



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROPECUARIO

**“Crecimiento y desarrollo de pachaco en vivero de macro túnel de sarán al
35% de sombra”**

AUTOR: ANA IRIS AMAY MEJÍA

TUTOR: MIGUEL ÁNGEL MACAY ANCHUNDIA, Mg.

El Carmen, 30 de enero de 20

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría del estudiante Amay Mejía Ana Iris, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es "Crecimiento y desarrollo de pachaco en vivero de macro túnel de serán al 35 % de sombra".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 29 de enero de 2026.

Lo certifico



Miguel Ángel Macay Anchundia, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Crecimiento y desarrollo de pachaco en vivero de macro túnel de sarán al
35% de sombra

AUTOR: Ana Iris Amay Mejía

TUTOR: Miguel Ángel Macay Anchundia, Mg

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Ing. De La Cruz Marco, Mg

MIEMBRO: Ing. Vivas Cedeño Jorge, Mg

MIEMBRO: Ing. Cobeña Loor Nexar, Mg



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Ana Iris Amay Mejia con cedula de ciudadanía 200011097-9, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autor de la tesis titulada **"Crecimiento y Desarrollo de Pachaco en un Vivero de Macro Túnel de Sarán al 35 % de Sombra"**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total e su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos Y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados

Atentamente,



Ana Iris Amay Mejia

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, por darme fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida académica. A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente; por creer en mí incluso en los momentos de dificultad y ser el pilar fundamental de cada uno de mis logros.

A mis hermanas, por su cariño, comprensión y palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante. A mis sobrinos, quienes con su alegría e inocencia se convirtieron en una fuente de inspiración y esperanza.

Al Ing. Nicolás Alcívar, por su orientación, apoyo y valiosos conocimientos compartidos a lo largo de este proceso. A la Ing. Laura Zambrano, por su acompañamiento, confianza y apoyo constante. Y al Ing. Wladimir Minaya, por su colaboración, consejos y motivación, que contribuyeron de manera significativa al desarrollo de este trabajo.

A todos ellos, mi gratitud eterna.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza, sabiduría y guía en cada etapa de este proceso académico. A mis padres, por su apoyo incondicional, motivación constante y ejemplo de perseverancia. A mis hermanas y de más familiares, por su comprensión, respaldo y palabras de aliento que me impulsaron a continuar. A mis docentes, por su valiosa orientación, dedicación y transmisión de conocimientos que contribuyeron significativamente a mi formación profesional. Finalmente, a mis compañeros, por su colaboración, compañerismo y compromiso compartido. Este trabajo refleja el esfuerzo conjunto y la convicción de alcanzar los objetivos propuestos.

Índice

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE ILUSTRACIÓN.....	11
Resumen	12
Abstract.....	13
CAPÍTULO I.....	14
1.1. Introducción	14
1.2. Problema científico	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.4.2. Objetivos Específicos	16
1.5. Metodología	17
1.5.1. Procedimiento.....	17

1.5.2.	Métodos.....	19
1.5.3.	Técnicas.....	20
1.5.4.	Técnicas de análisis de datos.....	21
CAPÍTULO II.....		22
2.	MARCO TEÓRICO	22
2.1.	Importancia económica y medicinal	22
2.2.	Condiciones de Cultivo del Pachaco	23
2.2.1.	Requerimientos de luz	23
2.2.2.	Factores ambientales: temperatura, humedad y suelo	23
2.2.3.	Manejo del agua y nutrientes	23
2.3.	Uso de Macro Túneles.....	24
2.3.1.	Descripción de los macro túneles.....	24
2.3.2.	Beneficios de los Macro Túneles en el Cultivo.....	24
2.3.3.	Efecto del porcentaje de sombra en el crecimiento de las plantas	25
2.4.	Impacto de la Sombra en las Plantas	25
2.4.1.	Efectos fisiológicos de la sombra en las plantas	25
2.5.	Crecimiento y Desarrollo de las Plantas	26
2.5.1.	Fases del crecimiento de la planta.....	26

CAPÍTULO III	28
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	28
3.5.1. Croquis	31
3.6. Resultados y Discusión	32
4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
Referencias Bibliográficas.....	45
ANEXOS	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Gasto de Macrotúnel.....	29
Tabla 2 Cantidad de plantas en macro túnel	30
Tabla 3 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 15 días de evaluación.....	50
Tabla 4 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 30 días de evaluación.....	33
Tabla 5 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 45 días de evaluación.....	34
Tabla 6 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 60 días de evaluación.....	35
Tabla 7 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 15 días de evaluación.....	37
Tabla 8 Resultados del análisis estadístico del grosor del tallo en plantas de pachaco después de 30 días en vivero.....	38
Tabla 9 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 45 días de evaluación.....	40
Tabla 10 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 60 días de evaluación.....	41

INDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 Ubicación del Proyecto	31
Ilustración 2 Plántulas de pachaco (<i>Schizolobium parahyba</i>) en etapa de desarrollo (7 días post-siembra).....	49
Ilustración 3 Fundas plásticas preparadas con sustrato para el trasplante de plántulas de pachaco.....	49
Ilustración 4 Macro túnel experimental con cobertura de malla sarán al 35% para el ensayo de pachaco.....	49
Ilustración 5 Vistas del vivero experimental de pachaco durante las etapas de preparación y establecimiento.....	49
Ilustración 6 Vista general del vivero experimental.	49
Ilustración 7 Medición de altura de plántula de pachaco con calibre digital durante evaluación a los 15 días.	49

Resumen

El propósito de este trabajo fue ver cómo diferentes cantidades de sombra afectan el crecimiento temprano de plantas de pachaco cultivadas en vivero, específicamente en el cantón El Carmen de la provincia de Manabí. Para esto se montó un ensayo dentro de un macro túnel donde se probaron distintos niveles de sombra usando mallas, y las plantas se pusieron en fundas plásticas con tierra orgánica que era igual para todas. Después de sembrar las plantas, se fueron midiendo regularmente el grosor del tallo, qué tan altas estaban y cuántas hojas tenían, usando herramientas de medición y llevando un registro ordenado. La información que se recopiló se analizó con pruebas estadísticas de comparación de promedios para ver si había diferencias reales entre los tratamientos. Lo que se encontró fue que cuando las plantas tenían cuarenta y cinco días después de trasplantarlas, el grosor promedio del tallo era prácticamente igual sin importar el nivel de sombra que recibieran. Lo mismo pasó con las otras características de crecimiento que se midieron, ninguna mostró cambios importantes que permitieran decir que algún tratamiento funcionó mejor que los otros. Sin embargo, lo que sí quedó claro es que todas las plantas se establecieron de manera pareja y crecieron bien en todos los tratamientos, demostrando que la forma de manejar el vivero y la tecnología que se usó fueron adecuadas para producir plantas de pachaco en esta zona. Lo que se aprendió de este estudio sirve para planificar mejor y manejar de forma más efectiva los viveros forestales en zonas tropicales húmedas.

Palabras clave: Pachaco, sombra, vivero forestal, crecimiento inicial, malla de sombra.

Abstract

The purpose of this study was to see how different amounts of shade affect the early growth of pachaco plants grown in nurseries, specifically in the El Carmen canton of the Manabí province. To do this, a trial was set up inside a macro tunnel where different levels of shade were tested using mesh, and the plants were placed in plastic bags with organic soil that was the same for all of them. After planting the plants, the thickness of the stem, how tall they were, and how many leaves they had were measured regularly using measuring tools and keeping an orderly record. The information collected was analyzed with statistical tests comparing averages to see if there were real differences between the treatments. What was found was that when the plants were forty-five days old after transplanting, the average stem thickness was practically the same regardless of the level of shade they received. The same was true for the other growth characteristics that were measured; none showed significant changes that would allow us to say that one treatment worked better than the others. However, what did become clear is that all plants established evenly and grew well in all treatments, demonstrating that the nursery management practices and technology used were suitable for producing pachaco plants in this area. The lessons learned from this study will help to improve planning and management of forest nurseries in humid tropical areas.

