

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN 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
INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“Desarrollo de Pachaco en etapa de vivero en macrotúnel de sarán en el
trópico húmedo”**

AUTOR: Zambrano Tipan Alexis Jonathan

TUTOR: Macay Anchundia Miguel Angel, Mg.

El Carmen, 20 de Febrero de 2026

	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 I de I

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Zambrano Tipan Alexis Jonathan**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Desarrollo de Pachaco en etapa de vivero en macrotúnel de sarán en el trópico húmedo”**

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, y la originalidad de este, requisitos 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, 28 de enero del 2026.


Lo certifico,

Ing. Macay Anchundia Miguel Angel, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

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

TÍTULO:

**DESARROLLO DE PACHACO EN ETAPA DE VIVERO EN MACROTÚNEL DE
SARÁN EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

AUTOR: Zambrano Tipan Alexis Jonathan

TUTOR: Macay Anchundia Miguel Angel, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN:


Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telli, Mg.


Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg.


Ing. Jácome Gómez Janeth Del Rocío, PhD.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Zambrano Tipan Alexis Jonathan**, portador de la cédula de ciudadanía N.º **17247965195**, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que las ideas, criterios y resultados obtenidos mediante la aplicación de los diversos instrumentos de investigación presentados en este trabajo, titulado “Desarrollo de Pachaco en etapa de vivero en macrotúnel de sarán en el trópico húmedo”, son de mi exclusiva autoría. Este estudio cuenta con el respaldo y orientación de profesionales de distintas áreas, cuyas contribuciones se encuentran debidamente citadas en la bibliografía.

Asimismo, manifiesto que los derechos de propiedad intelectual de la presente investigación pertenecen a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,


Zambrano Tipan Alexis Jonathan

El Carmen, 28 de enero del 2026

DEDICATORIA

«Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.»

Proverbios 2:6

Antes de todo quiero dedicar esta tesis a Dios, quien me ha guiado en cada decisión que he tomado, gracias a su bondad y sabiduría he podido sobrellevar todas las dificultades que se me han presentado, estoy aquí culminando este proceso de mi vida junto a Él, sin su gracia, su luz y su misericordia no habría podido llevar a cabo este logro.

A mis padres, esto no habría sido posible sin ustedes, su amor, su dedicación y su confianza en mi han hecho que me mantenga firme ante toda situación adversa, por ser aquel ejemplos de perseverancia y lucha, sin ustedes este éxito no habría sido posible.

A mi más y honesta amiga y a su esposo, por sus palabras de aliento, por creer en mí incluso cuando dudaba, por brindarme su amor incondicional, por abrirme las puertas de su hogar pero sobre todo por celebrar conmigo cada pequeño avance.

Con este trabajo no solo represento mi formación universitaria culminada, sino también simboliza aquellas experiencias ganadas, el esfuerzo y la dedicación me han permitido culminar con este sueño de mi vida.

Es por esto que quiero dedicar este logro a todas aquellas personas que se han mantenido presente en todo momento y nunca han dudado de mi

Zambrano Tipan Alexis Jonathan

AGRADECIMIENTO

«No esperes a que las condiciones sean perfectas; nunca lo serán.» — Séneca

Quiero empezar dando mis más grandes agradecimientos a Dios y a mis padres, quienes han sido mi motor de fortaleza y dedicación, mis mayores ejemplos a seguir, sin ellos no habría podido culminar esta etapa de mi vida. Este logro les pertenece a ellos por su dedicación y amor incondicional que me han sabido brindar.

A mi abuelito que desde el cielo me cuida, le agradezco por sus grandes enseñanzas, por siempre estar presente cuando más lo necesitaba, gracias por enseñarme que el esfuerzo diario nos permite llegar lejos, espero que desde donde estes te sientas orgulloso de mi, sin tu apoyo y tus palabras de aliento no habría podido ser posible esto, no hay palabras para poder agradecerte por todo lo que has hecho por mí y por mi familia, gracias de verdad.

A mi tía, quien ha sido como mi segunda madre, gracias por tu apoyo desinteresado, sin tu amor y tu bondad no habría podido llegar hasta aquí.

En definitiva, agradezco a mis amigos y a mi tutor, quienes han sido la fuente de mis días buenos y malos, gracias por aquellas aventuras y sucesos que he pasado. Sobre todo a mi tutor de tesis quien ha hecho posible que este documento se encuentre finalizado.

¡Muchas gracias a todos!

Zambrano Tipan Alexis Jonathan

ÍNDICE

PORTADA	1
TÍTULO.....	III
TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE T ABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I	15
TÍTULO	15
INTRODUCCIÓN	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACIÓN	17
OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
HIPÓTESIS	18
METODOLOGÍA	19
1.1. Localización de la unidad experimental	19
1.2. Caracterización climatológica de la zona	19
1.3. Materiales	20
1.4. Métodos	21
1.4.1. Método empírico	21

1.4.2.	Método experimental.....	21
1.4.3.	Método analítico sintético.....	21
1.5.	Variables del estudio.....	22
1.5.1.	Variable independiente.....	22
1.6.	Tratamientos.....	22
1.7.	Análisis estadístico.....	22
1.8.	Diseño experimental.....	23
1.9.	Variables a evaluar.....	23
1.10.	Manejo del experimento.....	24
1.10.1.	Material vegetal.....	24
1.10.2.	Instalación de los tratamientos.....	24
1.10.3.	Técnicas empleadas.....	24
1.10.4.	Recolección de datos.....	25
CAPÍTULO II.....		26
MARCO TEÓRICO.....		26
2.1.	Generalidades del Pachaco (<i>S. parahybum</i>).....	26
2.2.	Taxonomía de <i>S. parahybum</i>	27
2.3.	Anatomía del <i>S. parahybum</i>	27
2.4.	Requerimientos climáticos de <i>S. parahybum</i>	28
2.5.	Condiciones fitosanitarias del <i>S. parahybum</i>	28
2.6.	Métodos de escarificación de semillas de <i>S. parahybum</i>	28
2.7.	Viveros Forestales.....	30
2.8.	Macrotúnel.....	30
2.9.	Polisombra o Sarán.....	30
2.10.	La silvicultura.....	31
2.11.	Recolección y procesamiento de semillas forestales.....	31
2.12.	Sustratos para vivero forestal.....	31
2.12.1.	Tierra negra.....	32
2.12.2.	Arena.....	32

2.12.3. Materia orgánica	32
2.13. Calidad de planta en vivero forestal	32
2.14. ANTECEDENTES	33
2.15. TRABAJOS RELACIONADOS	34
CAPÍTULO III	35
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	35
3.1. Ejecución del plan de implementación macrotúnel de sarán	35
3.1.1. Inversión y costos de macrotúnel	36
3.2. Diseño y selección de tecnologías a implementar	37
3.3. Plan de implementación	39
3.4. Resultados	40
3.4.2. Altura de la planta (cm)	42
3.4.3. Diámetro tallo (mm)	43
3.4.4. Resultados del número de hojas de <i>S. parahybum</i>	45
CAPÍTULO IV	47
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XLIX
ANEXOS	LVI

ÍNDICE DE T ABLAS

Tabla 1. <i>Características climatológicas de la localidad</i>	20
Tabla 2. <i>Materiales y equipos utilizados para la evaluación del crecimiento de plantas forestales en etapa de vivero bajo condiciones de sombra parcial en el trópico húmedo</i>	20
Tabla 3. <i>Tratamientos del estudio</i>	22
Tabla 4. <i>Esquema del análisis de varianza</i>	23
Tabla 5. <i>Taxonomía de S. parahybum</i>	27
Tabla 6. <i>Requerimientos climáticos de S. parahyba</i>	28
Tabla 7. <i>Gastos de macrotúnel</i>	36
Tabla 8. <i>Estimación de flujo económico por macrotúnel</i>	37
Tabla 9. <i>Detalle del procedimiento inicial de la investigación</i>	39
Tabla 10. <i>Detalle del manejo de la investigación</i>	40
Tabla 11. <i>Porcentaje de germinación y supervivencia de Schizolobium parahybum según los tres ambientes de vivero evaluados</i>	41
Tabla 12. <i>Altura promedio de plántulas de Schizolobium parahybum bajo tres tipos de cobertura en cuatro tiempos de evaluación</i>	43
Tabla 13. <i>Resultados del diámetro del tallo de Schizolobium parahybum en los distintos tiempos de evaluación</i>	44
Tabla 14. <i>Número de hojas por planta en los tres tratamientos evaluados</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Localización geográfica del área de estudio</i>	19
Figura 2. <i>Cultivo y vivero de Schizolobium parahyba</i>	26
Figura 3. <i>Croquis del sistema de riego del vivero en macrotúnel de sarán y plástico</i>	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Ensamble de la estructura metálica del macrotúnel</i>	LVI
Anexo 2. <i>Instalación inicial de la malla sarán en la estructura del macrotúnel</i>	LVI
Anexo 3. <i>Colocación de la cubierta plástica en el área de vivero</i>	LVI
Anexo 4. <i>Preparación y ordenamiento de fundas para la siembra de pachaco</i>	LVII
Anexo 5. <i>Siembra de pachaco</i>	LVII
Anexo 6. <i>Plántulas de pachaco en crecimiento bajo ambiente protegido</i>	LVII
Anexo 7. <i>Toma de datos a las plántulas utilizando calibrador y regla milimetrada</i>	LVIII
Anexo 8. <i>Graficas de promedio de Altura, diámetro y número de hojas de plántulas de <i>S. parahybum</i> en cuatro tiempos de evaluación</i>	LVIII
Anexo 9. <i>Tabla de Análisis de la Varianza de Altura de plántulas a los 15 días</i>	LVIII
Anexo 10. <i>Tabla de Análisis de la Varianza de diámetro tallo de plántulas a los 30 días</i>	LIX
Anexo 11. <i>Tabla de Análisis de la Varianza de número de hojas de plántulas a los 60 días</i>	LIX

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento inicial de *Schizolobium parahybum* bajo tres ambientes de vivero: macrotúnel de sarán (T1), macrotúnel de plástico (T2) y cielo abierto (T3), en condiciones de trópico húmedo. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando 100 plántulas por repetición. Se evaluaron altura, diámetro del tallo, número de hojas y supervivencia a los 15, 30, 45 y 60 días. A los 15 días, T2 registró la mayor altura (15,09 cm) y número de hojas (5,94), mientras que T3 obtuvo el mayor diámetro (2,81 mm). A los 30 días, T2 mantuvo el mayor crecimiento en altura (17,24 cm) y hojas (7,94), y T3 alcanzó el mayor diámetro (3,10 mm). A los 45 días, T2 mostró la mayor altura (20,00 cm) y número de hojas (9,41), y T3 continuó con el mayor diámetro (3,31 mm). A los 60 días, T2 presentó la mayor altura (22,65 cm), mientras que T1 mostró el mayor número de hojas (11,18) y T3 el mayor diámetro (3,67 mm). La supervivencia fue alta en todos los tratamientos, el T2 (macrotúnel de plástico) registró una supervivencia del 87,24 %, mientras que el T3 (cielo abierto) alcanzó el valor más alto con 94,23 %. Los resultados demostraron que el macrotúnel de plástico favorece el crecimiento aéreo inicial, mientras que el tratamiento a cielo abierto estimula el engrosamiento del tallo y el macrotúnel de sarán proporciona estabilidad fisiológica y mayor desarrollo foliar tardío. Los tres ambientes pueden utilizarse para la producción de plántulas, pero el sarán ofrece el equilibrio más adecuado para viveros forestales del trópico húmedo.

Palabras clave: Pachaco, macrotúnel, sarán, trópicos húmedo, vivero forestal, fisiología vegetal.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the initial growth of *Schizolobium parahybum* under three nursery environments: polyethylene macro tunnel (T1), plastic macro tunnel (T2), and open sky (T3), under humid tropical conditions. A completely randomized design with three treatments and four replicates was applied, using 100 seedlings per replicate. Height, stem diameter, number of leaves, and survival were evaluated at 15, 30, 45, and 60 days. At 15 days, T2 recorded the highest height (15.09 cm) and number of leaves (5.94), while T3 obtained the largest diameter (2.81 mm). At 30 days, T2 maintained the highest growth in height (17.24 cm) and leaves (7.94), and T3 achieved the highest diameter (3.10 mm). At 45 days, T2 showed the greatest height (20.00 cm) and number of leaves (9.41), and T3 continued to have the greatest diameter (3.31 mm). At 60 days, T2 had the greatest height (22.65 cm), while T1 showed the greatest number of leaves (11.18) and T3 the greatest diameter (3.67 mm). Survival was high in all treatments, with T2 (plastic macro-tunnel) recording a survival rate of 87.24%, while T3 (open sky) achieved the highest value with 94.23%. The results showed that the plastic macro-tunnel favors initial aerial growth, while the open sky treatment stimulates stem thickening and the sarán macro-tunnel provides physiological stability and greater late leaf development. All three environments can be used for seedling production, but sarán offers the most suitable balance for forest nurseries in the humid tropics.

