



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

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“SISTRATOS PARA LA PROPAGACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS”

AUTOR: Jesus Anthony Holguin Cornejo

TUTOR: Ing. Francel Xavier López Mejia, PhD.

El Carmen, agosto del 2025

	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 11 de 51

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 **Jesus Anthony Holguin Cornejo**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Sustratos para la propagación de especies arbóreas".

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 del mismo, 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, 8 de agosto del 2025.

Lo certifico,



Ing. Erancel Xavier López Mejía, PhD.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



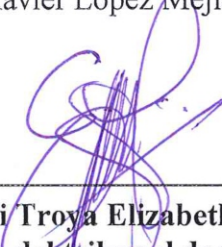
Uleam
Extensión El Carmen

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE
MANABÍ EXTENSIÓN EL CARMEN**


APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado **“Sustrato de propagación en especies arbóreas”**, cuyo autor es **Jesús Anthony Holguín Cornejo** de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y como Tutor de Trabajo de Titulación el Ing. Francel Xavier López Mejía PhD.

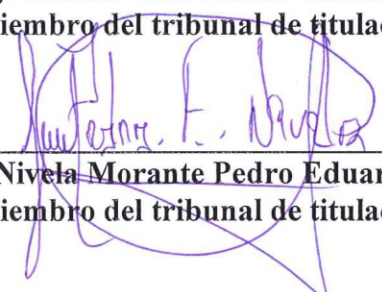
El Carmen, febrero de 2026



Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telli, Mg.
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg.
Miembro del tribunal de titulación



Ing. Nivelá Morante Pedro Eduardo, Mg.
Miembro del tribunal de titulación

Uleam



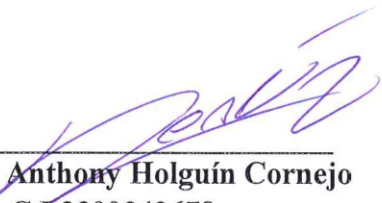
Uleam
Extensión El Carmen

DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: “**Sustrato de propagación en especies arbóreas**” corresponde exclusivamente a **Jesús Anthony Holguín Cornejo** con C.I 2300342678 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autor



Jesús Anthony Holguín Cornejo
C.I 2300342678

Uleam

DEDICATORIA

"El éxito es aprender a ir de fracaso en fracaso sin desesperarse."— *Winston Churchill*

Desde lo más profundo de mi corazón, dedico este logro a quienes han sido el pilar fundamental sobre el cual he edificado mi vida: mis padres, Amparo Marlene Cornejo Loor y Pedro Antonio Holguín Luque. A ustedes, que con su ejemplo me enseñaron a ser una persona honesta, perseverante y trabajadora, les debo cada paso que hoy me permite alcanzar el sueño de convertirme en Ingeniero Agropecuario.

También dedico este triunfo a mi hermana, por impulsarme a seguir adelante cuando sentí flaquear, y por enseñarme con su ejemplo y sabios consejos a tomar decisiones sensatas. Su apoyo ha sido luz en mi camino y motivación constante para no rendirme.

Gracias por formarme con valores, por sostenerme en los momentos de incertidumbre y por creer en mí incluso cuando el camino parecía incierto. Este título no es solo mío, sino el reflejo de su amor incondicional, de su esfuerzo constante y de cada sacrificio que hicieron para darme la oportunidad de construir un mejor futuro.

Jesus Anthony Holguin Cornejo

AGRADECIMIENTO

"La clave del éxito está en enfocarse en metas, no en obstáculos."— *Bo Bennett*

Agradezco con sincera gratitud a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, y en especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, por abrirme las puertas de esta noble institución que se convirtió en mi alma mater, y por brindarme la formación académica, técnica y humana que hoy me permite presentarme ante la sociedad como un profesional comprometido con el desarrollo del sector agropecuario y con el bienestar de mi comunidad.

A mis padres, Amparo Marlene Cornejo Loor y Pedro Antonio Holguín Luque, les debo una parte fundamental de este logro. Gracias por su incondicional apoyo académico, emocional y económico a lo largo de todos estos años. Su esfuerzo, paciencia y fe en mí fueron el motor que me impulsó a superar cada obstáculo y a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

Este título es tan mío como de ustedes, y representa la culminación de un sueño compartido, alimentado por valores, trabajo y esperanza.

