos, C., Fernández, P., Fabio, S., Fast, A., Gadea, R., González, R., Justo, M., Levy, B., Mac, D., Maidana, R., Molinas, W., Morel, M., Rolón, S., Vera, E., Vera, J. & Weichselberger, N. (2007). Manual de agroforestería. Publicación de ISBN-Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales. San Lorenzo, Paraguay.
- Balog, K., Szabó, A. y Rásó, J. (2016). El impacto de los factores edáficos y climáticos en el crecimiento forestal. *Revista de Agricultura y Desarrollo Rural*, 5 (1-2), 19-25.  
<https://doi.org/10.14232/rard.2016.1-2.19-25>
- Bengtsson, F., Granath, G., Cronberg, N. y Rydin, H. (2020). Mecanismos que subyacen a las respuestas de la economía hídrica específicas de cada especie ante la disminución del nivel de agua en turberas. *Anales de Botánica*, 126 (2), 219-230.  
<https://doi.org/10.1093/aob/mcaa033>
- Cabrera, I. J. (2014). *Comportamiento silvicultural de bolaina blanca (Guazuma crinita C. Martius) a diferentes densidades a partir del segundo año de plantación*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eb6a725a-f6e4-4141-a1e2-b5ee6b9f11d3/content>
- Cancino, J. (2006). Dendrometría básica. Concepción, CL, UDEC.
- Castro-Coimbra Cordeiro, I. M., Mourão-de Oliveira Junior, M. C., Batista-Gazel Filho, A., Contente-de Barros, P. L., Alves-Lameira, O., & de Assis Oliveira, F. (2016).

Crecimiento del *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* cultivado en presencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius* en Pará, Brasil. *Agrociencia*, 50(1), 79–88.

Chavarría, A. (2013). Guía de implementación de sistemas agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. Oficina Nacional Forestal. Costa Rica.

Coates, TA, Hagan, DL, Aust, WM, Johnson, A., Keen, JC, Chow, AT y Dozier, JH (2018). Propiedades químicas del suelo mineral según la influencia del uso a largo plazo de quemas prescritas con diferentes frecuencias en un bosque de pinos de la llanura costera del sureste. *Forests*, 9 (12), 739. <https://doi.org/10.3390/f9120739>

De Oliveira, L., Ilaria, F., Resende, C., Carvalho, D., & Rodrigues, F. (2022). Growth of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* seedlings by strains of *Trichoderma* spp. under boron rates. *Bioscience Journal*. <https://doi.org/10.14393/bj-v38n0a2022-53876>.

De Sousa, M., Da Silva, C., Ferraz, E., Da Silva, R., Nonato, E., Da Silva Santos, P., Santos, G. y Dias, B. (2024). Revelando el potencial agroforestal: desempeño de las especies forestales en sistemas silvopastoriles después de seis años. *Sistemas Agroforestales*. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01095-3>.

Di Fabio, A., Buttò, V., Chakraborty, D., O'Neill, GA, Schueler, S. y Kreyling, J. (2024). Las condiciones climáticas en el origen de la procedencia influyen en la estabilidad del crecimiento ante los cambios climáticos en dos especies arbóreas importantes. *Fronteras en Bosques y Cambio Global*, 7. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1422165>

Ecuador Forestal. (2014). Ficha Técnica N° 2: PACHACO [Informativo]. *Ecología y Características Edafoclimáticas*. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-n-2-pachaco/>

Ecuador Forestal. (2010). *Schizolobium parahyba* (Pachaco). Recuperado de <http://ecuadorforestal.org/download/contenido/pachaco.pdf>

Flores, Y. (2002). Manual de semillas de especies forestales de importancia económica en la región Ucayali. *Manuales y guías*, 1, 78. Retrieved from <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/861>