Keywords: Pachaco, macrotunnel, saran mesh, humid tropics, forest nursery, plant physiology.

CAPÍTULO I

TÍTULO

“Desarrollo de Pachaco en etapa de vivero en macrotúnel de sarán en el trópico húmedo”

INTRODUCCIÓN

Según Rosales et al., (1999), el *Schizolobium parahybum* (Pachaco) es una leguminosae caducifolia o semi-caducifolia que se destaca entre las especies de rápido crecimiento del neotrópico, sobreviene esporádicamente en el sur de México, en Centroamérica, en las regiones del trópico húmedo de Perú, el norte y centro de Brazil y Colombia.

De acuerdo con Pinargote et al., (2025), el *S. parahybum* fue introducido en los sistemas ecuatorianos de producción en el Trópico Húmedo por las décadas de los años 1960 y 1970, siendo una de las especies prometedoras para el desarrollo de proyectos de reforestación y forestación. Desde el punto de vista de Escobar (2021), el pachaco puede desarrollarse bien en zonas donde llueva entre 1.200 y 2.500 milímetros al año. Además de que este puede sobrellevar épocas secas que van de 3 a 4 meses. A pesar de ello, puede adaptarse incluso si las lluvias se encuentran por debajo o encima de dichos valores.

Al igual que ocurre con otras especies forestales, el pachaco es susceptible al ataque de diversos insectos y patógenos, los cuales pueden causar, en numerosos casos, la muerte de la planta. Sin embargo, el éxito de su establecimiento en campo depende en gran medida del manejo adecuado en la etapa de vivero, donde factores como el microclima, la calidad del sustrato, el riego y la protección contra agentes bióticos y abióticos son determinantes en la producción de plantas vigorosas (Mieles, 2025).

Herrera (2022), menciona que los macrotúneles trata de estructuras que, aunque no cumplen con todas las particularidades necesarias para ser catalogadas como invernaderos, permiten ejecutar actividades agrícolas en su interior; estas construcciones son principalmente adecuadas para el establecimiento de semilleros, formadas por un esqueleto de acero en forma de túnel, recubierto con membranas plásticas o mallas de alta tecnología, entre ellas el sarán.

Dicho autor hace referencia a que su objetivo principal es preservar los cultivos de factores climáticos hostiles que puedan afectar su desarrollo; además de que, el diseño final de

estas estructuras va a depender de aspectos como el clima, las características del terreno, la intensidad del viento y la radiación solar de la zona donde se instalarán.

En este sentido, la utilización de estructuras tales como los macrotúneles hechos de sarán ha ganado importancia para la producción de variedades forestales en zonas del trópico húmedo. Permitiendo dichas estructuras la modificación inmediato de las plántulas, reduciendo así el golpe de la radiación solar, las intensas lluvias y las tasas altas de evaporación, lo cual ayuda a mejorar el índole de supervivencia y crecimiento de plantas desarrolladas en vivero.

En el cantón El Carmen, las difíciles condiciones climáticas que se presentan han hecho que la adaptación de especies como el *S. parahybum* en etapas tempranas de desarrollo sea un desafío crítico; además de que, las condiciones climáticas influyen en la uniformidad de la germinación debido a factores como la temperatura, humedad, luz y precipitación, el exceso de agua o la falta de luz pueden generar una germinación desigual.

Acorde a lo mencionado previamente, la presente investigación se enfoca en evaluar el desarrollo del pachaco durante su fase de vivero bajo un macrotúnel de sarán en condiciones de trópico húmedo. Donde se busca analizar el comportamiento morfológico de las plántulas, así como la eficacia de esta tecnología en la optimización de los parámetros de crecimiento, con el fin de proponer prácticas más eficientes y sostenibles en la producción forestal de esta especie.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Belezaca-Pinargote et al. (2021) manifiestan que, las especies forestales no son inmunes a inconvenientes producidos por microorganismos patógenos, tales como los hongos, siendo estos uno de los principales agentes que causan enfermedades en plantaciones ya sean plantadas o naturales; en los últimos tiempos, una agresiva y compleja enfermedad identificada como pudrición del fuste y marchitez vascular, están perjudicando las plantaciones de la especie en el trópico húmedo ecuatoriano, provocando la muerte de los árboles de la especie.

El *S. parahybum* es una especie caducifolia, por lo que pierde completamente su follaje durante las épocas secas, a pesar de que se adapta a condiciones pluviométricas, con precipitaciones que van desde los 1200 a 2500 mm anuales; así mismo, Escobar (2021), hace referencia a que viveros de *S. parahybum* que se encuentran ubicados el trópico húmedo ecuatoriano están enfrentando afectaciones.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente en la actualidad, las difíciles condiciones climáticas que se presentan en la zona han hecho que la adaptación de especies como el *S. parahybum* en etapas tempranas de desarrollo sea un desafío crítico, especialmente cuando se cultivan en zonas de alta humedad y temperaturas indeterminadas, como las que se encuentran en el trópico húmedo (Li et al., 2025).

La alta humedad y las lluvias constantes características del clima tropical favorecen el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas que pueden comprometer la salud de las plantas en sus primeras etapas de crecimiento; además, las condiciones climáticas pueden generar una germinación desigual, debido a que influyen en la uniformidad de la germinación debido a factores como la temperatura, humedad, luz, precipitación o exceso de agua (Bustos-Salazar & Zuñiga-Feest, 2019).

¿Cómo contribuye el tipo de medio de ambiente de vivero (macrotúnel de sarán, macrotúnel de plástico y cielo abierto) en la supervivencia y desarrollo morfológico de plántulas de *S. parahybum* en el trópico húmedo?

JUSTIFICACIÓN

El Pachaco (*S. parahybum*) es aquella especie forestal que fue introducida en los años 50 al país, demostrando características de adaptabilidad dentro del trópico húmedo ecuatoriano; esta especie tiene una calidad climática muy adaptable, que van desde lugares muy húmedos hasta zonas secas, soportando una altitud de 5 hasta 1000 msnm (Vargas, 2021).

Esta capacidad de adaptación lo convierte en una opción promisorio para la utilización de tecnologías como son los macrotúneles. Desde esta perspectiva, Solís-Mera (2021), es ampliamente recomendable el uso de los macrotúneles como una alternativa eficiente, gracias a su fácil instalación, su posible adaptación a varios escenarios topográficos y a la vida útil de este, que puede llegar hasta diez años.

Además, señala que especies que han sido establecidas en condiciones de macrotúnel en la totalidad de los casos, aumentan el rendimiento de los cultivos, optimizando la eficacia y reduciendo la incidencia de enfermedades en relación con los sistemas de producción en campo.

Por otro lado, se debe salvaguardar y minimizar el impacto del clima en los cultivos, la agricultura ha creado técnicas como la utilización del sarán, que ha sido desarrollado para minimizar el efecto de la temperatura, las lluvias y el viento (Ferrucho & Ruíz, 2013).

Ahora bien Rosales et al., (1999) aseguran que el *S. parahybum* se encuentra entre las especies de veloz crecimiento; teniendo ventajas que van desde la rectitud del fuste y un buen crecimiento inicial. Es por esto por lo que evaluar el desarrollo agronómico del *S. parahybum* bajo condiciones controladas de un macrotúnel en etapa de vivero es esencial para parametrizar variables ambientales y fisiológicas, establecer modelos de manejo eficientes y analizar su viabilidad técnica y económica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el desarrollo de pachaco en etapa de vivero en macrotúnel de sarán en el trópico húmedo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la viabilidad fisiológica del Pachaco en etapa de vivero bajo macrotúnel de sarán en el trópico húmedo.
- Definir el comportamiento y desarrollo vegetativo del cultivo de Pachaco en vivero.
- Estimar la rentabilidad del establecimiento del vivero de Pachaco en macrotúnel de sarán, en comparación con métodos convencionales.

HIPÓTESIS

A. Hipótesis Alternativa (Ha)

Ha: El tipo de ambiente de vivero influye significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Schizolobium parahybum*, siendo el macrotúnel de sarán el tratamiento que genera mejores respuestas morfológicas y fisiológicas en comparación con el macrotúnel de plástico y el cielo abierto.

B. Hipótesis Nula (H0)

H0: El tipo de ambiente de vivero no afecta al crecimiento ni el desarrollo de las plántulas de *Schizolobium parahybum*, por lo que no existen diferencias estadísticas entre el macrotúnel de sarán, el macrotúnel de plástico y el cielo abierto.

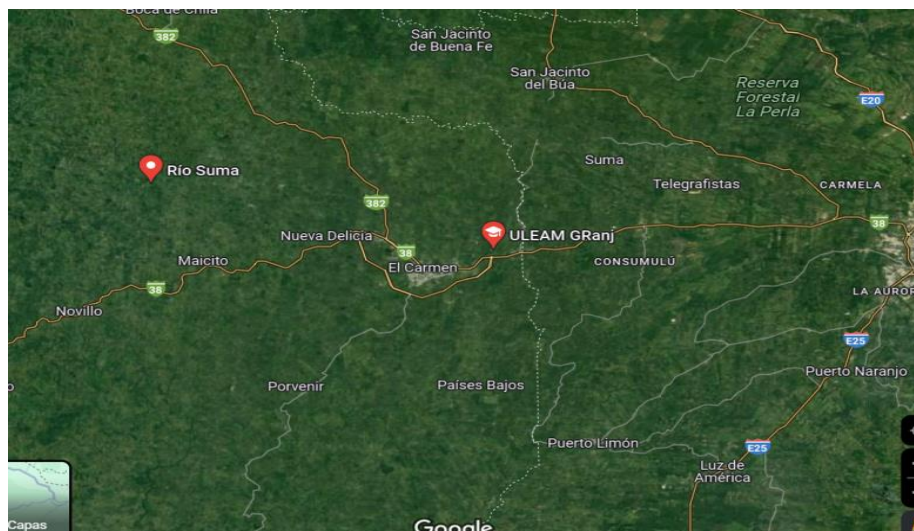
METODOLOGÍA

1.1. Localización de la unidad experimental

La investigación se efectuó en el área de viveros forestales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, dentro de las instalaciones de la Granja Experimental Río Suma, situada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El área de estudio, situada al centro-norte de la región litoral del Ecuador, la cual se encuentra atravesada por el río Suma, a un nivel de 236 m s. n. m. y con un clima lluvioso tropical de 23 °C.

El propósito principal del estudio consistió en analizar el comportamiento morfológico y fisiológico de las plántulas expuestas a distintos niveles de sombreado, con el fin de identificar las condiciones más adecuadas para su desarrollo en etapa de vivero. Como parte del aporte académico, los estudiantes participantes dejaron instaladas las estructuras y sistemas de sombra empleados en la investigación, permitiendo que el vivero permanezca como una infraestructura funcional para la Universidad.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Nota. Tomado de Google Maps, (2025).

1.2. Caracterización climatológica de la zona

Algunas características agroclimáticas del cantón El Carmen se describen en la tabla 1 a continuación:

Tabla 1. *Características climatológicas de la localidad*

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.3. Materiales

Los materiales y equipos necesarios para desarrollar apropiadamente la presentes investigación se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. *Materiales y equipos utilizados para la evaluación del crecimiento de plantas forestales en etapa de vivero bajo condiciones de sombra parcial en el trópico húmedo*

Herramientas e instrumentos	Insumos de vivero forestal
Palas y picos	Semillas frescas de pachaco
Cinta métrica y nivel	Sustrato T1: cascarilla de arroz + tierra de cacao + humus
Llaves ajustables / cortatubos	Sustrato T2: compost + aserrín de balsa + arenilla de río
Destornilladores y tenazas	Bandejas germinadoras
Recipientes graduados (5–10 L)	Fundas de polietileno para plántulas
Cronómetro	Etiquetas de identificación
Termómetro de ambiente/sustrato	Marcadores indelebles
Higrómetro o medidor de humedad	Malla sombra
Cinta de teflón	Regaderas manuales
Abrazaderas metálicas	Hojas de bijao para cobertura inicial
Sierra/segueta para plástico	Guantes descartables para siembra
Multímetro	Bolsas para residuos
EPP: guantes, gafas, botas	Plástico de polietileno
Baldes para remojo de semillas	

1.4. Métodos

1.4.1. Método empírico

El estudio incorporó un método empírico debido a que la información se obtuvo directamente en el área de vivero, observando y registrando el comportamiento real de *S. parahybum* bajo diferentes condiciones de sombreado. Este método permitió describir el crecimiento y la respuesta fisiológica de las plántulas a partir de evidencias concretas, medidas en campo y sin intervención de interpretaciones subjetivas. En este proceso se recopilaron datos morfológicos y fisiológicos esenciales para comprender el desempeño inicial de la especie en el trópico húmedo (Guadalupe & Concepción, 2020).