Jesus Anthony Holguin Cornejo

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	12
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
I. CAPITULO	16
TÍTULO	16
INTRODUCCIÓN	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
JUSTIFICACIÓN	18
OBJETIVOS	19
METODOLOGÍA	20
1.1 Localización de la unidad experimental	20
1.2 Caracterización agroecológica de la zona	20
1.3 Materiales	21
1.4 Variables del estudio	22
1.4.1 Variable independiente	22
1.4.2 Variable dependiente	22
1.5 métodos	22
1.5.1 Método empírico	22
1.5.2 Método experimental	22
1.5.3 Método analítico-sintético	22
1.5.4 Tratamientos	23
1.6 Manejo del experimento	23

CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO	25
2.1 Concepto y funciones del sustrato en vivero forestal	25
2.2 Porosidad del sustrato	25
2.3 Granulometría del sustrato en viveros forestales	26
2.4 Clasificación de los sustratos en viveros forestales	27
2.4.1 Sustratos Orgánicos	27
2.4.1 Sustratos Inorgánicos.....	28
2.5 Fases físicas del sustrato	28
2.6 Materiales usados para la elaboración de sustratos	29
2.6.1 Cascarilla de arroz	29
2.7 Cuidado de las plántulas de <i>Theobroma cacao</i> en etapa de vivero	30
INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	31
CAPITULO III	33
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	33
3.1 Descripción Del Sistema.....	33
3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar	35
3.3 Plan de implementación.....	38
3.3.1 Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo.....	38
3.4 Resultados.....	41
3.4.1 Porcentaje de germinación de la semilla de cacao <i>Theobroma cacao</i>	41
3.4.2 Altura de la planta (cm) a los 30 días después de la emergencia	43
3.4.3 Número de hojas a los 30 días después de la emergencia	43
3.4.4 Diámetro del tallo (mm) a los 30 días después de la emergencia.....	44
3.4.5 Supervivencia e incidencia de damping-off a los 30 días	45
CAPÍTULO IV	XXXV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	XXXV
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXXVI

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad	21
Tabla 2. Materiales y equipos para evaluar los sustratos de pregerminación en cacao (Theobroma cacao L.).....	21
Tabla 3. Tratamientos del estudio.....	23
Tabla 4. Clasificación granulométrica de materiales utilizados en suelos y sustratos	27
Tabla 5. Ventajas del uso de sustratos orgánicos e inorgánicos en plantas de vivero	28
Tabla 6. Desglose de costos de adquisición e instalación del sistema de riego del vivero	34
Tabla 7. Secuencia de instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego del vivero plántulas de cacao (Theobroma cacao).....	38
Tabla 8. Plan de implementación del sistema de pregerminación para semilla de Theobroma cacao	40
Tabla 9. <i>Porcentaje de germinación acumulado por tratamiento y fecha de evaluación en semilla de Cedrela odorata L. (n = 100 semillas por tratamiento)</i>	<i>42</i>
Tabla 10. Porcentaje de germinación acumulado por tratamiento en semilla de Theobroma cacao	42
Tabla 11. Altura de la planta (cm) a los 30 días después de la emergencia en Theobroma cacao	43
Tabla 12. Número de hojas a los 30 días después de la emergencia en cacao	43
Tabla 13. Diámetro del tallo (mm) a los 30 días por en semilla de la emergencia en cacao...	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	20
Figura 2. Uso de sustratos para el desarrollo de plántulas de cacao	29
Figura 3. Estado sanitario de plántulas de <i>Theobroma cacao</i> en vivero.....	30
Figura 4. Croquis del sistema de riego del vivero.....	37

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Preparación de los sustratos.....	XL
Anexo 2. Instalación del sistema de riego en el vivero	XL
Anexo 3. Germinación de la semilla de cacao	XL
Anexo 4. Altura de la planta de cacao.....	XLI
Anexo 5. <i>Certificado de similitud</i>	XLI