Keywords: pachaco, shade, forest nursery, early growth, shade mesh

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

El *Schizolobium parahybum*, conocido como pachaco, tuvo un uso destacado en Brasil durante los siglos XIX y XX, principalmente en la carpintería y la medicina tradicional. Su primera descripción fue realizada en 1824 por el alemán Carl Friedrich Philipp von Martius. La especie se establece de manera natural en las cuencas del río Paraíba y ha sido analizada en distintos campos del conocimiento debido a su rápida tasa de crecimiento y a su importancia ecológica (Quito-Torres et al., 2019). Investigaciones recientes señalan que la inoculación con hongos micorrízicos y rizobacterias en *S. parahybum* incrementa su crecimiento y la producción de madera, lo que respalda su empleo en programas de reforestación y restauración de ecosistemas degradados (Cely et al., 2016).

En el contexto ecuatoriano, el uso de *S. parahybum* se ha asociado estrechamente tanto con la actividad maderera como con prácticas de medicina tradicional. Su madera, de baja densidad y fácil procesamiento, se destina a la fabricación de muebles, puertas, divisiones internas, embalajes y modelos, además de utilizarse en la producción de tableros contrachapados y aglomerados, debido a su buena aptitud para el laminado (López & Ruales, 2015). De forma paralela, la corteza contiene taninos con efecto astringente, tradicionalmente empleados para el tratamiento de afecciones digestivas (Fababa, 2017).

El pachaco ha sido promovido en regiones tropicales de Ecuador por su rápido crecimiento y adaptabilidad (Masapanta, 2011). En Manabí, ha sido incorporado en zonas con climas cálidos y estacionales, mostrando buen desempeño en áreas afectadas por degradación. Su introducción responde al interés por especies de rápido crecimiento adaptables a condiciones tropicales. Esta adaptación favorece su uso en planes de reforestación sostenible (Espinales, 2021).

1.2. Problema científico

Uno de los factores críticos en el crecimiento saludable de las plántulas de especies forestales es el control de la radiación solar. En el caso del pachaco, la falta de estudios que determinen el nivel óptimo de sombra, como el uso de sarán al 35 % dentro de macro túneles, ha dificultado el establecimiento de protocolos eficientes en vivero. Este problema técnico afecta directamente la calidad de las plantas que se cultivan en los viveros, y como resultado, muchas no logran sobrevivir o no se desarrollan bien cuando se las planta en el terreno definitivo (Ulloa, 2024).

El problema se agrava porque hay muy poca inversión para mejorar las técnicas de cultivo forestal en viveros, y tampoco se conoce bien cómo responde fisiológicamente el pachaco cuando se lo cultiva con sombra controlada. Todo esto hace muy difícil producir esta especie en grandes cantidades para venderla comercialmente. Es una pena, porque el pachaco podría ser una excelente fuente de madera que traería beneficios económicos, ayudaría al ambiente y mejoraría la vida de muchas comunidades (Benavides, 2023). Por tanto, es fundamental investigar el efecto de distintas intensidades de sombra, como el 35 %, sobre el crecimiento y desarrollo del pachaco en vivero, con el fin de generar recomendaciones técnicas que fortalezcan su manejo desde etapas tempranas.

1.3. Justificación

El cultivo de Pachaco representa una alternativa agrícola valiosa para los agricultores del cantón El Carmen, en la provincia de Manabí, debido a sus múltiples usos y beneficios económicos (Smith, 2018). Sin embargo, la producción eficiente de esta especie requiere condiciones específicas que aseguren un óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas en vivero. En este sentido, el uso de macro túneles con cobertura de sarán al 35 % de sombra se presenta como una estrategia innovadora para mejorar el ambiente micro climático en el que se desarrollan las plántulas,

protegiéndolas de condiciones adversas como la radiación solar intensa y la pérdida de humedad, factores comunes en esta región tropical (Gómez, 2019).

Esta investigación es necesaria porque va a ayudar a los agricultores del cantón a saber exactamente cómo cuidar mejor las plantas de Pachaco en el vivero, antes de sembrarlas en sus terrenos. Cuando las plantas salen bien preparadas del vivero, la mayoría logra adaptarse y crecer fuerte en el campo, lo que significa mejores cosechas y cultivos que duran más tiempo (Pérez, 2020). Pero no solo se trata de mejorar las plantas: si los viveros funcionan mejor, se abren oportunidades de trabajo y las familias que viven de la agricultura pueden tener ingresos más estables.

Con este estudio queremos entregar información práctica y basada en ciencia, pero pensada para la realidad de aquí, de Manabí. La idea es que los productores aprendan técnicas que realmente funcionen con el clima y las condiciones que tienen en sus fincas. Al final, entender cómo se comporta el Pachaco en estas condiciones concretas puede hacer una gran diferencia para que la agricultura del cantón El Carmen sea más rentable y se mantenga en el tiempo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y desarrollo del pachaco (*Schizolobium parahybum*) en etapa de vivero cultivado en macro túnel cubierto con malla de sarán al 35 % de sombra.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento del pachaco bajo sombra del 35 % en vivero, como alternativa para mejorar su propagación en condiciones locales.

- Establecer un ensayo en vivero con sombreo al 35 % para evaluar el impacto de la reducción de luz en el desarrollo del pachaco.
- Analizar los costos operativos y de inversión asociados al establecimiento y manejo del cultivo de pachaco en vivero bajo macro túnel con cobertura de sarán al 35 % de sombra.

1.5. Metodología

1.5.1. Procedimiento

La investigación se desarrolló siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con tres tratamientos: plantas de Pachaco cultivadas en macro túnel con sarán al 35 % (tratamiento experimental) y plantas cultivadas en vivero convencional a cielo abierto y con túnel plástico. Este diseño experimental permite controlar variables externas y maximizar la validez del estudio (Bone et al., 2024); el experimento tuvo una duración de 16 semanas, período considerado adecuado para evaluar el desarrollo inicial de especies forestales tropicales de crecimiento rápido.

Fase 1: Preparación del área experimental

Se establecieron tres áreas experimentales de 30 m² cada una en las instalaciones del vivero forestal, siguiendo las recomendaciones propuestas por Bone et al. (2024) para condiciones de sombra en viveros forestales. La primera área corresponde al macro túnel cubierto con malla sarán al 35 %. (T1), mientras que la segunda fue el área de vivero de plástico transparente (T2) y la tercera área de campo abierto (T3). La selección del porcentaje de sombra se basa en estudios previos que indican que especies del género *Schizolobium* responden favorablemente a niveles de sombra entre 30-40 % durante sus primeras etapas de desarrollo (Martins et al., 2012).

Fase 2: Preparación del sustrato y contenedores

Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm x 240 cm con perforaciones para drenaje, siguiendo prácticas actuales recomendadas por Benavides (2023) en viveros tecnificados. El sustrato estuvo compuesto por 60 % tierra, 30 % compost orgánico y 10 % cascarilla de arroz, proporción efectiva en el cultivo de especies tropicales, según Chevez (2021). La mezcla fue desinfectada mediante solarización a 80 °C por una semana y homogeneizada antes de su uso, siguiendo técnicas actualizadas de manejo de sustratos descritas por Bone et al. (2024).