1.4.2. Método experimental

El método experimental se ejecutó al momento de manipular intencionadamente las condiciones ambientales, particularmente los niveles de cobertura (macrotúnel de sarán, macrotúnel de plástico y cielo abierto), esto con el objetivo de evaluar su efecto sobre el desarrollo de las plántulas. Cada tratamiento estuvo conformado por bloques equivalentes, permitiendo el control de las variables y la comparación objetiva entre ambientes de vivero (Mieles, 2025).

Este enfoque permitió determinar la influencia directa de la sombra parcial en el crecimiento del *S. parahybum*, siguiendo los principios señalados por Hernández Sampieri & Fernández-Collado (2014), para la comprobación de hipótesis mediante mediciones cuantificables y análisis estadístico.

1.4.3. Método analítico sintético

El método analítico sintético se utilizó para descomponer las variables fisiológicas y morfológicas en sus componentes esenciales (altura, diámetro del tallo, número de hojas, vigor, entre otras) y posteriormente integrarlas en una interpretación global del desarrollo de las plántulas (Hernández & Fernández-Collado, 2014). Este proceso facilitó comprender la relación entre cada variable y las condiciones de sombra, permitiendo sintetizar la información para establecer conclusiones coherentes sobre el comportamiento del *S. parahybum* en vivero.

1.5. Variables del estudio

1.5.1. Variable independiente

Tipo de ambiente de vivero:

- Macrotúnel de sarán.
- Macrotúnel de plástico.
- Cielo abierto.

Variables dependientes morfológicas

- Altura de planta (cm).
- Diámetro de tallo (mm).
- Número de hojas por planta.

Variables dependientes fisiológicas

- Tasa de supervivencia (%).

1.6. Tratamientos

Tabla 3. *Tratamientos del estudio*

Tratamientos	Ambiente de vivero	Tipo de cobertura
T1	Macrotúnel de sarán	Malla sarán
T2	Macrotúnel de plástico	Cubierta plástica
T3	Cielo abierto	Sin cobertura

1.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se organizaron en matrices para cada variable morfológica y fisiológica evaluada. Posteriormente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro–Wilk y Levene, respectivamente. Cuando los supuestos se cumplieron, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

En caso de obtenerse significancia estadística ($p < 0.05$), se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar los tratamientos que presentaron diferencias en las variables evaluadas.

El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software InfoStat versión 2022, que permitió ejecutar el ANOVA, las pruebas de supuestos y la comparación de medias. Los resultados se presentaron mediante cuadros y gráficos interpretativos para facilitar el análisis de la respuesta de las plántulas en cada ambiente.

Tabla 4. *Esquema del análisis de varianza*

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	2
Error	9

1.8. Diseño experimental

La investigación empleó un diseño completamente al azar (DCA), estructurado con tres tratamientos correspondientes a los ambientes de vivero: macrotúnel de sarán, macrotúnel de plástico y cielo abierto. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, y cada repetición estuvo conformada por un bloque de 100 plántulas individuales en fundas de polietileno. Esta estructura permitió controlar la variabilidad dentro del vivero y comparar de manera objetiva el efecto de los ambientes de crecimiento sobre el desarrollo del *Schizolobium parahybum*.

1.9. Variables a evaluar

Se evaluó el crecimiento de las plántulas durante un período de 3 meses, considerando el manual de prácticas de Lallana, (2020) tal como se detalla a continuación:

- **Altura de planta (cm):** Para medir la altura de la planta se coloca la base de la regla milimetrada en el nivel del suelo (o borde de la funda) y se mide hasta la parte más alta de la planta.
- **Diámetro de tallo (mm):** Para medir el diámetro del tallo se busca la parte más ancha del tallo donde se coloca el calibrador y así poder leer el diámetro directo en mm o cm.
- **Número de hojas por planta:** Aquí se cuenta manualmente todas las hojas visibles de la planta.

Tasa de Supervivencia (%):

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de supervivencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número de plantas sembradas inicialmente}} \right) \times 100$$

% de germinación:

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de germinación} = \left(\frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas sembradas}} \right) \times 100$$

1.10. Manejo del experimento

1.10.1. Material vegetal

Se emplearon semillas viables de *S. parahybum* (pachaco), previamente seleccionadas para asegurar uniformidad y calidad fisiológica. Debido a la dureza de la testa, característica típica de especies forestales de rápido crecimiento, se aplicó un proceso de escarificación térmica con el fin de mejorar la germinación.

El procedimiento consistió en llevar el agua a punto de ebullición, retirarla del calor y permitir que disminuyera levemente su temperatura. Posteriormente, las semillas se colocaron en el agua caliente y permanecieron en remojo durante 12 horas, permitiendo una hidratación progresiva y la ruptura controlada de la dormancia. Este método es ampliamente recomendado para especies de semillas duras en programas de viverización forestal.

1.10.2. Instalación de los tratamientos

El experimento se estableció en tres ambientes diferenciados:

- Macrotúnel de sarán (35 % de sombra).
- Macrotúnel de plástico.
- Cielo abierto.

Cada ambiente conformó un tratamiento y estuvo integrado por cuatro repeticiones, donde cada repetición incluyó 100 plántulas individuales sembradas en fundas de polietileno con sustrato formulado a base de tierra, aserrín y humus de lombriz. Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar para evitar efectos de posición y garantizar uniformidad en el manejo.

1.10.3. Técnicas empleadas

A. Técnica de propagación por semilla

La siembra se realizó en fundas plásticas utilizando un sustrato compuesto por tierra de vivero, aserrín estabilizado y humus de lombriz como fuente orgánica. Según Trujillo (1995), la propagación por semilla constituye uno de los métodos más empleados en viveros forestales,

siempre que se implemente una adecuada recolección y tratamiento previo de las semillas para asegurar calidad y vigor germinativo.

B. Técnica de sombreado controlado

Se utilizó un macrotúnel cubierto con malla sarán al 35 % para mitigar la radiación directa y regular la temperatura del ambiente de vivero. Bone et al. (2024) demostraron que el control del sombreado favorece la altura, el vigor y el estado fisiológico de plántulas forestales, sin inducir estrés ni daños estructurales.

C. Técnica de medición directa

La evaluación de las variables morfológicas se efectuó mediante:

- Regla milimetrada para registrar la altura de la planta.
- Calibrador de vernier para medir el diámetro del tallo.
- Conteo visual para determinar el número de hojas verdaderas.
- Estas mediciones se aplicaron cada dos semanas desde la siembra hasta el final de la etapa de vivero.

D. Técnica de observación estructurada

La observación se aplicó para evaluar el estado fitosanitario, el vigor y la supervivencia de las plántulas. Para Vega et al. (2021), la observación constituye un método esencial para interpretar fenómenos en campo, dado su carácter flexible, su capacidad de adaptación al entorno y el nivel de detalle que permite obtener.

E. Técnica de registro de datos

La información recolectada se registró en fichas de campo y posteriormente se digitalizó en hojas de cálculo para su sistematización. Castillo (2021) menciona que, la calidad del proceso de recolección de datos es determinante para garantizar la validez científica de los resultados.

1.10.4. Recolección de datos

Las mediciones de altura, diámetro, número de hojas y tasa de supervivencia se realizaron a intervalos de 14 días, desde la emergencia hasta el cierre del periodo de viverización. Los instrumentos utilizados incluyeron regla milimetrada, calibrador de vernier y fichas de registro diseñadas para cuantificar cada variable por repetición y tratamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del Pachaco (*S. parahybum*)

Dicho por Rosales et al., (1999) el *S. parahybum* es una especie leguminosa, que se da en regiones del sur de México, zonas bajas de Colombia y Perú, así como en el norte y centro de Brasil; esta especie se diferencia de otras por su notable velocidad de crecimiento dentro del neotrópico; su corteza es de tono gris claro y desarrolla una copa extensa, alcanzando alturas de hasta 35 metros y diámetros que pueden llegar a los 80 centímetros.

En la región occidental de Ecuador, el *S. parahybum* es una especie considerablemente reconocida, especialmente en ciudades como Quevedo, Quinindé y otras donde ha sido introducida; las plantaciones de pachaco pueden establecerse a un distanciamiento de 4x4 metros por hectárea con una densidad de 654 árboles, o con 400 árboles por hectárea si se utiliza un espaciamiento de 5x5 metros. Esta variedad alcanza, en promedio, una altura de 20 metros y un diámetro de aproximadamente 24 cm en un período de 10 años (Casa, 2022).

El *S. parahybum* es una planta con una gran capacidad de adaptación, capaz de desarrollarse a extensas condiciones climáticas, desde bosques tropicales muy húmedos hasta zonas más secas (Escobar, 2021). Se ajusta bien a varios tipos de suelo, aunque presenta ciertas restricciones: no soporta bien la sombra, es susceptible al ataque de hongos y termitas, y tiene un bajo desempeño en suelos poco profundos, deficientes en nutrientes, arenosos, exorbitantemente secos o propensos a inundaciones (Mora-Silva et al., 2015). A pesar de estas restricciones, su facilidad de manejo se debe a su rápido crecimiento, buena capacidad de rebrote y tolerancia a enfermedades comunes (Ulloa, 2024).

Figura 2. Cultivo y vivero de *Schizolobium parahybum*



Fuente: Tomado de De Moura et al., (2018).

2.2. Taxonomía de *S. parahybum*

El pachaco (*S. parahybum*) forma parte de la familia *Fabaceae*, reconocida por su gran diversidad dentro de las plantas con flores. Esta especie se ubica en el orden Fabales, un grupo que reúne árboles con notable rapidez de crecimiento y una marcada capacidad de adaptación en zonas tropicales (Belezaca et al., 2012).

El género *Schizolobium* incluye especies arbóreas de porte alto, tronco recto y copas poco densas, características típicas de los bosques húmedos neotropicales. Su identificación botánica destaca por la presencia de hojas bipinnadas y por su desarrollo acelerado, atributos que, junto con su relevancia ecológica, lo convierten en un recurso valioso para programas de restauración y reforestación (Valarezo et al., 2017).

La taxonomía de *S. parahybum* está clasificada de la siguiente manera:

Tabla 5. Taxonomía de *S. parahybum*

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	<i>Plantae</i>
Superorden	<i>Rosanae</i>
División	<i>Fanerógamas</i>
Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Leguminoceae</i>
Género	<i>Schizolobium</i>
Especie	<i>parahybum</i>

Nota: Tomado de Ulloa, (2024)

2.3. Anatomía del *S. parahybum*

El *S. parahybum*, conocido comúnmente como pachaco, es una especie forestal de rápido crecimiento ampliamente utilizada en programas de reforestación y sistemas agroforestales debido a sus cualidades morfológicas y su adaptabilidad a diversos ambientes (Mora-Silva et al., 2015). A continuación, se presenta una descripción general de sus principales características botánicas, que permiten su identificación y comprensión de su comportamiento en campo. Acorde con Chevez, (2021) menciona las principales características de esta planta como se detalla a continuación:

El tallo de esta especie se caracteriza por ser generalmente recto y de forma cilíndrica. A partir de los 3 a 7 metros de altura comienzan a distinguirse sus ramas. Su corteza es de color gris y presenta una textura lisa (Briones-Zambrana et al., 2025).

Las hojas son compuestas, bipinnadas y de tipo caducas, y la copa destaca por su amplia cobertura, especialmente visible en áreas de plantación o reforestación (Valarezo et al., 2017).

Las flores, por su parte, se presentan en forma de capullos de un intenso color amarillo y pueden alcanzar hasta 30 cm de longitud. En cuanto a los frutos, propios de una especie de la familia Fabaceae, estos aparecen como vainas aplanadas; sus semillas, de color café oscuro, miden aproximadamente 2 cm y están protegidas por una cubierta dura conocida como testa (Briones-Zambrana et al., 2025).

2.4. Requerimientos climáticos de *S. parahybum*

Alvarado et al., (2018) señalan que el *S. parahybum* presenta una notoria capacidad para adaptarse a las siguientes diversas condiciones climáticas.