- Flores, Y. (2007). Bolaina blanca (*Guazuma crinita*). Instituto Nacional de Investigación Agraria. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/135/1/Bolaina\\_blanca\\_Pucallpa\\_2007.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/135/1/Bolaina_blanca_Pucallpa_2007.pdf)
- Flumignan, D., Da Silva, S., Salton, J. y Comunello, E. (2023). Crecimiento en diámetro de eucaliptos en sistemas agroforestales y su relación con la temperatura del aire y la precipitación. *Sistemas Agroforestales* . <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00936-x> .
- Fredericksen, T., Nash, D., Pariona, W., & Joaquín, J. (2001). *Ecología y Silvicultura de Especies Menos Conocidas – Serebó o Sombrerillo Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake, Caesalpinaceae*. Editora El País.
- Gairola, S., Sharma, CM, Ghildiyal, SK y Suyal, S. (2012). Dinámica de regeneración de especies arbóreas dominantes a lo largo de un gradiente altitudinal en laderas de valles templados húmedos del Himalaya de Garhwal. *Journal of Forestry Research* , 23 (1), 53–63. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0233-9>
- Galloway, G. 2004. Dinámica de rodales. Turrialba, CR, CATIE.
- Gheorghe, M., & Strimbu, B. (2025). Impact of Climate on the Growth and Yield of the Main Tree Species from Romania Using Dendrochronological Data. *Plants*, 14. <https://doi.org/10.3390/plants14081234>.
- Gonzales, W. (2011). *Evaluación del efecto de guano de las islas en el crecimiento de guaba (Inga edulis C. Martius) y pino chuncho (Schizolobium parahyba (veloso) Blake) var. Amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby asociados con especies del género Heliconia*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/43>
- Grattapaglia, D., Plomion, C., Kirst, M. y Sederoff, RR (2009). Genómica de los rasgos de crecimiento en árboles forestales. *Current Opinion in Plant Biology* , 12 (2), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.12.008>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2004). Metodología de la investigación.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huayama, G. (2021). *Evaluación de sitios para el establecimiento de plantaciones forestales de bolaina blanca (Guazuma crinita), con fines comerciales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4780/huayama-andrade-guillermo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. (2009). Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca, Guazuma crinita, en el departamento de Ucayali. Iquitos, PE: Avance Económico n° 11.

Imaña, J. (2011). Mensura dasométrica. Brasilia: Universidad de Brasilia, Departamento de Ingeniería Forestal.

Imaña, J & Encinas, O. (2008). Epidometría forestal. Brasilia, BR, Universidad de Brasilia. 68 p.

Imaña, J., Silva, GF da & Pinto, J. (2005). Idade e crescimento das árvores. Brasília, BR, Universidade de Brasília.

Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. (2009). *Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca, Guazuma crinita, en el departamento de Ucayali* (Avance Económico N° 11). Iquitos, PE: Autor.

Isla Esquivel, C. (2013). *Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de pino chuncho (Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke), en el sector de Naranjillo – Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.

<https://repositorio.unas.edu.pe/items/f1c3c0d1-57c7-4134-abc8-63115f531cf0>

Jiang, Z., Owens, P., Ashworth, A., Fuentes, B., Thomas, A., Sauer, T. y Wang, Q. (2021). Evaluación de factores de crecimiento arbóreo en mapas funcionales de suelo específicos de cada especie para mejorar la eficiencia de los sistemas agroforestales. *Agroforestry Systems*, 96, 479-490. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00693-9>.

Juárez, F. (2014). Dendrometría. Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas. Cochabamba, Bolivia, 1era ed.

- Liu, F., Liu, H., Xu, C., Shi, L., Zhu, X., Qi, Y. y He, W. (2021). Los bosques primarios muestran baja resiliencia del dosel a las sequías en el límite sur de la taiga. *Global Change Biology*, 27 (11), 2392–2402. <https://doi.org/10.1111/gcb.15605>
- López, J. (2010). Manual de sistemas agroforestales para el desarrollo rural sostenible. Publicación de JIRCAS-Facultad de Ciencias Agrarias / UNA. San Lorenzo, Paraguay.
- Laura, A. C. (2018). *Evaluación dasométrica de plantaciones de bolaina blanca (Guazuma crinita) en la provincia de Puerto Inca, Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3342/laura-schmidt-ana-cecilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano, L. R. (2014). *crecimiento inicial, sobrevivencia y mortalidad de especies maderables en laderas y cuencas altas del río negro, distrito de rioja, San Martín, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio institucional UNAP.
- Leclerc, L., Calderón-Sanou, I., Martínez-Almoyna, C., Paillet, Y., Thuiller, W., Vincenot, L. y Kunstler, G. (2023). Más allá del rol del clima y las condiciones del suelo: Los árboles vivos y muertos son importantes para la biodiversidad del suelo en los bosques de montaña. *Soil Biology and Biochemistry*, 187, 109194. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109194>
- Mallqui Espíritu, B. S. (2019). *Efecto del compost y tamaño de hoyo en el crecimiento inicial de Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke “pino chuncho” en suelos degradados* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/f1c3c0d1-57c7-4134-abc8-63115f531cf0>
- Martínez, L. (2016). Secado de la madera y sus ventajas de aplicación del secado al vacío de la Universidad Nacional de Ucayali. *Investigación y Amazonía*, 8(5), 24-45.
- Mera, I. V. (2022). *Evaluación fitosanitaria de plantaciones de capirona (Calycophyllum spruceanum) en el caserío 3 de Octubre, distrito de San Juan Bautista, Loreto, Perú, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9155>
- Minaya, F. D. (2013). *Comportamiento silvicultural de cinco especies forestales en linderos del CIPTALD, Aucayacu*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la