Fase 3: Siembra y establecimiento

Se sembrarán 99 semillas pre-germinadas de Pachaco por tratamiento, cantidad que permite obtener resultados estadísticamente significativos según los parámetros establecidos por Ulloa (2024) para experimentos forestales. Las semillas fueron distribuidas en 3 bloques de 33 plantas cada uno, utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizados para reducir el error experimental (Steel et al., 1980). Las semillas se sembraron a una profundidad de 2 cm, colocando el embrión hacia abajo, que es la forma adecuada de hacerlo cuando se trabaja con semillas de este tamaño, tal como lo recomienda Benavides (2023).

- **Pregerminación:** Para que las semillas germinen más rápido, se les hizo una escarificación mecánica suave, lo que ayuda a que absorban agua y se activen los procesos internos de la semilla. Con este tratamiento, el tiempo que tardan en germinar se reduce bastante: en lugar de esperar entre 15 y 20 días, las semillas brotan en apenas 7 a 10 días (Masapanta, 2011).
- **Siembra:** Una vez que las semillas ya habían iniciado la germinación, se colocaron en bolsas negras de polietileno de 20 x 30 cm, enterrándolas a 2 cm de profundidad. Se tuvo

cuidado de orientar el micrópilo hacia abajo para que la raíz inicial pueda salir sin dificultad (Ulloa, 2024).

- **Establecimiento inicial:** Durante las primeras 4 semanas, las plántulas desarrollan su sistema radicular primario y las primeras hojas verdaderas. En esta etapa, el riego se realiza diariamente para mantener la humedad del sustrato entre 70-80 % de capacidad de campo (Bone et al., 2024).

Fase 4: Manejo y mantenimiento

Durante las 16 semanas del experimento se realizó riego diario manual, manteniendo la humedad del sustrato entre 70-80% de la capacidad de campo, rango óptimo validado por Espinales (2021) en condiciones de vivero.

Fase 5: Toma de datos y evaluaciones

Se realizaron mediciones quincenales de variables morfométricas y evaluaciones mensuales de parámetros vegetativos, frecuencia de evaluación usada en estudios recientes como los de Bone et al. (2024).

1.5.2. Métodos

1.5.2.1. Método experimental

Se aplicó el método experimental con enfoque cuantitativo, utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y diez 70 repeticiones por tratamiento. Este método permite establecer relaciones causa-efecto entre las condiciones de cultivo y el desarrollo de las plantas, proporcionando evidencia científica robusta (Cook et al., 2001). El diseño experimental

seleccionado es apropiado para estudios comparativos en condiciones controladas de vivero (Petraitis, s. f.).

1.5.2.2. Método estadístico

Para el análisis de datos se empleó estadística InfoStat. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para cada variable medida. Se utilizó un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$), criterio estadístico usado por Benavides (2023) en ensayos con *S. parahybum*.

1.5.2.3. Método analítico-sintético

Se empleó para la interpretación y discusión de resultados, integrando los hallazgos de esta investigación con estudios como los de Vargas (2021) y Espinales (2021). Este método permite establecer conclusiones fundamentadas sobre la viabilidad del sistema propuesto.

1.5.3. Técnicas

1.5.3.1. Técnicas de medición morfométrica

A. Altura de planta

La medición de altura se realizaron utilizando regla graduada de 100 cm con precisión de $\pm 0,5$ cm, técnica estándar para evaluaciones de crecimiento en viveros forestales (Jacobs et al., 2015). Las mediciones se efectuaron quincenalmente desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta, en horas de la mañana para evitar variaciones por turgencia (Espinales, 2021).

B. Diámetro del tallo

Se utilizaron calibrador digital Vernier con precisión de $\pm 0,01$ mm para medir el diámetro del tallo a 5 cm del cuello de la raíz, siguiendo protocolos internacionales para mediciones forestales

(West, 2015). Esta variable es un indicador clave de la calidad y vigor de las plántulas forestales (Jacobs et al., 2015).

C. Número de hojas

Se realizaron conteo directo de hojas completamente expandidas, considerando únicamente aquellas con más del 50 % de su superficie desarrollada, criterio establecido por Lambers & Oliveira (2019) para estudios de desarrollo foliar.

1.5.4. Técnicas de análisis de datos

1.5.4.1. Visualización de datos

Se crearon gráficos estadísticos usando Microsoft Excel 2021, incluyendo gráficos de barras con barras de error, boxplots para distribución de datos, gráficos de dispersión para correlaciones y series temporales para variables medidas en el tiempo (Wickham, 2016).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Según Viani et al. (2020), el pachaco es una de las especies pioneras en procesos de sucesión ecológica, debido a su capacidad de crecer rápidamente y generar sombra que facilita la regeneración natural del bosque. Esta característica hace que sea muy útil para recuperar áreas que han sido deforestadas o donde la agricultura intensiva ha deteriorado el suelo.

Pero el pachaco no solo es importante por lo ambiental, también tiene un significado cultural e histórico en varias comunidades de Sudamérica. En Brasil, por ejemplo, desde el siglo XIX la gente ha usado su madera para construir canoas, hacer muebles, fabricar instrumentos musicales y levantar construcciones tradicionales, ya que es una madera suave, uniforme y muy fácil de manejar. Carl Friedrich von Martius fue el primero en describir científicamente esta especie en 1824, reconociendo su potencial para la silvicultura tropical (Vargas, 2021).

2.1. Importancia económica y medicinal

El principal valor del pachaco es económico, ya que su madera, liviana y de rápido secado, es ampliamente utilizada en la industria maderera para la elaboración de puertas, contrachapados, embalajes, estibas, maquetas, muebles y molduras (Bone et al., 2024). En zonas rurales, su aprovechamiento genera empleo local a través de viveros, tala sostenible y transformación de madera.

Desde el punto de vista nutricional, su corteza contiene taninos vegetales con propiedades astringentes, utilizados en la medicina tradicional amazónica para tratar diarreas, heridas y afecciones dérmicas (Fababa, 2017).

2.2. Condiciones de Cultivo del Pachaco

2.2.1. Requerimientos de luz

El pachaco es una especie altamente dependiente de la luz para su desarrollo. Durante su fase juvenil presenta un crecimiento intensivo en biomasa aérea. Sin embargo, en vivero, el uso de sistemas de sombreo ha mostrado efectos positivos al moderar la temperatura y reducir el estrés hídrico. Estudios realizados por Bone et al. (2024) revelan que niveles de sombra del 30 al 40% con malla sarán favorecen el alargamiento del tallo, el aumento del diámetro y la acumulación de biomasa foliar.

2.2.2. Factores ambientales: temperatura, humedad y suelo

El pachaco crece mejor cuando la temperatura está entre 24 °C y 32 °C, y necesita que la humedad del aire se mantenga entre 60 % y 85 % (Ulloa, 2024). Aunque esta especie puede adaptarse a diferentes tipos de suelo, prefiere los suelos que tienen una mezcla de arena y otros componentes, que estén bien aireados y con un pH que vaya de 5,5 a 6,5. Es importante que el suelo drene bien el agua para que las raíces no se ahoguen, y también que tenga un buen contenido de materia orgánica, al menos más del 2 % (Benavides, 2023).

2.2.3. Manejo del agua y nutrientes

Durante la etapa de vivero, el riego debe ser frecuente y controlado, manteniendo el sustrato en un 70 % a 80 % de su capacidad de campo. El uso de NPK 10-10-10 cada 15 días ha demostrado mejorar significativamente la biomasa aérea y radicular. El aporte de micorrizas arbusculares puede incrementar la absorción de fósforo y tolerancia al estrés hídrico (Espinales, 2021).

2.3. Uso de Macro Túneles

2.3.1. Descripción de los macro túneles

Los macro túneles son estructuras con forma de arco que se colocan encima de las plantas en el vivero para protegerlas parcialmente. Normalmente se hacen con tubos curvos de PVC o hierro galvanizado, y se cubren con malla sarán o plástico especial. Como no están completamente cerrados, el aire puede moverse libremente, lo que evita que se acumule demasiada humedad adentro (Molina et al., 2020).