Tabla 6. *Requerimientos climáticos de S. parahybum*

Temperatura	22 °C – 27 °C
Altitud	150 m.s.n.m. – 1500 m.s.n.m
Precipitación	1200 mm – 2500 mm de lluvia por año

Nota: Tomado de Alvarado et al., (2018)

2.5. Condiciones fitosanitarias del *S. parahybum*

Al igual que otras especies forestales, el pachaco es susceptible al ataque de diversos insectos y patógenos, los cuales pueden ocasionar daños severos e incluso la muerte de las plantas. Entre los hongos más comunes que afectan a *S. parahybum* se encuentran *Ceratocystis fimbriata*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum parvum*, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Neofusicoccum vitifusiforme* y *Neofusicoccum umdonicola*, los cuales pueden provocar pudriciones, lesiones y otros síntomas perjudiciales para el desarrollo del árbol (Ramos, 2021).

2.6. Métodos de escarificación de semillas de *S. parahybum*

La semilla de pachaco presenta una testa dura que limita la entrada de agua, lo que provoca una dormancia física común en especies forestales pertenecientes a la familia *Fabaceae*

(Bone et al., 2024a). Diversas investigaciones han demostrado que romper esta barrera es esencial para asegurar una germinación rápida y uniforme en vivero. De acuerdo con Valarezo et al. (2017), las leguminosas tropicales requieren tratamientos de pre-germinación para permitir que la humedad ingrese al embrión, promoviendo un proceso germinativo eficiente.

Uno de los métodos más empleados en viveros forestales ecuatorianos es la escarificación térmica con agua caliente, debido a su accesibilidad y efectividad. Este procedimiento consiste en calentar agua hasta el punto de ebullición, retirarla del fuego y permitir que disminuya ligeramente su temperatura antes de colocar las semillas (Bone et al., 2024a). Las semillas permanecen en remojo durante 12 horas para favorecer la hidratación progresiva. Estudios en otras *Fabaceae*, como *Enterolobium cyclocarpum*, han demostrado que este tratamiento aumenta significativamente la germinación sin afectar la viabilidad (Chevez, 2021).

Otro método ampliamente documentado es la escarificación mecánica, que consiste en desgastar una pequeña porción de la testa mediante lija fina o un corte superficial con bisturí. Este método evita exposiciones bruscas a calor y permite un control preciso del daño en la cubierta externa. Tesis aplicadas en viveros de especies nativas, como la de Belezaca-Pinargote et al. (2012), sobre *Albizia guachapele*, evidenciaron que una ligera abrasión de la testa incrementó la imbibición sin afectar el embrión, lo cual favoreció una emergencia uniforme.

En algunos casos, se aplican procedimientos de choque térmico gradual, donde las semillas se colocan primero en agua fría y luego se sumergen en agua caliente a temperaturas entre 60 °C y 70 °C (Chevez, 2021). Este tratamiento induce microfisuras sin comprometer la integridad de la semilla. Investigaciones realizadas con *Fabaceae* amazónicas indican que este método es útil para especies sensibles a temperaturas extremas (Lazo-Perez & Morales-Moreno, 2024).

La escarificación química con ácido sulfúrico concentrado es otro método utilizado en laboratorios de investigación, aunque su aplicación en viveros comunitarios no es recomendable debido a su peligrosidad (Ruiz-Carranza et al., 2024). El ácido degrada parcialmente la testa y facilita la absorción de agua, como reportaron García-Hernández et al., (2025), en estudios con semillas duras de *Cassia grandis*. Sin embargo, su manipulación requiere equipo especializado, ventilación adecuada y personal entrenado.

Finalmente, el remojo prolongado en agua a temperatura ambiente representa una alternativa segura y de bajo riesgo, recomendada cuando no se dispone de infraestructura o herramientas de escarificación (Belezaca-Pinargote et al., 2012). Si bien su efectividad es menor en comparación con los métodos térmicos o mecánicos, tesis realizadas en viveros de especies nativas ecuatorianas muestran incrementos aceptables en germinación tras remojos entre 24 y 48 horas (Ramos, 2021).

2.7. Viveros Forestales

Los viveros forestales son espacios dedicados a la producción de plántulas de excelente calidad a un costo bajo; los componentes o materiales de este van a variar dependiendo del tipo de vivero y de las condiciones donde se encuentra ubicado (Rojas, 2003).

2.8. Macrotúnel

Los macrotúneles son estructuras diseñadas para regiones con baja probabilidad de lluvias intensas o vientos fuertes; normalmente no cuentan con ventilación de techo, presentan un bajo requerimiento térmico y permiten una ventilación natural eficiente, aunque su resistencia estructural es menor en comparación con los invernaderos tradicionales; el desarrollo de los cultivos dentro de estos sistemas depende en gran medida de factores climáticos como la intensidad lumínica, la temperatura y la presión de vapor del aire los cuales deben mantenerse en niveles óptimos durante todo el ciclo del cultivo (Escamirosa-Tinoco et al., 2021).

2.9. Polisombra o Sarán

Intriago, (2022) menciona que las mallas de sarán están compuestas por fibras de polietileno o polipropileno y regulan la cantidad de luz que alcanza al cultivo según su proporción de sombreo; este porcentaje depende de la densidad del tejido y el tamaño de los orificios; su uso mejora el desarrollo de los cultivos y adelanta la cosecha, lo que representa una ventaja económica; se hallan en varios colores como negro, gris, perla, azul, rojo y amarillo, la malla negra ofrece distintos niveles de sombra: 35 %, 50 %, 65 % y 80 %. A mayor sombreo, mayor protección; la elección de este tipo de malla va a depender de factores como temperatura, luz y humedad del entorno.

Por otro lado, está también la perspectiva de Guamán, (2021) señalando que las mallas de sombra están fabricadas con polietileno de alta densidad y tejido tipo raschel. Son livianas, resistentes a la radiación solar y fáciles de instalar; una característica clave de estas mallas es

su coeficiente de sombra, que influye directamente en la eficiencia de captura de agua; Si el sombreado es demasiado alto, pasa poca niebla y se reduce la captación. Si es muy bajo, pocas gotas se adhieren a los filamentos, también disminuyendo el rendimiento, los mejores resultados en la recolección de agua se logran con mallas de 49 % a 62 % de sombra, siendo el valor óptimo cercano al 55 %.

2.10. La silvicultura

La silvicultura abarca el conjunto de prácticas destinadas al establecimiento, manejo y conservación de los bosques. Este campo incluye actividades relacionadas con la regeneración natural o artificial de las masas forestales, su protección frente a amenazas biológicas o ambientales y el aprovechamiento sostenible de sus productos (Ulloa, 2024). De acuerdo con Escobar (2021), la silvicultura constituye además un componente clave en las economías rurales, ya que genera oportunidades laborales adicionales a las actividades agrícolas y se convierte en una alternativa productiva importante en zonas con recursos limitados.

2.11. Recolección y procesamiento de semillas forestales

En cuanto a la recolección y procesamiento de semillas forestales, el procedimiento inicia con la colecta de los frutos directamente del árbol mediante tijeras extensibles o, cuando es viable, desde el suelo, utilizando lonas para evitar pérdidas (Basave-Villalobos et al., 2016). Luego de la recolección, los frutos se someten a un proceso de limpieza que incluye el secado y la eliminación de vainas, restos vegetales e impurezas (Gamarrapa-Lezcano et al., 2018).

Con el fin de preservar la viabilidad, las semillas pueden tratarse con productos químicos que previenen el deterioro causado por hongos e insectos. En casos donde se requiere almacenamiento prolongado, las semillas se guardan en frascos herméticos o recipientes metálicos, manteniéndolos en condiciones controladas de baja humedad y temperaturas entre 6 y 8 °C, lo que favorece la conservación de su calidad fisiológica (Rodríguez, 2024).

2.12. Sustratos para vivero forestal

El sustrato constituyó el medio físico donde se desarrollaron las raíces de las plántulas y cumplió funciones esenciales al proporcionar soporte mecánico, favorecer el intercambio gaseoso y facilitar la disponibilidad de agua y nutriente (Alomía-Lucero et al., 2022). Una formulación adecuada del sustrato garantizó condiciones óptimas para el crecimiento radicular, aspecto que incidió directamente en la calidad de la planta al momento del trasplante, según lo

descrito por Verdezoto et al. (2023). De acuerdo con Barbaro et al. (2011), la composición ideal del sustrato integró elementos que aportaron estructura y nutrientes. Entre los componentes más utilizados destacaron:

2.12.1. Tierra negra

Corresponde a la capa superficial del suelo, comúnmente presente en ambientes boscosos, con un espesor aproximado entre 10 y 20 cm (Alomía-Lucero et al., 2022). Se caracteriza por su elevado contenido de materia orgánica en descomposición, lo cual la convierte en una fuente importante de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (De Grazia et al., 2007).

2.12.2. Arena

Este componente mejoró la aireación y el drenaje del medio de cultivo, permitiendo un flujo eficiente de agua y evitando procesos de compactación, condiciones indispensables para el desarrollo óptimo de las raíces en zonas húmedas vegetal (De Grazia et al., 2007).

2.12.3. Materia orgánica

Actuó como una fuente primaria de nutrientes, con orígenes diversos como estiércol de aves, bovinos o caprinos; residuos de madera en descomposición; humus de lombriz; compost u otros materiales estabilizados (Alomía-Lucero et al., 2022). Su incorporación incrementó la actividad microbiológica del sustrato y mejoró la retención de humedad y nutrientes, tal como señaló Soza, (2023).

La combinación equilibrada de estos componentes permitió obtener un medio suelto, aireado y fértil, características fundamentales para promover un crecimiento vigoroso en especies forestales manejadas en vivero (Melo-Hernández, 2011).

2.13. Calidad de planta en vivero forestal

La calidad de una planta producida en vivero se definió como un conjunto de atributos morfológicos y fisiológicos que reflejaron su capacidad para establecerse y desarrollarse adecuadamente en campo, tal como indicaron Téllez-Pérez et al. (2018). Esta valoración permitió identificar el fenotipo más adecuado para condiciones específicas del sitio, lo cual incrementó las tasas de supervivencia y el crecimiento inicial después de la plantación, conforme a lo expuesto por Soza (2023).

Aunque existe una diversidad de criterios para evaluar la calidad de las plantas y no se cuenta con un estándar universal aplicable a todos los contextos, especialmente en ambientes adversos, Téllez-Pérez et al. (2018) señalaron que los atributos evaluados suelen agruparse en dos grandes categorías:

2.14. ANTECEDENTES

El Pachaco (*S. parahybum*) es una especie forestal nativa de rápido crecimiento, ampliamente utilizada en programas de reforestación y producción de madera en el trópico húmedo de Ecuador. En la etapa de vivero, el manejo de factores ambientales como la luz, la temperatura y la humedad es fundamental para obtener plántulas de calidad.

Diversos estudios han evaluado el efecto de la sombra y las estructuras de protección en viveros. Bone et al., (2024) reportaron que las plántulas de *S. parahybum* cultivadas a pleno sol (0 % de sombra) en el cantón Mocache mostraron mayor germinación (75,43 %), altura, diámetro y mejores índices de calidad que aquellas bajo cobertura de sarán. Esto evidencia que los niveles de radiación influyen significativamente en el desarrollo morfológico de la especie.

De manera complementaria, investigaciones como las de Solís, (2023) y Ramos, (2021) han demostrado que la procedencia de las semillas, el tipo de sustrato y el control de la humedad relativa en vivero determinan el vigor, la velocidad de crecimiento y la supervivencia de las plántulas. En este contexto, los macrotúneles con sarán se han empleado como alternativa para moderar las condiciones climáticas externas en viveros del trópico húmedo, protegiendo las plantas de excesos de lluvia, radiación solar intensa y plagas, aunque su efecto directo en el desarrollo de Pachaco aún requiere mayor estudio.

En la etapa de vivero, las condiciones ambientales como radiación solar, temperatura y humedad relativa influyen directamente en el vigor y supervivencia de las plántulas. Para regular estos factores se utilizan estructuras como macrotúneles o coberturas con sarán, que disminuyen la intensidad lumínica y protegen frente a lluvias intensas, plagas y estrés ambiental (Ramos, 2021). Sin embargo, los niveles de sombra excesivos afectan el desarrollo morfológico de las plántulas.