RESUMEN

La producción de plántulas de *Theobroma cacao* en vivero constituye una etapa crítica para el establecimiento de plantaciones sostenibles. El presente estudio tuvo como objetivo comparar el comportamiento morfológico y sanitario de plántulas de cacao cultivadas en dos tipos de sustrato orgánico bajo condiciones controladas. Se evaluaron dos tratamientos: T1 (mezcla de tierra de cacao y cascarilla de arroz) y T2 (mezcla de tierra de cacao, aserrín y cascarilla de arroz). Se aplicó un diseño completamente al azar y se midieron variables como porcentaje de germinación, altura de planta, número de hojas, diámetro del cuello del tallo, supervivencia e incidencia de damping-off. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t de Student, considerando un nivel de significancia del 5 %. Los resultados demostraron que el tratamiento T1 alcanzó un porcentaje de germinación significativamente mayor (90 %) frente a T2 (78 %) y presentó mejor desempeño en altura (21,2 cm) y diámetro del tallo (4,27 mm), con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$). Aunque no hubo diferencia significativa en el número de hojas, T1 mostró mayor uniformidad entre plantas. Ambos tratamientos alcanzaron el 100 % de supervivencia y no presentaron incidencia de damping-off. Se concluye que el sustrato T1 ofrece mejores condiciones físicas para la emergencia y desarrollo de plántulas, representando una alternativa agroecológica viable por su bajo costo, disponibilidad local y eficiencia.

Palabras claves: vivero, germinación, morfología, sustratos orgánicos, sostenibilidad

ABSTRACT

The production of *Theobroma cacao* seedlings in nurseries is a critical stage for the successful establishment of sustainable plantations. This study aimed to compare the morphological and sanitary performance of cacao seedlings grown in two types of organic substrates under controlled conditions. Two treatments were evaluated: T1 (a mixture of cacao soil and rice husk) and T2 (a mixture of cacao soil, sawdust, and rice husk). A completely randomised design was applied, and variables such as germination percentage, plant height, number of leaves, stem collar diameter, seedling survival, and *damping-off* incidence were measured. Data were statistically analysed using the student's *t*-test at a 5% significance level. The results showed that treatment T1 achieved a significantly higher germination percentage (90%) compared to T2 (78%) and exhibited better performance in terms of plant height (21.2 cm) and stem diameter (4.27 mm), both with statistically significant differences ($p < 0.0001$). Although the number of leaves showed no significant difference, T1 presented greater uniformity among plants. Both treatments reached 100% survival and showed no signs of *damping-off*. It is concluded that substrate T1 provides better physical conditions for seedling emergence and early growth, representing a viable agroecological alternative due to its low cost, local availability, and effectiveness. The use of substrates based on agricultural residues, combined with preventive management without agrochemicals, is recommended to strengthen sustainable cacao nurseries.

Keywords: nursery, germination, morphology, organic substrates, sustainability

I. CAPÍTULO

TÍTULO

Sustratos para la propagación de especies arbóreas

INTRODUCCIÓN

La propagación eficiente de plantas depende de múltiples factores fisiológicos, ambientales y técnicos, entre los cuales el sustrato desempeña un papel determinante (Zarate et al., 2022). Como medio físico de soporte y nutrición, el sustrato influye directamente en el éxito del enraizamiento, la emergencia de plántulas y su desarrollo radicular inicial (Aguirre et al., 2008). Su adecuada elección puede marcar la diferencia entre un cultivo vigoroso y un proceso fallido, especialmente en viveros forestales y agroecológicos donde se manejan grandes volúmenes de producción (Torres et al., 2017).

Para que los sustratos resulten funcionales en la producción de plántulas, deben ofrecer condiciones físicas y químicas que favorezcan tanto la germinación como el desarrollo inicial de las especies. Entre las cualidades más importantes se incluyen una adecuada retención de humedad, porosidad suficiente, estabilidad estructural y presencia de nutrientes esenciales (Medina-Arroyo et al., 2020).

Estos atributos permiten la formación de un sistema radicular vigoroso y eficiente, lo que repercute en un crecimiento equilibrado entre raíces y parte aérea (Aguirre et al., 2008). Además, variables como el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico son determinantes para evaluar la eficacia del sustrato como medio biológico (Cox, 2018).