Estas estructuras protegen las plantas del clima difícil, reducen la cantidad de luz solar directa que les llega y ayudan a que el suelo no pierda tanta humedad por la evaporación. Estudios realizados por Ulloa (2024) observaron que plántulas de pachaco desarrolladas bajo macro túnel con malla sombreadora al 35 % presentaron un 20 % más de biomasa aérea y radicular en comparación con las cultivadas a cielo abierto.

2.3.2. Beneficios de los Macro Túneles en el Cultivo

Entre los principales beneficios se destacan:

- Protección frente a condiciones climáticas adversas.
- Reducción de la evaporación del sustrato.
- Mejora del microclima: estabilidad térmica y humedad relativa controlada.
- Disminución de enfermedades fúngicas.
- Mayor eficiencia en la aplicación y absorción de nutrientes.
- Incremento en la tasa de supervivencia y vigor de las plántulas (Delgado et al., 2021).

2.3.3. Efecto del porcentaje de sombra en el crecimiento de las plantas

Para plantas en fase inicial, como las plántulas de pachaco, se recomienda el uso de malla sarán con porcentajes de sombreo entre 30 % y 50 %. Estudios de Espinales (2021) determinaron que un sombreo del 35 % mejora el alargamiento del tallo, aumenta el número de hojas y favorece la distribución del sistema radicular. El sombreo también incide en el contenido de clorofila, presentando valores más altos de SPAD (índice de clorofila), correlacionado con una mayor actividad fotosintética (Chevez, 2021).

2.4. Impacto de la Sombra en las Plantas

2.4.1. Efectos fisiológicos de la sombra en las plantas

La sombra afecta varios procesos fisiológicos esenciales. En condiciones de baja radiación, las plantas tienden a modificar su arquitectura para maximizar la captación de luz, incluyendo el alargamiento del tallo, aumento del área foliar específica y cambios en la orientación de las hojas (Gommers et al., 2013).

La sombra induce una mayor proporción de clorofila b respecto a clorofila a, incrementando la eficiencia en la captura de luz de baja intensidad. En plántulas de pachaco, se ha observado que un nivel de sombra moderada (entre 30 % y 40 %) favorece el desarrollo equilibrado de biomasa aérea y radicular (Bone et al., 2024).

2.5. Crecimiento y Desarrollo de las Plantas

2.5.1. Fases del crecimiento de la planta

Germinación: Esta fase inicia con la hidratación de la semilla (imbibición), lo que activa enzimas responsables de la movilización de reservas. La primera parte de la semilla que aparece es la raicilla, y luego sale el brote del tallo. Para que esto funcione bien, la semilla necesita tener buenas condiciones: temperatura apropiada, suficiente humedad y oxígeno, además de estar en buen estado (Taiz et al., 2015).

Desarrollo vegetativo: El desarrollo del pachaco mientras está en vivero está influenciado por la cantidad de luz, el sustrato donde crece, cómo se maneja la sombra y cuánta agua tiene disponible. Todos estos factores afectan directamente aspectos como la altura que alcanza, el grosor del tallo, la cantidad de hojas, el peso de la planta y sus raíces, y qué tan bien funcionan sus procesos internos (Zambrano et al., 2024).

Usar sombra, particularmente con malla sarán al 35%, ha demostrado buenos resultados para que las plantas crezcan mejor y tengan más probabilidades de sobrevivir. Distintas investigaciones indican que, en vivero, cuando se da una sombra moderada (30-40%), las plántulas crecen más en altura, se ramifican mejor, desarrollan más hojas y realizan mejor la fotosíntesis. Al mismo tiempo, sufren menos por falta de agua o temperaturas altas, lo que resulta en plantas de mejor calidad (Bone et al., 2024; Zambrano et al., 2024; Mata Balderas et al., 2024). Bone et al. (2024) observaron que las plantas que recibieron 35% de sombra mostraron tallos más gruesos y mayor cantidad de hojas comparadas con las que estuvieron expuestas directamente al sol, además de adaptarse mejor cuando fueron trasplantadas.

Para concluir, manejar la sombra con malla sarán al 35% resulta efectivo para mejorar el desarrollo del *S. parahyba* en vivero, consiguiendo plantas más vigorosas que se establecen mejor en el campo. Esto está respaldado por diversas investigaciones recientes realizadas en Ecuador y la región (Bone et al., 2024; Mata Balderas et al., 2024; Ramos Vargas, 2022; Zambrano et al., 2024).

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tiene como finalidad diseñar, implementar y evaluar un sistema de producción de plántulas de *S. parahyba* (pachaco) bajo la utilización de macro túneles con malla de sombra al 35 %. Esta innovación se plantea como una alternativa técnica frente a los métodos tradicionales de vivero a cielo abierto, que presentan limitaciones relacionadas con la variabilidad ambiental, el estrés hídrico y la heterogeneidad en el desarrollo de las plántulas.

El desarrollo de la propuesta se articula con los objetivos específicos planteados en la investigación, priorizando la mejora en las condiciones de cultivo, el aumento de la supervivencia de las plántulas y la optimización de los recursos disponibles. Asimismo, la implementación de macro túneles permitirá contar con un sistema de manejo controlado que incremente la eficiencia productiva y contribuya a la reforestación sostenible en la región.

3.1. Área de Estudio

El estudio experimental se llevó a cabo en la Granja Experimental “Río Suma” de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión El Carmen, situada en la provincia de Manabí a una altitud de 260 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se clasifica como de clima tropical húmedo, con una temperatura media de 24 °C y una precipitación anual promedio de 2.806 mm.

3.2. Diseño de la Propuesta

El diseño de la propuesta se basa en la construcción e implementación de tres áreas experimentales de 30 m² cada una, diferenciadas de la siguiente manera:

1. Área con macro túnel cubierto con malla sombra al 35 %: tratamiento experimental.

2. Área de vivero a cielo abierto: tratamiento control.
3. Área con túnel plástico convencional: tratamiento comparativo.

3.3. Estructura del macro túnel

1. **Dimensiones:** 9 m de largo x 9 m de ancho x 3 m de alto.
2. **Materiales:** estructura metálica tubular galvanizada, cubierta con malla sombra al 35 %, reforzada con tensores metálicos.
3. **Distribución:** pasillos internos de 0,5 m para facilitar labores de riego, fertilización y toma de datos.

Tabla 1 Gasto de Macrotúnel

<i>Categoría General</i>	<i>Monto (USD)</i>
<i>Transporte/Flete</i>	<i>31,00</i>
<i>Materiales/Insumos</i>	<i>1.050,85</i>
<i>Mano de obra</i>	<i>815,00</i>
<i>Otros gastos</i>	<i>325,00</i>
<i>Total</i>	<i>2.221,85</i>

3.4. Diseño interno de cultivo

1. Se emplearon bolsas de polietileno negro de 14 x 24 cm con perforaciones para drenaje.
2. Se establecieron 99 plántulas por tratamiento, distribuidas en bloques de 99 unidades cada uno, siguiendo un diseño de bloques al azar.
3. El sustrato compuesto por 60 % tierra, 30 % compost orgánico y 10 % cascarilla de arroz.