2.15. TRABAJOS RELACIONADOS

Dentro del estudio “Calidad de plántulas de pachaco (*Schizolobium parahybum* (Vell.) *S.F.Blake*) bajo diferentes niveles de sombra en fase de vivero en el cantón Mocache” se desarrolló una investigación a la calidad de plántulas de Pachaco (*S. parahybum*) expuestas a diferentes niveles de sombra en vivero en Mocache., Donde los tratamiento que se evaluaron en la investigación fueron los siguientes: (T1) bajo entorno a pleno sol con intensidad de sombra 0%, (T2) sombra con 63% y (T3) sombra con el 73%. En el que los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T1 (0% de sombra) el que destacó mayormente con el nivel más alto de porcentaje de germinación, altura, diámetro y número de hojas (Coello, 2020).

El proyecto “Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *S. parahybum* (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos” evaluó la calidad de plántulas de pachaco (*S. parahybum*) usando diferentes sustratos en vivero, los cuales fueron: (T0) Tierra, (T1) Gallinaza, (T2) Compost, (T3) Compost + Gallinaza, Presentando resultados que el (T0) y (T3) lograron un mayor nivel de germinación, gracias a sus mejores niveles de nutrientes (N, P, K) y porosidad, consiguiendo estos índices mayores porcentuales de germinación y mejor desarrollo morfológico; demostrando así que los sustratos influyen directamente en la germinación y el crecimiento en vivero (Cruz, 2021).

En la investigación “Efectos de tres tipos de sustratos en el crecimiento inicial en la fase de vivero de *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake” desarrollada por Mieles (2025), se plantea que el uso de sustratos en el vivero de pachaco (*S. parahybum*) mejora la germinación, la investigación llevó a cabo un estudio en base a diferentes tratamientos, los cuales consistieron en (T0) Tierra, (T1) Tierra al 50%, Arena al 25% y Tamo de arroz al 25 %, (T2) Tierra al 50%, Arena al 25% y Tierra de guanábana 25 %, (T3) Tierra al 50%, Arena al 25% y Estiercol de ganado al 25 %, siendo el (T1) y (T2) los que mostraron resultados significativamente favorables.

En base a aquellos trabajos que fueron desarrollados previamente se buscó evaluar el desarrollo de Pachaco (*S. parahybum*) en etapa de vivero en macrotúnel de sarán, utilizando una alternativa de sustrato adecuado e ideal que nos garantice un porcentaje de germinación conveniente.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. Ejecución del plan de implementación macrotúnel de sarán

La propuesta se fundamentó en la instalación y evaluación de un sistema de viverización de *S. parahybum* (pachaco) mediante el uso de un macrotúnel de sarán, diseñado para mejorar las condiciones microambientales propias del trópico húmedo. Este enfoque permitió regular factores determinantes en el crecimiento inicial de las plántulas, tales como la intensidad lumínica, la temperatura y la humedad relativa, variables que influyen directamente en la germinación, supervivencia y vigor de especies forestales de rápido desarrollo.

La implementación del macrotúnel se planteó como una alternativa tecnológica orientada a mitigar las afectaciones fitosanitarias reportadas para la especie en viveros de la región, tales como problemas asociados a marchitez vascular y pudrición del fuste. El proyecto contempló la preparación del material vegetal mediante un proceso de escarificación térmica, indispensable en semillas con testa dura.

Las semillas se sometieron a un tratamiento con agua caliente y posterior remojo durante 12 horas, lo que favoreció la ruptura de la dormancia y permitió obtener una germinación más uniforme. Luego, se procedió a la siembra en fundas de polietileno utilizando un sustrato enriquecido con materia orgánica, formulado con tierra de vivero, aserrín estabilizado y humus de lombriz, insumos adecuados para asegurar aireación, humedad y aporte nutricional en la fase inicial del cultivo.

Para el establecimiento del experimento, se instalaron tres ambientes diferenciados: macrotúnel de sarán, macrotúnel de plástico y cielo abierto. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, conformadas por bloques de 100 plántulas. Esta estructura permitió comparar el desempeño del pachaco bajo distintos niveles de sombra y protección, garantizando un diseño experimental sólido bajo los principios de un diseño completamente al azar (DCA).

El macrotúnel de sarán, en particular, proporcionó un nivel de sombra del 35 %, lo cual permitió moderar la radiación solar directa y estabilizar la temperatura interna, condiciones que favorecen la etapa de viverización. Durante el desarrollo de la propuesta se efectuaron actividades de riego, deshierba manual, control fitosanitario y mantenimiento estructural del macrotúnel, siguiendo una programación que asegurara condiciones homogéneas en todas las repeticiones. Paralelamente, se llevó a cabo un proceso sistemático de monitoreo del

crecimiento de las plántulas, evaluando cada 14 días variables morfológicas como altura, diámetro del tallo y número de hojas, además de la tasa de supervivencia y el porcentaje de germinación.

Estas mediciones, realizadas con regla milimetrada, calibrador de vernier y fichas de registro, permitieron cuantificar el comportamiento de la especie bajo las diferentes condiciones establecidas, aportando evidencia empírica sobre la influencia del sombreado controlado en el desarrollo temprano del pachaco.

La información generada mediante observación estructurada y registro sistemático se procesó posteriormente en InfoStat versión 2022, aplicando pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas y análisis de varianza. Esta fase estadística resultó indispensable para identificar diferencias significativas entre tratamientos y determinar si el uso de macrotúnel de sarán constituye una estrategia efectiva para mejorar la calidad de las plántulas.

Los resultados obtenidos buscan ofrecer lineamientos aplicables a programas de restauración forestal, reforestación productiva y viverización comunitaria, proporcionando directrices prácticas para optimizar la producción de plántulas de *S. parahybum* en zonas tropicales húmedas.

3.1.1. Inversión y costos de macrotúnel

El costo total de implementación del macrotúnel ascendió a 2.221,85 USD, valor que se estructuró según cuatro categorías fundamentales para su instalación y funcionamiento inicial. Cada una respondió a requerimientos logísticos, constructivos y operativos indispensables para asegurar la funcionalidad del sistema de producción en vivero.

A continuación se detalla los gastos de la implementación del proyecto:

Tabla 7. *Gastos de macrotúnel*

Desembolso	Coste (\$)
Transporte/Flete	31,00
Materiales/Insumos	1.050,85
Mano de obra	815,00
Otros gastos	325,00
Total	2.221,85

El análisis económico del macrotúnel de sarán permitió determinar los costos reales asociados a su construcción y operación durante la producción de plántulas de *S. parahybum* en el trópico húmedo. El presupuesto total ascendió a 2.221,85 USD, distribuido en transporte (31,00 USD), materiales e insumos (1.050,85 USD), mano de obra (815,00 USD) y otros gastos operativos (325,00 USD), los cuales cubrieron desde la adquisición y traslado de malla sarán, plástico de polietileno, fundas, sustratos y herramientas, hasta la contratación de personal para la instalación de la estructura, preparación del sustrato, siembra y manejo inicial del vivero.

La capacidad efectiva del macrotúnel, considerando sus dimensiones (9 × 9 m) y el área útil con callejones (72,25 m²), permitió alojar aproximadamente 12.600 plántulas, cifra que se ajusta a un manejo realista del espacio. Con un precio promedio de venta de 0,35 USD por plántula, el ingreso potencial estimado alcanzó 4.410,00 USD, lo que produjo una ganancia neta de 2.188,15 USD por ciclo productivo.

Estos resultados demostraron que la implementación del macrotúnel, además de mejorar el microclima para el desarrollo del pachaco, representa una alternativa económicamente rentable para viveros forestales, permitiendo recuperar la inversión inicial y generar utilidades que respaldan su adopción por parte de productores y programas de reforestación en el trópico húmedo ecuatoriano.

Tabla 8. *Estimación de flujo económico por macrotúnel*

Descripción	Valor (\$)	Información
Número de plantas	12.600	Cantidad de plantas total
Precio por plántula	0,20	Precio de mercado en Ecuador
Ingreso total	2.520	# plantas x precio por plántula
Gastos del vivero	2.221,85	Basado en los gastos generales calculados
Ganancia neta estimada	298,15	Ingreso total – gastos

3.2. Diseño y selección de tecnologías a implementar

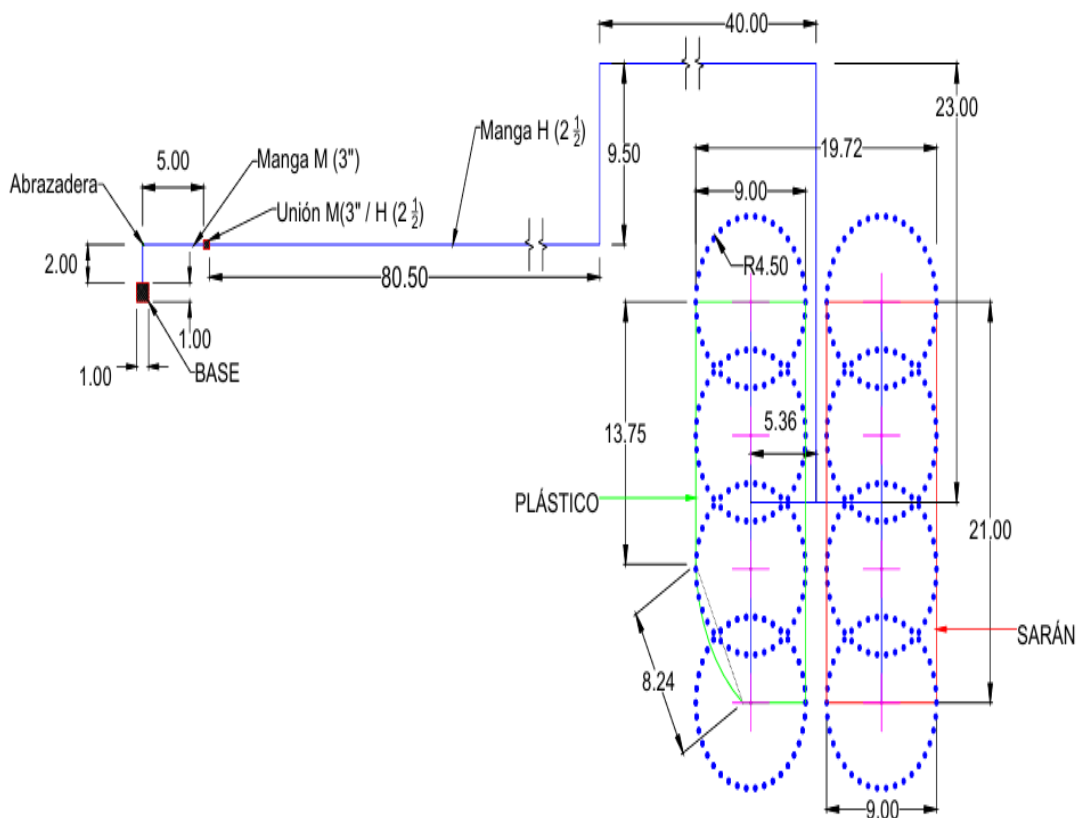
La Figura 3 representa el diseño técnico del sistema de riego instalado dentro del vivero, estructurado específicamente para operar en los dos ambientes evaluados: macrotúnel de sarán

y macrotúnel con cubierta plástica. El croquis detalla la disposición de las tuberías, las uniones, las abrazaderas y el arreglo de líneas que distribuyen el agua hacia las áreas donde se ubicaron las plántulas de *S. parahybum*.

El sistema fue seleccionado por su capacidad para proporcionar una aplicación uniforme del agua, reducir variaciones hídricas entre tratamientos y mantener condiciones de humedad adecuadas para la fase de viverización en el trópico húmedo.

El diseño se conformó a partir de una tubería principal que recorre longitudinalmente el vivero, conectada mediante uniones H y M de 2½" y 3", respectivamente, permitiendo la derivación hacia las secciones correspondientes a cada tipo de cobertura. Las abrazaderas metálicas aseguraron la fijación de las conexiones y evitaron fugas en puntos críticos. La estructura, además, incorporó mangas laterales que distribuyeron el caudal hacia ambos ambientes, garantizando que cada módulo recibiera un suministro hídrico constante y homogéneo.