En los últimos años, la investigación aplicada ha demostrado que el uso de sustratos formulados con materiales orgánicos e inorgánicos, como fibra de coco, vermiculita, compost o perlita, puede mejorar sustancialmente la calidad morfofisiológicas de las plántulas y aumentar las tasas de enraizamiento (Cespedes et al., 2016). Estas mejoras impactan de forma directa en la supervivencia y adaptación de las plantas una vez trasplantadas al campo, especialmente en proyectos de restauración ecológica o reforestación (Gruda, 2019; Sañudo-Torres et al., 2009).

Desde una perspectiva técnica y personal, resulta imprescindible valorar no solo la eficiencia del sustrato en términos de productividad, sino también su sostenibilidad (Castañeda et al., 2018). En contextos de creciente degradación ambiental y escasez de recursos naturales, la

selección de sustratos alternativos, accesibles y ambientalmente responsables se convierte en una estrategia clave para garantizar una propagación vegetal eficiente y alineada con los principios de producción sostenible.

El presente estudio tuvo como propósito analizar el comportamiento de distintos tipos de sustratos utilizados en la propagación de especies arbóreas, haciendo énfasis en sus propiedades físicas y químicas. La investigación buscó determinar cuáles mezclas ofrecen un mejor desempeño en términos de calidad de plántula, permitiendo optimizar los procesos de producción en vivero.

Además, se consideró su impacto potencial en la sostenibilidad de programas de reforestación y restauración ecológica, fortaleciendo así las estrategias de manejo ambiental desde la fase inicial del cultivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La propagación efectiva de especies arbóreas desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, la recuperación de ecosistemas degradados y el impulso a la producción forestal sostenible (Altieri, 1999). No obstante, uno de los principales desafíos en la obtención de plántulas de calidad es la limitada disponibilidad de sustratos con características óptimas. Su funcionalidad depende directamente de propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas que influyen en aspectos clave como el enraizamiento, la absorción de nutrientes y agua, y el desarrollo general de las plantas (Sax & Scharenbroch, 2017).

A pesar del incremento en la demanda de insumos en viveros forestales y comerciales, el acceso a sustratos diversificados y económicamente viables continúa siendo restringido. Esta situación se debe a la escasa oferta de opciones sostenibles que cumplan con requisitos agronómicos fundamentales como porosidad, aireación, retención hídrica y estabilidad estructural, esenciales para satisfacer las necesidades fisiológicas de las especies forestales (Zulfiqar et al., 2019).

Este escenario se agrava en varios países latinoamericanos, donde se han impulsado soluciones alternativas mediante el aprovechamiento de materiales agroindustriales de bajo costo, como fibra de coco, turba, cáscara de arroz, perlita o residuos de malta (Sifton et al., 2023; Zarate et al., 2022; Zulfiqar et al., 2019).

Numerosas investigaciones han confirmado que la elección del sustrato incide

significativamente en el crecimiento morfológico de las plántulas, su capacidad de enraizamiento y la posterior adaptación en campo (Valenzuela et al., 2014; Gayosso et al., 2018). Además, se ha estimado que el uso de sustratos tradicionales puede representar entre el 6 % y 8 % del costo total de producción en cultivos ornamentales, lo que evidencia la necesidad de desarrollar mezclas más accesibles y eficientes, que mejoren tanto el desempeño técnico como la rentabilidad de los sistemas de producción (Rojas, 2020).

Pregunta de investigación

¿Qué tipo de sustrato proporciona mejores condiciones fisicoquímicas para optimizar el enraizamiento, crecimiento y calidad de plántulas de especies arbóreas en vivero?

JUSTIFICACIÓN

Garantizar una propagación exitosa de especies arbóreas depende en gran medida del uso de sustratos que cuenten con propiedades físicas, químicas y biológicas que favorezcan un desarrollo radicular eficiente y un crecimiento saludable de las plántulas (Abshahi et al., 2023). No obstante, en muchos contextos productivos, el acceso a sustratos de buena calidad se ve limitado por su elevado costo o por la dependencia de insumos importados (Zulfiqar et al., 2019). Esta realidad representa un obstáculo para viveristas y pequeños productores forestales, especialmente en entornos afectados por crisis económicas o interrupciones logísticas a nivel global (Aguirre et al., 2008).