3.5. Esquema de distribución

1. Filas de 5 bolsas de polietileno.
2. Pasillos de 0,5 m entre cada bloque para facilitar las actividades de manejo.

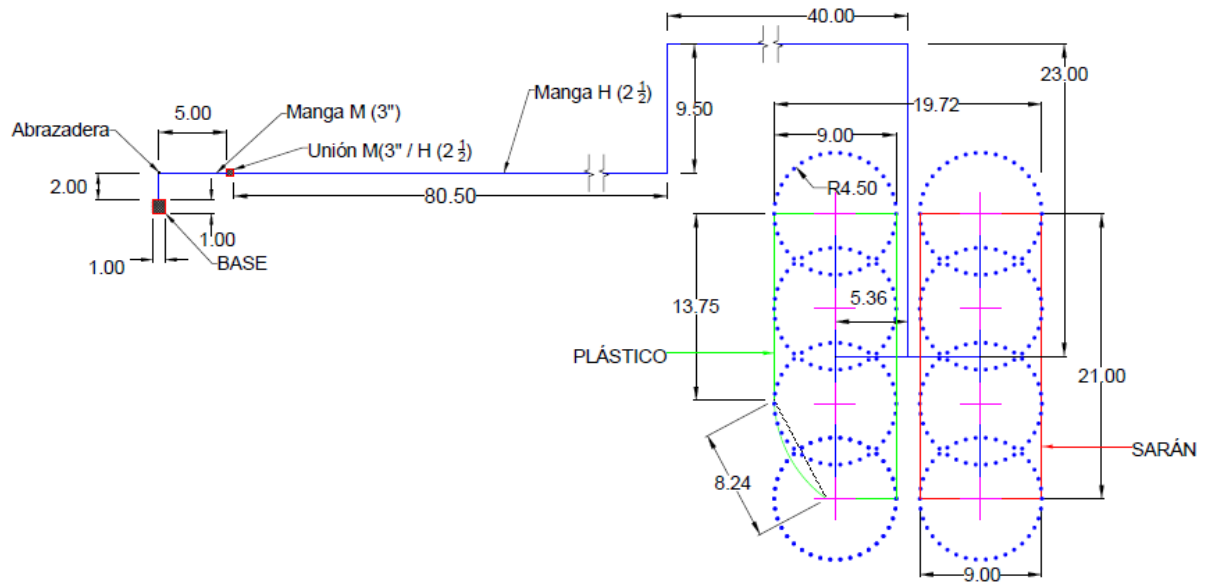
Tabla 2 Cantidad de plantas en macro túnel

<i>Descripción</i>	<i>Valor/Medida</i>	<i>Observación</i>
<i>Dimensiones del invernadero</i>	9 m x 9 m	Área total = 81 m ²
<i>Tamaño de fundas/plántulas</i>	5 cm x 8 cm	Área por plántula = 0,004 m ²
<i>Área útil con callejones</i>	8,5 m x 8,5 m = 72,25 m ²	Callejones de manejo (0,5 m)
<i>Número teórico de plantas</i>	$72,25 \div 0,004 = 18.062$	Sin accesos adicionales
<i>Número realista de plantas</i>	= 12.600 - 13.000	Cantidad de plantas total

La propuesta contempla que cada área experimental tenga condiciones similares en cuanto a sustrato, riego y fertilización, de manera que el único factor variable sea el nivel de sombra proporcionado por los macro túneles o por el cultivo a cielo abierto.

3.5.1. Croquis

Ilustración 1 Ubicación del Proyecto



3.6. Resultados y Discusión

3.7. Resultados de altura de planta

El análisis de varianza revela que no existen variaciones significativas en la estatura media entre los tratamientos durante ninguna de las etapas evaluadas (15, 30, 45 y 60 días), por lo que la interpretación de los resultados debe orientarse hacia dicho aspecto.

El análisis de la varianza para la altura promedio de las plántulas a los 15 días mostró que no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, ya que el efecto de tratamiento presentó un valor de $p = 0,4787$, superior al nivel de significancia de 0,05. El modelo logró explicar el 22% de la variación que se observó en los datos ($R^2 = 0,22$), y el coeficiente de variación quedó en 19,49%, lo cual muestra que hay cierta variabilidad en los resultados, pero está dentro de lo esperado para este tipo de pruebas en plantas que recién están en vivero.

Si se revisan los números, el tratamiento T3 alcanzó la mayor altura en promedio (14,25 cm), después vino T1 (12,83 cm) y finalmente T2 (11,60 cm). Sin embargo, cuando se aplicó la prueba de Tukey, los tres tratamientos quedaron con la misma letra (A), lo que significa que esas diferencias en altura realmente no son significativas desde el punto de vista estadístico. Esto sugiere que, durante los primeros 15 días, el pachaco responde de manera similar en altura bajo las condiciones de sombra evaluadas, de modo que pequeñas variaciones en el manejo de la luz no generan contrastes marcados en el crecimiento temprano.

Resultados similares han sido reportados en estudios de *Schizolobium parahyba* en vivero, donde se observa que, en las primeras semanas después de la germinación, la especie prioriza la emergencia y establecimiento del sistema radicular, mientras que las diferencias en altura entre niveles de sombra tienden a ser reducidas y no siempre significativas (Bone et al., 2024; Sousa et

al., 2022). En concordancia con estos autores, los datos de este ensayo indican que, en la etapa inicial, lo más importante es asegurar condiciones adecuadas de humedad, sustrato y manejo sanitario, ya que el efecto del tratamiento de sombra sobre la altura todavía es limitado a los 15 días.

Tabla 3 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 30 días de evaluación.

<i>Fecha</i>	<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
30 DÍAS	Altura_prom (cm)	9	0.6	0.46	6.98

<i>Tratamiento</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	
T2	17.93	3	a
T1	17.46	3	a
T3	15.25	3	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

A los 30 días, el análisis de varianza para la altura promedio de las plántulas mostró un valor de $p = 0,066$ para el efecto de tratamiento, ligeramente superior al nivel de significancia de 0,05. Aunque el modelo explica el 60% de la variación total ($R^2 = 0,60$) y el coeficiente de variación es bajo ($CV = 6,98\%$), lo que indica buena precisión experimental, estadísticamente no se puede afirmar que existan diferencias significativas entre los tratamientos al 5% de probabilidad.

Las medias de altura señalan que el tratamiento T2 registró el valor más elevado (17,93 cm), seguido de manera cercana por T1 (17,46 cm) y, en una medida inferior, T3 (15,25 cm). No obstante, la prueba de Tukey asignó la misma letra (A) a los tres tratamientos, corroborando que, a pesar de la tendencia numérica hacia T2, las discrepancias no son significativas desde una perspectiva estadística. Este hallazgo indica que, alrededor de los treinta días, el Pachaco ha superado la etapa de establecimiento inicial y exhibe una respuesta relativamente homogénea a las condiciones de sombra presentes en los tres tratamientos. El hecho de que el p-valor sea cercano a

0,05 indica una tendencia a mayores alturas en T2 y T1 respecto a T3, pero no lo suficiente para considerarla concluyente con el criterio estadístico adoptado. Trabajos previos con *Schizolobium parahyba* han mostrado que, bajo niveles moderados de sombra, las diferencias en altura entre tratamientos pueden ser pequeñas y dependen en gran medida del tiempo de evaluación, del tipo de estructura de protección y del manejo hídrico y nutricional (Bone et al., 2024; Sousa et al., 2022). En este estudio, los resultados a los 30 días coinciden con esa tendencia: existe una ligera ventaja numérica de ciertos tratamientos, pero la especie mantiene un patrón de crecimiento en altura bastante uniforme dentro del rango de condiciones ensayado.

Tabla 4 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 45 días de evaluación.

<i>Fecha</i>	<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R²</i> <i>Aj</i>	<i>CV</i>
45 DÍAS	Altura_prom (cm)	9	0.15	0	4.77

<i>Tratamiento</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	
T2	22.56	3	a
T3	22.05	3	a
T1	21.67	3	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

A los 45 días, el análisis de varianza para la altura promedio de las plántulas mostró un p-valor de 0,6117 para el efecto de tratamiento, claramente superior al nivel de significancia de 0,05. Esto sugiere que no se observan variaciones estadísticamente significativas en la estatura entre los tres tratamientos en la fecha de evaluación actual. El modelo únicamente explica el 15% del cambio total ($R^2 = 0,15$), mientras que el coeficiente de variación fue reducido ($CV = 4,77\%$), lo que evidencia una alta precisión experimental y un comportamiento relativamente homogéneo de las plantas.