Figura 3. Croquis del macrotúnel de sarán y plástico



3.3. Plan de implementación

El proceso de implementación que se llevó a cabo en la presente investigación se lo detalla a continuación en las tablas 9 y 10:

Tabla 9. *Detalle del procedimiento inicial de la investigación*

Descripción	Funcionamiento
Preparación del sustrato	Se elaboró una mezcla de tierra, arena de río y humus de lombriz en proporción 2:1:1. El sustrato se apiló hasta un metro de altura y se cubrió con plástico durante una semana para reducir la proliferación de patógenos y estabilizar la humedad antes del llenado de fundas.
Bolsas de polietileno	Se llenaron 300 fundas con el sustrato preparado, compactando ligeramente para eliminar cavidades de aire y garantizar el buen desarrollo radicular.
Estructuras tipo macrotúnel	Se construyeron dos macrotúneles de 9 m × 9 m (81 m ²) cada uno, sobre base nivelada con cimentación puntual de concreto. Los arcos metálicos galvanizados de 2" de diámetro se ensamblaron mediante codos de 45° y se unieron longitudinalmente con correas estructurales. El anclaje inferior se realizó con cemento Portland y mezcla de arena fina y ripio, garantizando estabilidad ante el viento.
Coberturas	El primer módulo se cubrió con malla sarán del 70 % de sombra, permitiendo paso controlado de radiación solar y ventilación natural. El segundo módulo utilizó lámina plástica infralene transparente calibre 7 (Plastilene®), con tratamiento anti-UV y espesor de 200 micras, asegurada con abrazaderas metálicas y cables acerados para mantener tensión homogénea.

Tabla 10. *Detalle del manejo de la investigación*

Descripción	Funcionamiento
Siembra de semillas	Se seleccionaron semillas viables de pachaco y se sometieron a un proceso de escarificación térmica, consistente en llevar agua a punto de ebullición, retirarla del calor y dejarla reposar brevemente antes de introducir las semillas. Estas permanecieron en remojo durante 12 horas para facilitar la ruptura de la dormancia. Luego del tratamiento, las semillas se sembraron a 1 cm de profundidad en las fundas previamente preparadas con sustrato, y se aplicó un riego ligero para asegurar la hidratación inicial y favorecer la germinación uniforme.
Mantenimiento y control	Se realizaron riegos periódicos, control manual de malezas y aplicación mensual de biol.
Toma de datos	Se evaluaron variables morfológicas: altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas, cada 15 días. Las mediciones se efectuaron con cinta métrica y vernier digital, registrando la información en fichas de campo y procesándola mediante el software InfoStat.

3.4. Resultados

3.4.1. Evaluación del porcentaje de supervivencia y germinación de las plántulas de *S. parahybum* en los tres medios de entornos de reproducción a nivel de vivero

El análisis del porcentaje de germinación evidenció variaciones claras entre los tres ambientes de vivero evaluados. El tratamiento T3 (Cielo abierto) registró el valor más alto con 75,43 %, lo que indicó que la exposición directa favoreció la emergencia inicial de las semillas. En contraste, el T2 (Macrotúnel de plástico) obtuvo el menor porcentaje de germinación (42,00 %), mientras que el T1 (Macrotúnel de sarán) presentó un valor intermedio (51,15 %).

Estas diferencias reflejan que el microclima generado en la etapa de germinación respondió de manera distinta según el tipo de cobertura, con una mayor emergencia en condiciones de mayor luminosidad.

En cuanto a la supervivencia, los tres tratamientos mostraron valores elevados, superiores al 87 %, lo que evidencia un adecuado manejo hídrico y fitosanitario durante el periodo de viverización. El tratamiento T3 (Cielo abierto) obtuvo la supervivencia más alta con 94,23 %, seguido por T1 (Macrotúnel de sarán) con 90,44 %, mientras que T2 (Macrotúnel de plástico) alcanzó 87,24 %.

Tabla 11. Porcentaje de germinación y supervivencia de *Schizolobium parahybum* según los tres ambientes de vivero evaluados

Tratamiento	Ambiente de vivero	Germinación (%)	Supervivencia (%)
T1	Macrotúnel de sarán	51,15 b	90,44 a
T2	Macrotúnel de plástico	42,00 c	87,24 a
T3	Cielo abierto	75,43 a	94,23 a

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Los tratamientos físicos como la escarificación favorecen la ruptura de la latencia y suelen incrementar la germinación en especies de testa dura. Sin embargo, los porcentajes obtenidos en este estudio resultaron inferiores a los reportados por Guimaraes-Epifanio et al. (2022), quienes alcanzaron entre 86 y 87 % de germinación en *S. parahybum* bajo condiciones controladas de luz fluorescente.

Aun así, los resultados se aproximaron a lo señalado por Dionisio et al. (2022), quienes registraron tasas de germinación entre 62 y 88 % en la misma especie bajo 10 horas de luz, confirmando la importancia del ambiente lumínico en la emergencia. Asimismo, los valores obtenidos se ubicaron dentro del rango observado por Dionisio et al. (2022), quienes evaluaron diferentes niveles de sombra (30 %, 50 % y total) y obtuvieron germinaciones entre 67,5 % y 72,5 %. En conjunto, estos antecedentes muestran que la respuesta germinativa del pachaco varía según las condiciones ambientales y el nivel de radiación, lo que explica las variaciones registradas en este estudio.

3.4.2. Altura de la planta (cm)

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la altura de las plántulas de *S. parahybum* a los 15, 30, 45 y 60 días, evidenciando que el tipo de cobertura influyó de manera directa sobre el crecimiento en altura. A los 15 días, se registró un p-valor de 0,0027, indicando diferencias estadísticas entre tratamientos, con un coeficiente de variación (CV) del 25,46 %. El tratamiento T2 (Plástico) obtuvo la mayor altura promedio ($15,09 \pm 0,79$ cm), mientras que T3 (Campo libre) presentó el valor más bajo ($11,08 \pm 0,79$ cm), ubicándose T1 (Sarán) en un rango intermedio ($12,58 \pm 0,79$ cm).

A los 30 días, se mantuvieron las diferencias significativas con un p-valor de 0,006 y un CV del 24,08 %. Nuevamente, T2 (Plástico) mostró la mayor altura ($17,24 \pm 0,83$ cm), seguido por T1 (Sarán) con $16,15 \pm 0,81$ cm, mientras que T3 (Campo libre) obtuvo el menor crecimiento ($13,17 \pm 0,81$ cm).

En la evaluación a los 45 días, el análisis confirmó diferencias significativas entre tratamientos (p-valor = 0,006; CV = 24,08 %). El tratamiento T2 (Plástico) registró la altura más elevada con $20,00 \pm 0,91$ cm, seguido de T1 (Sarán) con $18,55 \pm 0,91$ cm, y en tercera posición T3 (Campo libre) con $15,17 \pm 0,91$ cm.

Finalmente, a los 60 días, se observó un comportamiento similar, manteniéndose las diferencias estadísticas (p-valor = 0,0028; CV = 22,69 %). El tratamiento T2 (Plástico) obtuvo la mayor altura final ($22,65 \pm 1,19$ cm), mientras que T3 (Campo libre) reportó el menor valor ($17,22 \pm 0,99$ cm). El tratamiento T1 (Sarán) presentó un crecimiento intermedio con $20,45 \pm 1,19$ cm.

En términos generales, los resultados demostraron que el macrotúnel con cubierta plástica (T2) favoreció significativamente el crecimiento en altura de las plántulas durante todo el periodo de evaluación, mientras que el ambiente a cielo abierto (T3) redujo la tasa de crecimiento, probablemente debido a la exposición directa a las condiciones climáticas del trópico húmedo. El macrotúnel de sarán (T1) mejoró el crecimiento respecto al campo libre, aunque no superó el rendimiento obtenido bajo cubierta plástica, dicho aquello el tratamiento con el que se obtuvo mejor resultado fue el macrotúnel con cubierta plástica (T2) dando plántulas con un mayor crecimiento en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 12. Altura promedio de plántulas de *Schizolobium parahybum* bajo tres tipos de cobertura en cuatro tiempos de evaluación

	Altura a los 15 días (cm)	Altura a los 30 días (cm)	Altura a los 45 días (cm)	Altura a los 60 días (cm)
T1 (Sarán)	12,58 ab	16,15 ab	18,55 ab	20,45 ab
T2 (Plástico)	15,09 a	17,24 a	20,00 a	22,65 a
T3 (Cielo abierto)	11,08 b	13,17 b	15,17 b	17,22 ab
P valor	0,0027	0,006	0,006	0,0028
CV (%)	25,46	24,08	24,08	22,69

Nota: Valores expresados como media \pm error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Moreira (2025), evaluaron plántulas de *S. parahybum* en vivero y registraron alturas entre 15 y 25 cm durante los dos primeros meses, enfatizando que las condiciones microambientales controladas mejoran significativamente el crecimiento inicial y reducen el estrés por radiación directa en ambientes tropicales húmedos.

Diversos estudios en especies forestales señalan que las plántulas sometidas a ambientes de menor luminosidad desarrollan mecanismos morfofisiológicos que optimizan la captación de luz, lo que suele reflejarse en un incremento en la altura como respuesta adaptativa (de Carvalho et al., 2021; Viana et al., 2022). En ese sentido, Chevez Ruiz (2021), establece que las plántulas alcanzan un estado óptimo de adaptación cuando superan los 20 cm de altura y presentan diámetros cercanos a 3 mm, parámetros que indican mayor probabilidad de supervivencia en condiciones de campo.

3.4.3. Diámetro tallo (mm)

El diámetro del tallo mostró diferencias estadísticas significativas en todos los periodos evaluados, lo que evidencia que el tipo de ambiente influyó de manera directa el engrosamiento de las plántulas. A los 15 días, el análisis indicó un p-valor de 0,0001 y un coeficiente de variación (CV) del 16,22 %, confirmando diferencias entre tratamientos. El valor más alto se registró en T3 (Cielo abierto) con $2,81 \pm 0,1$ mm, seguido de T2 (Plástico) con $2,52 \pm 0,1$ mm, mientras que T1 (Sarán) presentó el menor diámetro ($2,19 \pm 0,1$ mm).

A los 30 días, se mantuvo el patrón de significancia ($p < 0,0001$; CV = 16,03 %). El tratamiento T3 (Cielo abierto) continuó destacando con el mayor diámetro ($3,10 \pm 0,11$ mm), seguido por T2 (Plástico) con $2,78 \pm 0,11$ mm, y nuevamente T1 (Sarán) registró el diámetro más bajo ($2,40 \pm 0,11$ mm).

En la evaluación a los 45 días, las diferencias permanecieron significativas ($p < 0,0002$; $CV = 16,13 \%$). Las plántulas a cielo abierto mostraron el valor superior ($3,31 \pm 0,11$ mm), mientras que el macrotúnel plástico alcanzó un diámetro intermedio ($2,98 \pm 0,11$ mm), y el ambiente con sarán volvió a presentar el menor crecimiento radial ($2,61 \pm 0,11$ mm).

Finalmente, a los 60 días, el diámetro del tallo evidenció un comportamiento similar, con un p-valor de 0,0001 y un $CV = 16,43 \%$. El mayor engrosamiento se observó en T3 (Cielo abierto) con $3,67 \pm 0,12$ mm, seguido de T2 (Plástico) con $3,26 \pm 0,13$ mm. El T1 (Sarán) mantuvo el diámetro más reducido ($2,86 \pm 0,11$ mm).

En general, los resultados demostraron que las plántulas cultivadas a cielo abierto desarrollaron diámetros significativamente mayores en todos los periodos, lo cual puede atribuirse a la mayor disponibilidad de luz y al incremento en fotosíntesis y lignificación bajo exposición directa

Tabla 13. Resultados del diámetro del tallo de *Schizolobium parahybum* en los distintos tiempos de evaluación

	Diámetro del Tallo 15 días (mm)	Diámetro del Tallo 30 días (mm)	Diámetro del Tallo 45 días (mm)	Diámetro del Tallo 60 días (mm)
T1 (Sarán)	2,19 b	2,40 b	2,61 b	2,86 b
T2 (Plástico)	2,52 a	2,78 a	2,98 ab	3,26 ab
T3 (Cielo abierto)	2,81 a	3,1 a	3,31 a	3,67 a
P valor	0,0001	<0,0001	<0,0002	0,0001
CV (%)	16,22	16,03	16,13	16,43

Nota: Valores expresados como media \pm error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

El diámetro del tallo mostró variaciones asociadas a los niveles de sombra, lo cual coincide con estudios que señalan que la disponibilidad de luz regula el engrosamiento y la lignificación en plántulas forestales. Cahuano-Santamaria (2021), observaron diámetros cercanos a 4,2 mm en especies nativas sometidas a condiciones de mayor luminosidad durante 60 días, valores comparables a los obtenidos en este estudio, donde las plántulas de *Schizolobium parahybum* alcanzaron diámetros superiores a 3,6 mm bajo cielo abierto (0 % de sombra) a los 60 días. Esto sugiere que la exposición directa promueve un crecimiento radial más acelerado en comparación con ambientes protegidos.