Ante este panorama, se vuelve fundamental explorar y validar alternativas locales que no solo sean económicamente viables y fácilmente accesibles, sino que además garanticen un buen desempeño agronómico (Abshahi et al., 2023). La incorporación de materiales disponibles en el entorno inmediato podría no solo reducir los costos de producción, sino también contribuir a la sostenibilidad de los viveros, optimizando la eficiencia técnica y promoviendo la resiliencia de los sistemas de producción forestal (Romero et al., 2023).

El uso de subproductos agroindustriales como componentes de sustratos representa una estrategia prometedora para reducir costos, fortalecer la economía circular y minimizar el impacto ambiental asociado al manejo inadecuado de residuos orgánicos (Cox, 2018). Diversos estudios han demostrado que materiales derivados de actividades agrícolas, ganaderas y forestales poseen un alto potencial como mejoradores de suelo y sustratos de propagación, al aportar nutrientes, mejorar la estructura física del medio y estimular el microbiota del suelo (Muñoz et al., 2015).

Además del beneficio económico, la producción y uso de sustratos locales reduce el riesgo de introducción de plagas y enfermedades provenientes de otras regiones, y contribuye a una mayor soberanía productiva en el ámbito forestal y agroecológico (López-Núñez et al., 2003). En ese sentido, evaluar la eficiencia de estos materiales no solo responde a una necesidad práctica del sector, sino que también aporta al desarrollo de modelos de producción sustentables y adaptados al contexto territorial (Romero et al., 2023).

Desde una perspectiva técnica y social, esta investigación es relevante porque proporciona alternativas viables para los viveros que trabajan con especies arbóreas nativas o comerciales, contribuyendo tanto a la reforestación como a la conservación de ecosistemas (Aguirre et al., 2008; Zulfiqar et al., 2019). Además, promueve el aprovechamiento responsable de residuos, la innovación en el manejo de insumos agrícolas y la generación de conocimiento aplicable en comunidades productoras.

Por lo tanto, este estudio está plenamente justificado al buscar soluciones que articulen la sostenibilidad ambiental, la eficiencia productiva y la autonomía local en la producción de plantas forestales.

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Evaluar, bajo condiciones de vivero, el efecto de dos sustratos de pregerminación sobre la germinación, el crecimiento inicial y la sanidad de plántulas de especie arborea.

ii) Objetivos específicos

- Comparar el porcentaje de germinación y la supervivencia inicial de las plántulas entre los sustratos T1 y T2.
- Cuantificar y contrastar el crecimiento temprano (altura, diámetro del cuello del tallo y número de hojas) y la incidencia de *damping-off* en cada sustrato, para identificar el sustrato con mejor desempeño.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa: Bajo condiciones de vivero equivalentes, el tipo de sustrato si modifica de manera significativa las tasas de germinación y supervivencia ni los indicadores de crecimiento temprano (altura, diámetro del cuello y número de hojas) de plántulas de especies arbóreas.

METODOLOGÍA

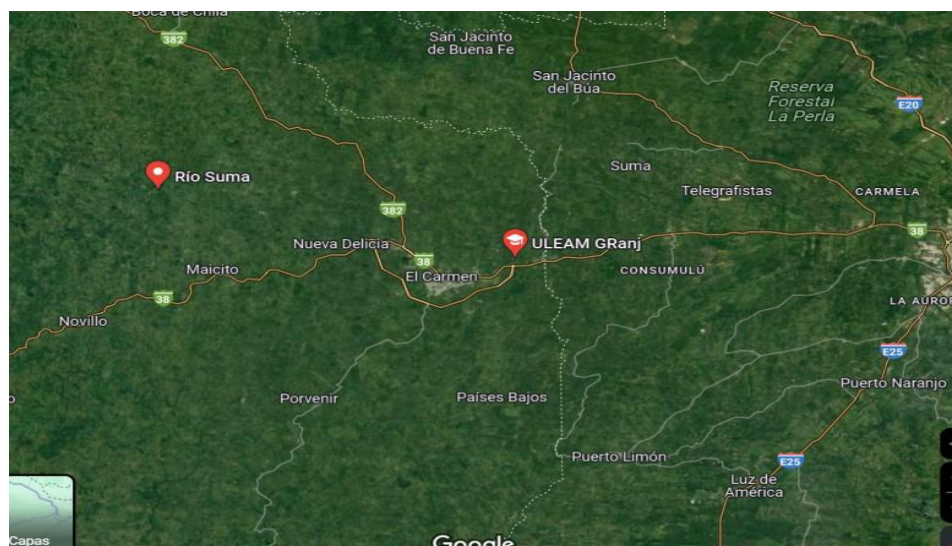
1.1 Localización de la unidad experimental

Este estudio se llevó a cabo en el área de viveros forestales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, dentro de la Granja Experimental Río Suma, localizada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. Esta zona está destinada a la producción y manejo de plántulas de especies arbóreas bajo condiciones controladas de humedad y sombra, lo que permite generar un entorno ideal para evaluar el comportamiento de distintos sustratos en la propagación vegetal.