Las medias registradas fueron notablemente equivalentes: 22,56 cm para T2, 22,05 cm para T3 y 21,67 cm para T1. La prueba de Tukey asignó la misma letra (A) a los tres tratamientos, corroborando que estas mínimas variaciones numéricas no poseen relevancia desde una perspectiva estadística. Estos hallazgos demuestran que, alrededor de la mitad del periodo de evaluación, las plántulas de Pachaco logran un crecimiento en altura casi equivalente bajo las diversas condiciones de manejo experimentadas, lo que consolida la noción de una respuesta morfológica estable dentro del espectro de sombra empleado.

Este patrón se alinea con lo documentado para *Schizolobium parahyba* en otras investigaciones, las cuales indican que, tras superar la fase inicial de establecimiento, la especie conserva tasas de elongación comparables bajo diversos niveles de sombra moderada, siempre que el abastecimiento de agua y nutrientes sea adecuado (Bone et al., 2024; Sousa et al., 2022). En este contexto, los hallazgos a los 45 días indican que, más que la modalidad terapéutica, la calidad de la gestión general del vivero (riego, sustrato y sanidad) constituye el factor clave para sostener el crecimiento en altura del pachaco en esta fase de desarrollo.

Tabla 5 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 60 días de evaluación.

<i>Fecha</i>	<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
60 DÍAS	Altura_prom (cm)	9	0.13	0	12.72
<i>Tratamiento</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>			
T3	24.47	3	a		
T1	22.72	3	a		
T2	22.4	3	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la evaluación a los 60 días, el análisis de la varianza para la altura promedio indicó un p-valor de 0,6691 para el efecto de tratamiento, muy superior al nivel de significancia de 0,05. Esto confirma que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de las

plántulas entre los tratamientos T1, T2 y T3 al final del periodo de evaluación. El modelo explicó solo el 13% de la variación total ($R^2 = 0,13$), mientras que el coeficiente de variación fue moderado ($CV = 12,72\%$), lo cual sugiere una variabilidad aceptable, pero con un efecto limitado del factor tratamiento sobre la altura en esta etapa.

Las alturas que se registraron fueron 24,47 cm en T3, 22,72 cm en T1 y 22,40 cm en T2, números que están bastante cerca unos de otros. Al aplicar la prueba de Tukey, otra vez los tres tratamientos salieron con la misma letra (A), así que esas pequeñas variaciones que se ven en los números no tienen peso estadístico. Lo que esto demuestra es que después de 60 días creciendo en vivero con sombra moderada y recibiendo el mismo cuidado, las plantas de pachaco terminan alcanzando alturas muy parecidas sin importar qué tratamiento se les haya dado.

Este patrón tiene sentido si se compara con lo que han visto otros investigadores trabajando con *Schizolobium parahyba*, donde han notado que cuando las plantas están en ambientes protegidos con sombra apropiada y se les da buen riego y nutrición, las diferencias de altura entre distintos tratamientos van desapareciendo conforme pasa el tiempo (Bone et al., 2024; Sousa et al., 2022). En este caso particular, el hecho de que las alturas se igualen a los 60 días indica que el pachaco tiene bastante flexibilidad para adaptarse morfológicamente dentro de los distintos niveles de sombra que se probaron, manteniendo un crecimiento parejo una vez que ya pasó las primeras etapas de adaptación.

Resultados de diámetro del tallo

El ANOVA de diámetro muestra que solo hay diferencia significativa entre tratamientos a los 30 días; en el resto de los tiempos los diámetros son estadísticamente similares.

Resultados del ANOVA de diámetro

Tabla 6 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 15 días de evaluación.

Fecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15 DÍAS	Diametro_prom (cm)	9	0.12	0	13.79
Tratamiento	Medias	n			
T3		0.34	3	a	
T1		0.32	3	a	
T2		0.31	3	a	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza para el diámetro promedio del tallo a los 15 días arrojó un p-valor de 0,6756 para el efecto de tratamiento, muy superior al nivel de significancia de 0,05. Esto demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos T1, T2 y T3 en la primera evaluación. El modelo explicó únicamente el 12% del cambio total ($R^2 = 0,12$), mientras que el coeficiente de variación ($CV = 13,79\%$) señala una variabilidad moderada, característica de las mediciones en plantas jóvenes donde el crecimiento radial aún es restringido.

Las medias de diámetro exhibieron una similitud significativa entre los diferentes tratamientos: 0,34 cm para T3, 0,32 cm para T1 y 0,31 cm para T2. La evaluación de Tukey asignó la misma letra (A) a los tres tratamientos, corroborando que las variaciones numéricas detectadas son estadísticamente insignificantes y se sitúan dentro del espectro de variación experimental normal.

Este resultado refleja que, en la fase más temprana del desarrollo (15 días), el pachaco presenta un engrosamiento del tallo prácticamente uniforme bajo las condiciones de sombra evaluadas.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado para *Schizolobium parahyba* en vivero durante las primeras semanas, donde el diámetro del tallo tiende a ser muy reducido y las diferencias entre niveles de sombra son mínimas, ya que la especie destina la mayor parte de su biomasa a la formación del sistema radicular y las primeras hojas (Bone et al., 2024). Considerando esto, lo que se observó a los 15 días indica que, en esta fase temprana, el nivel de sombra que se use no tiene un efecto importante en el grosor del tallo. Por eso, quien esté manejando el vivero debería concentrarse más bien en lograr que las raíces se desarrollen bien y en asegurar que la mayor cantidad de plantas sobreviva, dejando de lado por ahora la preocupación por el diámetro del tallo.

Tabla 7 Resultados del análisis estadístico del grosor del tallo en plantas de pachaco después de 30 días en vivero.

Fecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30 DÍAS	Diametro_prom (cm)	9	0.69	0.59	7.44
Tratamiento	Medias	n			
T1		0.5	3	a	
T2		0.42	3	b	
T3		0.41	3	b	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

A los 30 días, el análisis de varianza para el diámetro promedio del tallo reveló una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, con un p-valor de 0,0301, inferior al nivel de significancia de 0,05. Este resultado es particularmente relevante, ya que el modelo explicó el 69% de la variación total ($R^2 = 0,69$) y el coeficiente de variación fue bajo ($CV = 7,44\%$), lo que indica alta precisión experimental y una clara influencia del factor tratamiento sobre el engrosamiento del tallo en esta fase.

La prueba de Tukey evidenció que el tratamiento T1 registró un diámetro promedio de 0,50 cm, superior en términos estadísticos al de T2 (0,42 cm) y T3 (0,41 cm), los cuales se agruparon en un nivel inferior y compartieron la letra B. Esta diferencia notable sugiere que, durante la fase de crecimiento a los 30 días, el microambiente vinculado al tratamiento T1 promovió de forma significativa el desarrollo radial del tallo en comparación con los otros dos tratamientos. El DMS de Tukey (0,08267) corrobora que la discrepancia detectada entre T1 y otros tratamientos excede el umbral de significancia, corroborando así la conclusión.

Esta ventaja del tratamiento T1 puede ser atribuida a que, en esta fase particular del desarrollo, las plántulas sometidas a las condiciones de T1 asignaron una mayor proporción de su biomasa al engrosamiento del tallo, posiblemente como resultado de una distribución específica de la radiación o de una mayor estabilidad de humedad que propició la acumulación de materia seca en la estructura de sustento. Investigaciones con *Schizolobium parahyba* han registrado que el diámetro del tallo puede experimentar variaciones significativas entre las etapas intermedias del vivero, dado que constituye un indicador sensible del equilibrio entre la elongación vertical y el fortalecimiento estructural (Bone et al., 2024). El comportamiento observado en T1 a los 30 días se alinea con esta tendencia, en la que determinadas condiciones de sombra pueden propiciar una asignación incrementada de recursos al crecimiento secundario (engrosamiento) en detrimento de la elongación primaria. Este fenómeno se percibe como beneficioso para la calidad de las plántulas destinadas al trasplante, lo cual se considera positivo para la calidad de las plántulas seleccionadas para el trasplante.