Selva]. Repositorio Institucional UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/18e2e0f9-9aa0-410a-9634-a92ac7ecc6be/content>

Ministerio de Agricultura y Riego (2014). *El banano peruano, Producto estrella de exportación, Tendencias de la producción y el comercio del banano en el mercado internacional y nacional*. Ministerio de Agricultura y Riego. Repositorio Institucional MIDAGRI. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/70>

Mudarra, L. E. (2019). *Crecimiento de la especie "Tornillo" Cedrelinga cateniformis D. Ducke en parcelas agroforestales, Caballo Cocha - provincia de Ramón castilla, Loreto, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

Ohashi, S., Yared, J., & Neto, J. (2010). Variabilidad entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares - Pará. *Acta Amazonica*, 40, 81-88. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100011>.

Ortiz, A., Benayas, J., y Cayuela, L. (2022). Establecimiento y regeneración natural de árboles nativos en sistemas agroforestales del Bosque Atlántico Paraguayo. *Bosques*. <https://doi.org/10.3390/f13122045>.

Párraga, G. E. F. (2019). *Evaluación dasométrica y productividad de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, en tres sistemas de plantación, en el anexo experimental alexander Von Humboldt, Pucallpa, Ucayali, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

Padilla, J. E. (2023). *Crecimiento de dos especies forestales en El Varillal (km 14.5) de la carretera Iquitos Nauta, Loreto-Perú, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9949>

Pérez Camones, J. H. (2024). *Efecto de diferentes dosis de YaraMila Complex en una plantación de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) asociado con dos especies forestales en el CIPTALD – Tulumayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/7d4d952c-ca7e-4da7-9e49-fe455282b43b>

- Pereira, G., Frade, E., De Sousa, A., De, F., Moraes, A., & Santos, D. (2015). Avaliação do desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em diferentes espaçamentos. Evaluation of the development of seedlings *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) at different spacings.. .
- Pineda, E., Alvarado, E., Canales, F. (1994). Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. 2ª. Edición.
- Pretzsch, H., Forrester, DI, y Rötzer, T. (2015). Representación de la mezcla de especies en modelos de crecimiento forestal. Una revisión y perspectiva. *Ecological Modelling* , 313 , 276–292. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.06.044>
- Proyecto Socioambiental y forestal (2007). *Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales*. Managua, Nicaragua .66 p.
- Reynel, C., Pennington, R. T., Pennington, T. D., Flores, C., & Daza , A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía Peruana un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies*. Retrieved from <https://vdocumento.com/arboles-utilesdela-amazonia-peruana.html?page=50>
- Ren, J., Fang, S., Lin, G., Lin, F., Yuan, Z., Ye, J., Wang, X., Hao, Z. y Fortunel, C. (2021). La respuesta del crecimiento de los árboles a los nutrientes del suelo y al hacinamiento en el vecindario varía entre los tipos de micorrizas en un bosque templado maduro. *Oecologia* , 197 (2), 523–535. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-05034-2>
- Ricse, A. (2003). Manual de sistemas agroforestales en la región Ucayali. Publicación 1º.Edición.
- Sales, A., de Oliveira Neto, S. N., de Paiva, H. N., Leite, H. G., Siviero, M. A., & Vieira, S. B. (2021). Growth and yield of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* according to soil management in agroforestry systems: A case study in the Brazilian Amazon. *Diversity*, 13(11), 511. <https://doi.org/10.3390/d13110511>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2021). *Informe sobre los bosques del Perú*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1811/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1811/libro.pdf)
- Sanchez, V. A. (2023). *Crecimiento, estado fitosanitario y calidad de carapa guianensis “andiroba” en dos plantaciones del CIEFOR - Puerto Almendra, Loreto – Perú. 2021.*