Asimismo, diversas investigaciones han documentado respuestas morfológicas similares en especies pioneras, que incrementan su diámetro cuando son expuestas a mayores

niveles de radiación, debido a una mayor actividad fotosintética y formación de tejidos de sostén (Chevez Ruiz, 2021; Escobar, 2021; Solís, 2023). Sin embargo, otros autores señalan que algunas especies presentan poca variación en el diámetro del tallo frente a la disponibilidad lumínica (Moreira, 2025),

3.4.4. Resultados del número de hojas de *S. parahybum*

El número de hojas mostró diferencias estadísticas entre tratamientos durante la mayor parte del periodo evaluado. A los 15 días, el análisis reflejó un p-valor < 0,0001 y un coeficiente de variación (CV) de 18,22 %, indicando variaciones significativas. El mayor número de hojas se registró en T2 (Plástico) con $5,94 \pm 0,54$, seguido de T3 (Cielo abierto) con $5,72 \pm 0,59$, mientras que T1 (Sarán) presentó el menor valor ($4,55 \pm 0,59$).

A los 30 días, se mantuvieron las diferencias significativas ($p = 0,013$; $CV = 22,03$ %). El tratamiento T2 (Plástico) continuó mostrando el mayor número de hojas ($7,94 \pm 0,64$), mientras que T3 (Cielo abierto) alcanzó un valor intermedio ($7,72 \pm 0,59$) y T1 (Sarán) nuevamente obtuvo el menor registro ($5,55 \pm 0,59$).

A los 45 días, el número de hojas siguió presentando diferencias entre tratamientos ($p = 0,0069$; $CV = 18,22$ %). El tratamiento T2 (Plástico) obtuvo el mayor promedio ($9,41 \pm 0,77$), seguido de T3 (Cielo abierto) con $8,78 \pm 0,79$, mientras que T1 (Sarán) alcanzó el valor más bajo ($6,10 \pm 0,79$).

Finalmente, a los 60 días, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0925$; $CV = 22,03$ %), aunque las tendencias se mantuvieron. T1 (Sarán) presentó el mayor número de hojas ($11,18 \pm 1,79$), seguido de T2 (Plástico) con $10,11 \pm 1,79$, y T3 (Cielo abierto) registró el menor valor ($8,15 \pm 1,79$).

Tabla 14. Número de hojas por planta en los tres tratamientos evaluados

	Número de hojas 15 días	Número de hojas 30 días	Número de hojas 45 días	Número de hojas 60 días
T1 (Sarán)	4,55 b	5,55 b	6,1 a	11,18 a
T2 (Plástico)	5,94 a	7,94 a	9,41 a	10,11 a
T3 (Cielo abierto)	5,72 a	7,72 a	8,78 b	8,15 a
P valor	<0,0001	0,013	0,0069	0,0925
CV (%)	18,22	22,03	18,22	22,03

Nota: Valores expresados como media \pm error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

El número de hojas de *S. parahybum* presentó variaciones asociadas al tipo de cobertura, especialmente durante los primeros 45 días, lo que evidencia la sensibilidad de la especie a los niveles de luz. Estudios previos señalan que el desarrollo foliar en especies pioneras aumenta bajo ambientes con mayor disponibilidad lumínica debido a una mayor actividad fotosintética y expansión foliar (Pinargote et al., 2011; Ramos, 2021).

Diversas investigaciones en condiciones de vivero señalan que el suministro uniforme de agua contribuye a mantener la turgencia celular y a estimular la expansión foliar, lo que se traduce en un incremento del número de folíolos desarrollados por planta (Lanuza-Lanuza et al., 2021).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- El pachaco mostró una viabilidad fisiológica adecuada en etapa de vivero, evidenciada por altas tasas de supervivencia en todos los tratamientos, especialmente bajo macrotúnel de sarán, donde las plántulas superaron el 90 % de supervivencia, mientras que el macrotúnel de plástico mostró el valor más bajo con 87,24 %. Esto confirma que el ambiente sombreado con sarán proporciona condiciones micro climáticas estables que favorecen la adaptación fisiológica inicial de *S. parahybum* en el trópico húmedo.
- El desarrollo vegetativo del pachaco respondió de manera diferencial según el ambiente de vivero. Dicho esto, el macrotúnel de plástico promovió mayor altura y mayor número de hojas en las primeras semanas, mientras que el cielo abierto generó mayores diámetros del tallo. El sarán, aunque presentó valores intermedios al inicio, mostró un incremento sostenido en número de hojas y supervivencia, a los 60 días se observó que el T2 alcanzó la mayor altura (22,65 cm), el T1 registró el mayor número de hojas (11,18) y el T3 el mayor diámetro de tallo (3,67 mm), resultados que demostraron el efecto diferencial de cada ambiente sobre las variables morfológicas evaluadas.
- El análisis económico demostró que el macrotúnel de sarán es rentable, con una ganancia neta de 298,15 USD por ciclo productivo, con una inversión inicial de 2.221,85 USD y un ingreso proyectado de 2.520 USD por la venta de 12.600 plántulas a 0,20 USD, el sistema permite recuperar la inversión desde el primer ciclo, lo que valida su eficiencia económica para pequeños y medianos productores forestales del trópico húmedo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda su uso en viveros del trópico húmedo debido a su bajo costo relativo, alta supervivencia de plántulas y capacidad de mejorar la estabilidad térmica y lumínica, elementos clave para la viverización del pachaco.
- Si se busca altura y emisión foliar rápida, el plástico es una opción temporal; si se requiere mayor diámetro del tallo, el cielo abierto es útil bajo manejo controlado. No obstante, para un equilibrio fisiológico y sanitario, el sarán continúa siendo la alternativa más estable y eficiente para el pachaco.
- Dado que el macrotúnel de sarán genera ganancias superiores a 2.000 USD por ciclo, se recomienda promoverlo entre productores, programas de reforestación y viveros comunitarios como una alternativa económica y sostenible en la producción de plantas forestales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alomía-Lucero, J. M., Baltazar-Ruiz, M. A., Estrada-Carhuallanqui, H. N., DaciaCañari-Contreras, M., & Castro-Garay, A. (2022). Composición y comportamiento inicial de malezas precoces en sustrato con plantas de *Solanum lycopersicum* L. en Satipo. *Revista Investigación Agraria*, 4(3), 33-44.
- Alvarado, A., Mora, A., Chacón-Madrigal, E., Villalobos, J. E., Sandí, C. L., Alvarado, A., Mora, A., Chacón-Madrigal, E., Villalobos, J. E., & Sandí, C. L. (2018). Concentración foliar de macro- y micro-nutrientes en cuatro leguminosas maderables del trópico estacionalmente seco de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 969-983. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i3.29838>
- Barbaro¹, L. A., Karlanian, M. A., Morisigue, D. E., Rizzo, P. F., Riera, N. I., Della Torre, V., & Crespo, D. E. (2011). Compost de ave de corral como componente de sustratos. *Ciencia del suelo*, 29(1), 83-90.
- Basave Villalobos, E., García Castillo, L. C., Castro Ríos, A., Calixto Valencia, C. G., Sigala Rodríguez, J. Á., García Pérez, J. L., Basave Villalobos, E., García Castillo, L. C., Castro Ríos, A., Calixto Valencia, C. G., Sigala Rodríguez, J. Á., & García Pérez, J. L. (2016). Calidad de planta de *Cedrela odorata* L. asociada con prácticas culturales de vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(36), 65-80.
- Belezaca Pinargote, C., Suárez Capello, C., Mora Silva, W., Díaz Coronel, G., & Garcés Fiallos, F. (2012). Propuesta de un método para evaluar resistencia genética en *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake (Pachaco) frente a *Ceratocystis* spp: Evidencias preliminares de resistencia en Ecuador. *Bol. micol.(Valparaiso En linea)*, 8-17.
- Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apunte, E., López-Tobar, R., & Macías-Moncayo, M. (2021). Problemas forestales e incidencias en el ser humano: Experiencia de *Gmelina* arbórea en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(Esp.3), 309-325.
- Bone, F. M., Castillo, J. C., & Cox, W. G. (2024a). Calidad de plántulas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake bajo diferentes niveles de sombra en fase de vivero. *Agrosilvicultura y Medioambiente*, 2(2), 14-26.
- Bone, F. M., Castillo, J. C., & Cox, W. G. (2024b). 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>

- Briones Zambrana, S. H., Jara Minalla, J. M., Gallo Fonseca, V. T., Briones Magallanes, J. R., & Marcillo Vera, F. R. (2025). Evaluation of weed control techniques in *Schizolobium parahyba* plantations: Impact on sustainable natural regeneration. *Enfoque UTE*, 16(3), 52-59.
- Bustos-Salazar, A., & Zuñiga-Feest, A. (2019). Efecto de mallas raschel de colores en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus radiata* en condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 40(3), 287-298.
- Cahuano, G. M. (2021). *Desarrollo de plantas de Schizolobium parahybum (Vell.) S.F.Blake (pachaco) aplicando diferentes tratamientos de fertilización a nivel de vivero en la parroquia La Unión, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas*. [Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6311>
- Casa, D. L. (2022). *Evaluación a nivel de vivero del desarrollo morfológico del pachaco (Schizolobium parahybum) con el uso de tres sustratos, en la provincia Esmeraldas*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/34beb84d-47f3-4f99-a0af-56b615db1933>
- 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>
- Chevez, 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* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6305>
- Coello, Á. I. J. (2020). *CALIDAD DE PLÁNTULAS DE PACHACO (Schizolobium parahybum (Vell.) S.F.Blake) BAJO DIFERENTES NIVELES DE SOMBRA EN FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN MOCACHE*. [UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/18c3ce45-8b22-43f7-8b1a-e3f1a81d43e7/content>
- Cruz, K. L. C. (2021). “*Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de Schizolobium parahybum (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos*”.
- de Carvalho, C. A., da Silva Oliveira, R. F., Ribeiro, Í. F. N., Andrade, R. A., de Brito, R. S., Junior, D. L. T., & do Nascimento, M. M. (2021). Produção de mudas de *Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose em diferentes substratos e níveis de sombreamento. *Scientia Naturalis*, 3(1).

- De Grazia, J., Tiftonell, P. A., & Chiesa, Á. (2007). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e investigación Agraria*, 34(3), 195-204.
- De Moura, P. M., Coneglian, A., da Silva, M. F., de Moraes, M. D. A., & Junior, C. R. S. (2018). Characterization of *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake and *Eucalyptus urophylla* ST Blake juvenile wood in Brazilian Savanna soil. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 539-547.
- Dionisio, L. F. S., de Sousa, J. N., dos Santos, H. D., de Almeida Milhomem, C., da Silva, A., & de Oliveira Junior, J. C. (2022a). Emergence and initial growth of *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* as a function of sowing depth in the amazon biome. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 17(4), e2298-e2298.
- Dionisio, L. F. S., de Sousa, J. N., dos Santos, H. D., de Almeida Milhomem, C., da Silva, A., & de Oliveira Junior, J. C. (2022b). Emergence and initial growth of *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* as a function of sowing depth in the amazon biome. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 17(4), e2298-e2298.
- Escamirosa-Tinoco, C., Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Aquino-Bolaños, T., Cortés-Martínez, C. I., & Cruz-Andrés, O. R. (2021). RENDIMIENTO DE CHILE DE AGUA BAJO DIFERENTES CUBIERTAS DE MACROTÚNEL. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 333. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.333>
- Escobar, C. K. M. (2021). *Identificación y patogenicidad de agentes fungosos asociados al decaimiento de árboles de Schizolobium parahybum (Vell.) S.F.Blake (pachaco) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6625>
- Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M. del P., Cabrera Cardús, A. J. N., Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M. del P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 4-26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- García-Hernández, J. G., Rivero-Bautista, N. del, Espinoza-Lagunes, L. del C., Azpeitia-Morales, A., Díaz-Ruiz, R., & Acosta-Pech, R. G. (2025). Respuesta de *Lupinus* a la escarificación química y dos medios de cultivo en la propagación in vitro. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(2).
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. <https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,->

79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS
oASAFQAw%3D%3D

- Guadalupe, G. D., & Concepción, G. D. (2020). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Guamán Condolo, F. R. (2021). *Eficiencia meteorológica, económica y ambiental de neblinómetros sintéticos y orgánicos en la cosecha de agua aplicados en la Loma de Ramos perteneciente a la comuna Pichikra de la parroquia San Lucas, cantón y provincia de Loja* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21155>
- Guimaraes-Epifanio, M., Almeida Sousa, H. G. de, Aguiar, B. A. C., da Silva, R. C., Dias, C. F., Xavier, M. O., Souza, F. B., Lopes, V. C., Nascimento, V. L., & de Souza, P. B. (2022). Morphophysiological comparison of 'Schizolobium parahyba' varieties seedlings cultivated under different shading levels. *Australian Journal of Crop Science*, 16(3), 408-414.
- Hernández Sampieri, R., & Fernández-Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Herrera, P. E. T. (2022). *IMPACTO DEL ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS, HUERTOS FAMILIARES Y MACROTÚNELES EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO YEPOCAPA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA*.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Intriago Quintero, M. A. (2022). *Comportamiento agronómico del cilantro de pozo (Eryngium foetidum) con diferentes porcentajes de luminosidad, El Carmen, Manabí*. [Tesis]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5177>
- Lallana, V. H. (2020). *Manual de prácticas de fisiología vegetal*.
- Lanuza-Lanuza, O. R., Peguero, G., Vilchez-Mendoza, S., & Casanoves, F. (2021). Efecto del riego y la fertilización sobre la calidad de plántulas forestales con potencial uso para restauración del bosque tropical seco. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(43), 18-28.
- Lazo Perez, Y., & Morales Moreno, A. (2024). Respuesta germinativa de *Vismia baccifera* al tratamiento pregerminativo con ultrasonido. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 12(3).