Tabla 8 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 45 días de evaluación.

Fecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
45 DÍAS	Diámetro_prom (cm)	9	0.23	0	8.93
Tratamiento	Medias	n			
T3	0.65	3	a		
T2	0.6	3	a		
T1	0.6	3	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza para el diámetro promedio del tallo a los 45 días presentó un p-valor de 0,4635 para el efecto de tratamiento, superior al nivel de significancia de 0,05. Por lo cual no se encontraron diferencias significativas en el diámetro entre los tratamientos T1, T2 y T3 en esta fecha de evaluación. El modelo explicó el 23% de la variabilidad total ($R^2 = 0.23$), en tanto que el coeficiente de variación ($CV = 8.93\%$) muestra una buena precisión experimental con variabilidad moderada pero controlada.

Las medias de diámetro fueron 0,65 cm (T3), 0,60 cm (T2) y 0,60 cm (T1), muy similares entre sí. La prueba de Tukey dio la misma letra (A) a los tres tratamientos, lo que corrobora que las diferencias encontradas numéricamente no son significativas estadísticamente y se encuentran dentro de la variación experimental ordinaria. Estos resultados indican que a los 45 días el pachaco tiene un engrosamiento de tallo prácticamente homogéneo en las diferentes condiciones de manejo evaluadas.

La similitud de diámetros a los 45 días después de la diferencia significativa a los 30 días (T1 >), indica que las plántulas de T2 y T3 lograron compensar la diferencia inicial en crecimiento radial, siendo sus valores semejantes a los de T1 en esta etapa intermedia del vivero. Este comportamiento se ajusta a lo informado para especies forestales tropicales como *Schizolobium parahyba*, en las cuales las diferencias iniciales en el diámetro del tallo se atenúan con el tiempo en

condiciones apropiadas de sombra, riego y nutrición (Bone et al., 2024). En específico, que T3 haya alcanzado el mayor valor numérico a los 45 días (0,65 cm) refuerza la noción de que ciertas configuraciones de sombra pueden promover progresivamente el crecimiento secundario en etapas posteriores a la emergencia.

Tabla 9 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro promedio del tallo de plántulas de pachaco a los 60 días de evaluación.

<i>Fecha</i>	<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
60 DÍAS	Diametro_prom (cm)	9	0.38	0.18	25.11
<i>Tratamiento</i>	Medias	n			
T3		1.55	3	a	
T2		1.51	3	a	
T1		1.06	3	a	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la evaluación a los 60 días, el análisis de varianza para el diámetro promedio del tallo mostró un p-valor de 0,2346 para el efecto de tratamiento, superior al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro entre los tratamientos T1, T2 y T3 al final del periodo evaluado. El modelo explicó el 38% de la variación total ($R^2 = 0,38$), mientras que el coeficiente de variación fue más elevado ($CV = 25,11\%$), lo que indica mayor variabilidad individual en esta etapa final del vivero, probablemente debido al crecimiento diferencial de las plántulas individuales.

Los diámetros que se midieron fueron 1,55 cm en T3, 1,51 cm en T2 y 1,06 cm en T1, donde T3 y T2 tuvieron números más altos que T1. Aun así, cuando se aplicó la prueba de Tukey todos recibieron la letra A, lo que significa que, aunque haya esas diferencias en los valores, no son estadísticamente significativas y caen dentro de lo que se considera normal en este tipo de experimentos. Esto demuestra que, al terminar el ensayo a los 60 días, las plantas de pachaco lograron un engrosamiento del tallo bastante parejo entre todos los tratamientos.

Este comportamiento cobra más sentido cuando se ve cómo fue cambiando el diámetro con el tiempo. Después de que a los 30 días T1 había sido claramente mejor y luego a los 45 días todos se emparejaron, ahora a los 60 días T3 y T2 mantienen una pequeña ventaja en los números, aunque sin llegar a ser estadísticamente diferente. Esta evolución indica que el pachaco tiene una gran habilidad para compensar su desarrollo en el tallo, donde las plantas de T3 y T2 fueron engrosando poco a poco hasta igualarse, e incluso pasar en números, al tratamiento que al inicio había mostrado mejores resultados.

Lo que se ha escrito sobre *Schizolobium parahyba* confirma esto, mencionando que el crecimiento del grosor del tallo en vivero puede ser variable durante las primeras semanas, pero después se nivela cuando hay niveles intermedios de sombra y el manejo se mantiene constante (Bone et al., 2024; Sousa et al., 2022). El CV más alto a los 60 días (25,11%) indica que conforme las plantas crecen, aparecen más diferencias entre individuos que las que causan los tratamientos en sí, algo que se ve comúnmente cuando se trabaja con especies forestales tropicales en esta fase de desarrollo. En consecuencia, los resultados indican que, para el diámetro del tallo, la elección del tratamiento debe basarse más en criterios prácticos de manejo y costo que en expectativas de diferencias morfológicas significativas a largo plazo dentro del rango evaluado.

4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El pachaco tuvo mejor desempeño en el tratamiento T3, logrando mayor altura y diámetro de tallo que en T1 y T2, bajo 35% de sombra (T1) se logró una altura mediana.

El tratamiento T1 (35% de sombra) presentó mediano crecimiento en altura y diámetro en comparación con T2 y T3 durante las cuatro evaluaciones.

Aunque el macro túnel con 35% de sombra implica mayor inversión, el mejor crecimiento y calidad de las plántulas en T2 no justifican su rentabilidad.

Se concluye que, según la prueba estadística de Tukey, los tratamientos no tuvieron mayor relevancia y cualquiera puede ser aplicado.

4.2. Recomendaciones

Implementar el sistema de macro túnel con sombra intermedia utilizado en el tratamiento T2 como modelo principal para la producción de plántulas de pachaco en viveros del cantón El Carmen, debido a que generó la mayor altura y diámetro promedio al final del periodo de evaluación.

Se recomienda que en futuros trabajos de vivero se utilicen condiciones de sombra parecidas a las que tuvo T2 y se mantengan prácticas de manejo que aseguren temperatura y humedad estables, para conservar ese crecimiento equilibrado que mostraron las plantas bajo ese tratamiento.

Sería importante hacer seguimiento después de trasplantar las plantas al campo, para comprobar si las mejoras en altura y grosor que se vieron en vivero, particularmente en T2, continúan cuando las plantas ya están establecidas y empiezan a crecer en la plantación de pachaco.