- [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9215>
- Shapiama, I. (2022). *Crecimiento, mortandad y estado fitosanitario de la especie Copaifera paupera "copaiba" de la plantación N° 33 del Ciefor, Puerto Almendra, Loreto-Perú. 2021.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional Digital UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8593>
- Sevillano, M. P. (2023). *Dinámica del crecimiento, sobrevivencia y calidad de una plantación de Cedrelinga cateniformis D. Ducke (fABACEAE) en un área degradada del CIEFOR "Puerto Almendra", Loreto. 2023.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9585/Marcio\\_Tesis\\_Titulo\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9585/Marcio_Tesis_Titulo_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sirolli, H. y Torrella, SA (2023). El rol del bosque secundario en la supervivencia y el crecimiento de especies nativas: Experimento de campo de plantación de árboles en el delta del río Paraná (Argentina). *Forest Ecology and Management* , 546 , 121329. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121329>
- Shao, X., Lin, L., Yao, Z., Chatterjee, M., Ge, X., Jin, L., Deng, Y., Yang, X., Xia, S., Liu, F., Cao, G. y Swenson, NG (2025). Efectos integrados de la composición del vecindario y los niveles de recursos en el crecimiento de una especie arbórea dominante en un bosque tropical. *Actas de la Royal Society B: Biological Sciences* , 292 (2041). <https://doi.org/10.1098/rspb.2024.2373>
- Taylor, AR, Gao, B. y Chen, HYH (2020). El efecto de la diversidad de especies en el crecimiento de los árboles varía durante la sucesión forestal en el bosque boreal del centro de Canadá. *Forest Ecology and Management* , 455 , 117641. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117641>
- Thomas, A., Priault, P., Piutti, S., Dallé, E. y Marron, N. (2021). Dinámica de crecimiento de especies arbóreas de rápido crecimiento en plantaciones forestales mixtas y agroforestales. *Forest Ecology and Management* , 480, 118672. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118672> .

- Tuesta, J. J. (2023). *Crecimiento y desarrollo de Schizolobium parahybum “pashaco” en la plantación n° 07 del CIEFOR - Puerto Almendra, Loreto – Perú. 2021.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.[https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9358/Julio\\_Tesis\\_Titulo\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9358/Julio_Tesis_Titulo_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ushiñahua, D. (2016). *Comportamiento fenológico preliminar de bolaina en la provincia de San Martín, región San Martín.* <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/216/1/HD-1-2016-Bolaina.pdf>
- Vacek, Z., Vacek, S., & Cukor, J. (2023). European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies.. *Journal of environmental management*, 332, 117353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117353>.
- Villalva Romero, N. W. (2011). *Evaluación del crecimiento de la Guazuma crinita Mart. (bolaina blanca) en tres estratos de la comunidad nativa de Puerto Ocopa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/88259558-beae-48af-ba27-e1e3d4762083>
- Wightman, K., Cornelius, J., & Ugarte, L. (2006). *Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la Amazonía Peruana.* ICRAF Manual Técnico N° 4 World Agroforestry Centre-Amazon Regional Programme.
- Zamora, L. R. (2014). *Crecimiento inicial, sobrevivencia y mortalidad de especies maderables en laderas y cuencas altas del rio negro, distrito de rioja, San Martin, Perú.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.[https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3529/Renel\\_Tesis\\_Titulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3529/Renel_Tesis_Titulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## **ANEXOS**

**Tabla 9.** Promedio de incremento de diámetro (mm) por evaluación

<b>Especies</b>	<b>Fila</b>	<b>3 meses</b>	<b>6 meses</b>	<b>9 meses</b>
Bolaina	1	1.790	2.676	3.983
Bolaina	2	4.373	5.525	8.148
Bolaina	3	4.380	7.392	8.390
Pashaco	1	0.701	4.533	7.174
Pashaco	2	1.268	2.779	4.385
Pashaco	3	1.440	5.366	10.226
Pinochuncho	1	2.706	19.304	29.235
Pinochuncho	2	4.190	9.770	16.639
Pinochuncho	3	3.888	19.438	37.537

**Tabla 10.** Promedio de incremento de altura (cm) por evaluación

<b>Especies</b>	<b>Fila</b>	<b>3 meses</b>	<b>6 meses</b>	<b>9 meses</b>
Bolaina	1	8.077	26.708	40.470
Bolaina	2	31.075	61.417	90.900
Bolaina	3	34.842	61.024	79.685
Pashaco	1	5.657	19.729	25.343
Pashaco	2	5.922	13.148	19.107
Pashaco	3	7.614	25.966	45.176
Pinochuncho	1	18.130	136.227	203.855
Pinochuncho	2	25.357	70.900	108.383
Pinochuncho	3	22.189	127.353	228.963



**Figura 8.** Limpieza del terreno para el establecimiento



**Figura 9.** Delimitación y alineación de la parcela



Figura 10. Traslado de los plantones



Figura 11. Apertura de hoyos



**Figura 12.** Establecimiento de los plantones de tres especies forestales



**Figura 13.** Evaluación del diámetro a los tres meses



**Figura 14.** Evaluación de la altura a tres meses de establecimiento



**Figura 15.** Evaluación del diámetro a los seis meses de evaluación



**Figura 16.** Medición de la altura a los seis meses de evaluación



**Figura 17.** Medición de la altura a los nueve meses de evaluación



**Figura 18.** Medición de la altura a los nueve meses de evaluación