- Li, Q., Zhang, L., He, J., Li, J., Zhang, H., Li, Y., Gu, Y., Luo, H., Lu, M., & Lu, K. (2025). Effects of different shade treatments on *Melaleuca* seedling growth and physiological properties. *BMC Plant Biology*, 25(1), 1-14.
- Melo-Hernández, Y. P. (2011). *Respuesta de la inoculación de micorrizas en plántulas de aguacate Persea americana Mill variedad Hass en diferentes sustratos* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7311>
- Mieles Burgos Katheryn Jamileth. (2025). *Efectos de tres tipos de sustratos en el crecimiento inicial en la fase de vivero de Schizolobium parahybum (Vell) Blake*. [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7344>
- Mora-Silva, W., Garcés-Fiallos, F., Suarez-Capello, C., Belezaca-Pinargote, C., Cedeño-Loja, P., & Vallejo, E. (2015). Factores influyentes en la respuesta de *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake a *Ceratocystis paradoxa* y *C. moniliformis*. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(1), 120-127.
- Moreira, M. C. (2025). *Frecuencia de aplicación de riego en etapa de vivero en especies forestales*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8875>
- Pinargote, C. B., Apuntes, A. P. S., Pinargote, B. M. B., Apuntes, E. H. S., Cando, M. S. G., & Navarrete, P. E. D. (2025). Nueva Enfermedad de *Schizolobium parahybum* (Vell.) S.F. Blake (pachaco) en Plantaciones del Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 25(45), Article 45. <https://doi.org/10.47189/rcct.v25i45.740>
- Pinargote, C. B., Capello, C. S., & Coello, D. V. (2011). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de pachaco (*Schizolobium parahybum*) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 26.
- Ramos, E. M. (2021). *Comparación morfométrica y fitosanitaria entre procedencias de Schizolobium parahybum(Vell.) S.F. Blake (pachaco) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano*. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Rodríguez, J. J. (2024). *Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de cedrela odorata (L) (cedro) en tres tipos de sustratos* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7889>
- Rojas, F. (2003). *Viveros Forestales*. EUNED.
- Rosales, L., Wijoyo, F. S., & Dvorak, W. S. (1999). *PARÁMETROS GENÉTICOS Y VARIACIÓN ENTRE PROCEDENCIAS DE Schizolobium parahybum (Vell) Blake ESTABLECIDAS EN VENEZUELA*.

- Rosales, L., Wijoyo, F. S., Dvorak, W. S., & Romero, J. L. (1999a). Parámetros genéticos y variación entre procedencias de *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake establecidas en Venezuela. *Foresta Veracruzana*, 1(2), 13-18.
- Rosales, L., Wijoyo, F. S., Dvorak, W. S., & Romero, J. L. (1999b). Parámetros genéticos y variación entre procedencias de *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake establecidas en Venezuela. *Foresta Veracruzana*, 1(2), 13-18.
- Ruiz-Carranza, L. D., Sigala-Rodríguez, J. Á., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., & Basave-Villalobos, E. (2024). Tratamientos que promueven la germinación de semillas de cinco especies leñosas del Matorral Espinoso Tamaulipeco con latencia física. *Polibotánica*, 58, 159-170.
- Solís, S. Y. B. (2023). *Desarrollo de Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (pachaco) en vivero bajo la aplicación de PGPRs, Quevedo 2022. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Solís-Mera, J. A. (2021). Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. En sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúneles. *Acta Agronómica*, 70(4), 394-406.
- Soza, Á. (2023). *Efecto de combinaciones de sustratos en la producción de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de invernadero* [Tesis de Grado, Universidad Autónoma Del Estado De Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/4156/SOAE LR02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ulloa, J. A. U. (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 LAUNIÓN DEL CANTÓN VALENCIA, PROVINCIA DE LOS RÍOS.*
- Valarezo, C., Villamagua, M. A., Mora, R. M., Maza, H., Wilcke, W., & Nieto, C. (2017). Respuesta del pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell. Conc) y la melina (*Gmelina arborea* Roxb.) a la aplicación de biocarbón y fertilización en el sur de la Amazonia Ecuatoriana. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 13.
- Verdezoto, R. P. C., Morán, J. J. M., Velasco, M. L. Z., Macías, B. A. C., & Catagua-Durán, C. L. (2023). Efectos de cinco sustratos en la producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. Cantón Paján, provincia de Manabí. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6), 184-198.

Viana, E. de O., Bezerra, A. M. E., Pereira, D. de S., Lacerda, C. F. de, & Medeiros Filho, S. (2022). Crescimento e qualidade de mudas de três espécies de Copernicia sob diferentes condições de sombreamento. *Ciência Florestal*, 32(4), 2094-2112.

ANEXOS

Anexo 1. Ensamble de la estructura metálica del macrotúnel



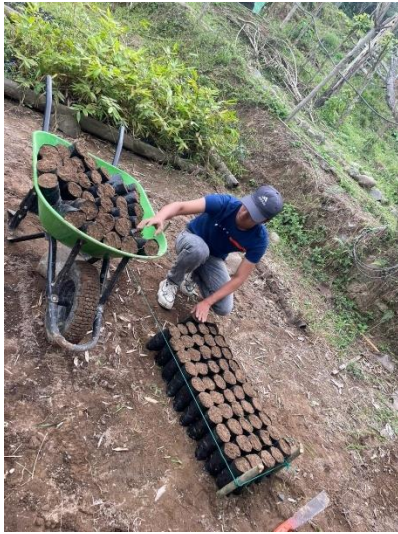
Anexo 2. Instalación inicial de la malla sarán en la estructura del macrotúnel



Anexo 3. Colocación de la cubierta plástica en el área de vivero



Anexo 4. Preparación y ordenamiento de fundas para la siembra de pachaco



Anexo 5. Siembra de pachaco



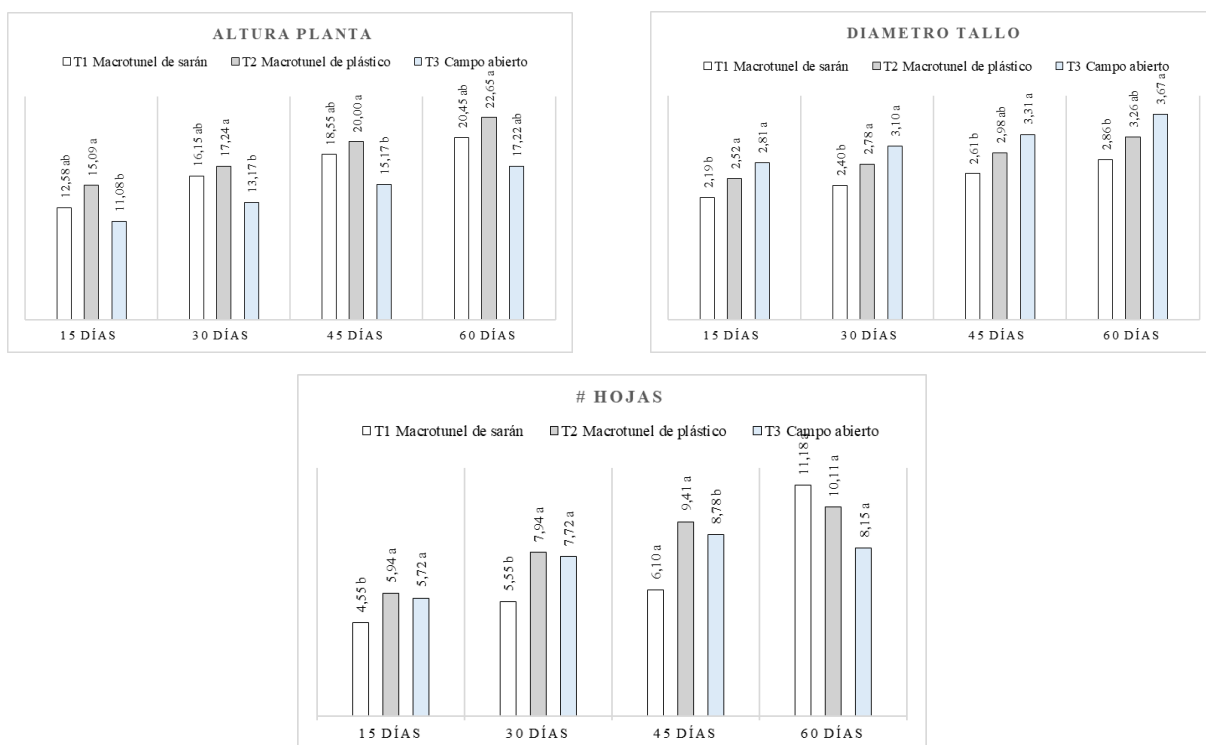
Anexo 6. Plántulas de pachaco en crecimiento bajo ambiente protegido



Anexo 7. Toma de datos a las plántulas utilizando calibrador y regla milimetrada



Anexo 8. Gráficas de promedio de Altura, diámetro y número de hojas de plántulas de *S. parahybum* en cuatro tiempos de evaluación



Anexo 9. Tabla de Análisis de la Varianza de Altura de plántulas a los 15 días

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	142,85	2	71,42	6,66	0,0027
Tratamientos	142,85	2	71,42	6,66	0,0027
Error	557,88	52	10,73		
Total	700,73	54			

Anexo 10. *Tabla de Análisis de la Varianza de diámetro tallo de plántulas a los 30 días*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,74	2	2,37	12,24	<0,0001
Tratamientos	4,74	2	2,37	12,24	<0,0001
Error	10,07	52	0,19		
Total	14,82	54			

Anexo 11. *Tabla de Análisis de la Varianza de número de hojas de plántulas a los 60 días*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,11	2	44,06	2,49	0,0925
Tratamientos	88,11	2	44,06	2,49	0,0925
Error	918,8	52	17,67		
Total	1006,91	54			

Zambrano Alexis tesis compilatio

8%
Textos sospechosos

8% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

< 1% Idiomas no reconocidos

22% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Zambrano Alexis tesis compilatio.docx ID del documento: 56fb9d420da5ace32469ae4670d3fb384cec203c Tamaño del documento original: 1,59 MB	Depositante: Miguel Macay Anchundia Fecha de depósito: 1/2/2026 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 1/2/2026	Número de palabras: 10.325 Número de caracteres: 67.693
--	--	--



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Bravo Andrea Tesis compilatio.docx Bravo Andrea Tesis compilatio #cc0c61 Viene de de mi biblioteca 6 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (366 palabras)
2	Almeida Ricardo Tesis compilatio.docx Almeida Ricardo Tesis compila... #9bd9ea Viene de de mi biblioteca 6 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (274 palabras)
3	repositorio.uleam.edu.ec Frecuencia de aplicación de riego en etapa de vivero ... https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8875	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (55 palabras)
4	Documento de otro usuario #bd63f9 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #34798e Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	dspace.esPOCH.edu.ec Efectos de tres métodos pregerminativos y tres sustrato... http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15933/3/33T00314.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
3	dspace.utb.edu.ec Uso de hidrogel en el cultivo de pachaco (Schizolobium para... http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13159	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	alcance.unesum.edu.ec https://alcance.unesum.edu.ec/index.php/alcance/article/view/137	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
5	Documento de otro usuario #f8cfd7 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)