Referencias Bibliográficas

- Benavides Solís, S. Y. (2023). *Desarrollo de Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake (pachaco) en vivero bajo la aplicación de PGPRs, Quevedo 2022.*
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7070>
- Bone, F. M., Castillo, J. C., & Cox, W. G. (2024). Calidad de plántulas de Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake bajo diferentes niveles de sombra en fase de vivero. *Agrosilvicultura y Medioambiente*, 2(2), Article 2.
<https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v2.n2.2024.14-26>
- Cely, M. V. T., Siviero, M. A., Emiliano, J., Spago, F. R., Freitas, V. F., Barazetti, A. R., Goya, E. T., Lamberti, G. de S., dos Santos, I. M. O., De Oliveira, A. G., & Andrade, G. (2016). Inoculation of Schizolobium parahyba with Mycorrhizal Fungi and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Increases Wood Yield under Field Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01708>
- Chevez Ruiz, S. Y. (2021). *Efectos de tres tipos de sustratos en el crecimiento inicial y calidad de Schizolobium Parahybum (Vell.) S.F.Blake (pachaco) a nivel de vivero.*
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6305>
- Cook, T. D., Campbell, D. T., & Shadish, W. R. (2001). *Experimental and Quasi-Experimental Designs: For Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin Company.
- Espinales Chiguano, M. F. (2021). *Efectos de la fertilización en la fase inicial de una plantación de Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake (pachaco) en el sector La Azucena del cantón Pichincha, provincia de Manabí.*
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6529>

- Fababa Yumbato, S. (2017). *Efecto del tanino vegetal de la corteza Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake (pashaco blanco), en el curtido de pieles de Hydrochaerus hydrochaeris (ronsoco)*. <https://hdl.handle.net/20.500.14646/183>
- Jacobs, D. F., Oliet, J. A., Aronson, J., Bolte, A., Bullock, J. M., Donoso, P. J., Landhäuser, S. M., Madsen, P., Peng, S., Rey-Benayas, J. M., & Weber, J. C. (2015). Restoring forests: What constitutes success in the twenty-first century? *New Forests*, 46(5), 601-614. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9513-5>
- Lambers, H., & Oliveira, R. S. (2019). *Plant Physiological Ecology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1>
- López, N., & Ruales, G. (2015, diciembre 21). *Trabajabilidad de madera Schizolobium parahyba (Vell.) SF Blake y*. studylib.es. <https://studylib.es/doc/5565668/trabajabilidad-de-madera-schizolobium-parahyba--vell.--sf...>
- Martins, C. C., Silva, J. D. R. da, Pereira, M. R. R., & Oliveira, S. S. C. de. (2012). Efeito do sombreamento e do substrato sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*. *Ciência Florestal*, 22(2), Article 2. <https://doi.org/10.5902/198050985735>
- Masapanta Sánchez, C. (2011). *Propagación vegetativa del Pachaco (Schizolobium parahybum), con la utilización de hormonas ANA y AIB*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2145>
- Mata Balderas, J. M., Alanís Rodríguez, E., Sarmiento Muñoz, T. I., Rodríguez Alejandro, E. S., & Garza Pérez, A. C. (2024). Supervivencia y crecimiento de una reforestación de seis especies del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México. *Polibotánica*, 0(58). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.9>

- Petratis, P. (s. f.). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists: Garry P. Quinn and Michael J. Keough*, Cambridge University Press, Cambridge; ISBN 0 521 00976 8 (paperback), GBP 29.95; ISBN 0 521 00976 8 (hardback), GBP 75.00. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Recuperado 22 de junio de 2025, de https://www.academia.edu/22531145/Experimental_Design_and_Data_Analysis_for_Biologists_Garry_P_Quinn_and_Michael_J_Keough_Cambridge_University_Press_Cambridge_ISBN_0_521_00976_8_paperback_GBP_29_95_ISBN_0_521_00976_8_hardback_GBP_75_00
- Quito-Torres, J., Jumbo-Benítez, N., & Fernández-Guarnizo, P. (2019). La composición química de la madera de *Schizolobium parahyba* y su relación con las propiedades químicas del suelo, en la Quinta Experimental “El Padmi”, provincia Zamora Chinchipe. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.54753/blc>
- Ramos Vargas, E. M. (2022). *DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS*.
- Sousa, H. G. de A., Souza, I. V., Aguiar, B. A. C., Oliveira, G. R. A. da S., Souza, F. B., Epifânio, M. L. F. G., Lopes, V. C., & Souza, P. B. (2022). Morphophysiological Evaluation of *Schizolobium Parahyba* Var. *Amazonicum* and *Eucalyptus urograndis* Growing in Different Levels of Shading. *Floresta e Ambiente*, 29, e20210054. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2021-0054>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. 6th Edition. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1752778>
- Ulloa Ulloa, J. A. (2024). *Evaluación del incremento medio anual y estrategia de manejo silvicultural en regeneración natural y bosque plantado de Schizolobium parahyba (vell) s.f. Blake (pachaco) en la parroquia la unión del cantón valencia, provincia de los ríos*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7887>

- Vargas Aguirre, J. G. (2021). *“Influencia del complejo fúngico en la enfermedad muerte regresiva en Pachaco (Schizolobium parahybum)”*. [bachelorThesis, BABAHOYO: UTB, 2021]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9196>
- Viani, K., Trehan, A., Manzoli, B., & Schoeman, J. (2020). Assessment of nutritional status in children with cancer: A narrative review. *Pediatric Blood & Cancer*, 67(S3), e28211. <https://doi.org/10.1002/pbc.28211>
- West, P. W. (2015). *Tree and Forest Measurement*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14708-6>
- Wickham, H. (2016). Programming with ggplot2. En H. Wickham (Ed.), *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (pp. 241-253). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_12
- Zambrano, E. B., Barreto, G. C., & Jaimez, R. (2024). Efecto de la temperatura y la radiación sobre la respuesta fisiológica del cacao (*Theobroma cacao* L): Estrategias de mejoramiento. *Ciencia y Tecnología*, 17(1), 24-32. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.713>

ANEXOS



Ilustración 7 Vista general del vivero experimental.



Ilustración 6 Vistas del vivero experimental de pachaco durante las etapas de preparación y establecimiento.



Ilustración 5 Macro túnel experimental con cobertura de malla sarán al 35% para el ensayo de pachaco.



Ilustración 4 Fundas plásticas preparadas con sustrato para el trasplante de plántulas de pachaco.



Ilustración 3 Plántulas de pachaco (Schizolobium parahyba) en etapa de desarrollo (7 días post-siembra).

Ilustración 2 Medición de altura de plántula de pachaco con calibre digital durante evaluación a los 15 días.



Resultados del ANOVA de altura

Tabla 10 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la altura promedio de plántulas de pachaco a los 15 días de evaluación.

Fecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15 DÍAS	Altura_prom (cm)	9	0.22	0	19.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	10.55	2	5.28	0.84	0.4787	
Tratamiento	10.55	2	5.28	0.84	0.4787	
Error	37.9	6	6.32			
Total	48.45	8				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,29654
Error: 6,3169 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	14.25	3	1.45	a
T1	12.83	3	1.45	a
T2	11.6	3	1.45	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Amay Ana Iris Tesis compilatio

6%
Textos sospechosos

3% Similitudes
0% similitudes entre copias
0% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos
14% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Amay Ana Iris Tesis compilatio.docx
ID del documento: a5061e946e424677cd3db648c06f076402c44
Tamaño del documento original: 160,18 kB

Depositante: Miguel Macay Anchundia
Fecha de depósito: 2/2/2026
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 2/2/2026

Número de palabras: 8028
Número de caracteres: 50.626

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #54302 Viene de otro grupo 10 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (197 palabras)
2	Amay Ana Iris Tesis compilatio.docx Amay Ana Iris Tesis compilatio #45706 Viene de mi biblioteca 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (112 palabras)
3	Almeida Ricardo Tesis compilatio.docx Almeida Ricardo Tesis compilatio... #54055 Viene de mi biblioteca 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (105 palabras)
4	07012028 Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotúnel de pl... #54055 Viene de mi grupo 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (105 palabras)
5	COMPILATO CESAR CALDAS.docx COMPILATO CESAR CALDAS #57004 Viene de mi grupo 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (100 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Zambrano Alexia tesis compilatio.docx Zambrano Alexia tesis compilatio... #54055 Viene de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
2	Documento de otro usuario #54055 Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuente Ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Amay Ana Iris Tesis compilatio.docx Amay Ana Iris Tesis compilatio #45706 Viene de mi biblioteca	65%		Palabras idénticas: 88% (5178 palabras)