Además de su función investigativa, el vivero forestal cumple un rol formativo clave, al servir como espacio de aprendizaje práctico para los estudiantes de Ingeniería Agropecuaria, quienes fortalecen sus competencias técnicas en el manejo de especies forestales.

De igual manera, se convierte en un puente de vinculación con los pequeños productores de la zona, promoviendo la transferencia de conocimientos y el desarrollo de capacidades para mejorar la producción de plantas en contextos locales. Geográficamente, la unidad experimental se ubica en la zona UTM, con coordenadas 675008.00 metros Este y 9971300.00 metros Sur, a una altitud de 266 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Nota. Tomado de Google Maps, (2025).

1.2 Caracterización agroecológica de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón el Carmen, ubicado en la provincia de Manabí:

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

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

1.3 Materiales

Se emplearon semillas frescas de cacao (*Theobroma cacao* L.) extraídas de mazorcas maduras y sanas; la siembra se efectuó de inmediato para preservar la viabilidad y se cubrió el semillero con hojas de bijao (*Calathea lutea*) durante siete días.

Tabla 2. Materiales y equipos para evaluar los sustratos de pregerminación en cacao (*Theobroma cacao* L.)

Equipos de riego	Herramientas	Insumos del vivero
Bomba centrífuga superficial	Palas y picos	Semillas frescas de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)
Manguera de succión	Cinta métrica y nivel	Sustrato T1: cascarilla de arroz + tierra de cacao + humus
Válvula de pie con colador	Llaves ajustables / cortatubos	Sustrato T2: compost + aserrín de balsa + arenilla de río
Válvula de retención (cheque)	Destornilladores y tenazas	Bandejas germinadoras
Filtro de malla	Recipientes graduados (5–10 L)	Fundas de polietileno para plántulas
Línea principal (manguera/tubería)	Cronómetro	Etiquetas de identificación
Válvulas de corte	Termómetro	Marcadores indelebles
Derivaciones internas (tees, codos)	Higrómetro o medidor de humedad (opcional)	Malla sombra
Nebulizadores o aspersores 360°	Cinta de teflón	Regaderas manuales
Soportes para aspersores (riser)	Abrazaderas metálicas	Hojas de bijao (<i>Calathea lutea</i>)
Adaptadores y reductores	Sierra/segueta para plástico	Guantes descartables para siembra
Uniones y conectores	Multímetro (verificación eléctrica básica)	Bolsas para residuos
Acoples rápidos	EPP: guantes, gafas, botas	
Manómetro	Baldes para remojo de semillas	

1.4 Variables del estudio

1.4.1 Variable independiente

Tipo de sustrato

1.4.2 Variable dependiente

- Porcentaje de germinación.
- Altura de plántula (cm).
- Diámetro del cuello del tallo (mm).
- Número de hojas.
- Porcentaje de supervivencia.
- Incidencia de damping-off.

1.5 métodos

1.5.1 Método empírico

Se aplicó observación directa y registro sistemático del establecimiento y crecimiento temprano de plántulas en vivero forestal. Esta aproximación permitió cuantificar germinación, vigor y sanidad bajo dos sustratos contrastantes.

1.5.2 Método experimental

El estudio siguió un enfoque experimental con control de condiciones de vivero (luminosidad, temperatura y riego uniforme). El factor en evaluación fue el tipo de sustrato (T1 y T2), usando semillas frescas de cacao (*Theobroma cacao* L.) como especie arbórea modelo. Se recogieron mazorcas grandes y maduras; se seleccionaron semillas de la porción central de la mazorca y se descartaron las superiores e inferiores (Romero et al., 2023).

La siembra se realizó con semillas verdes, sin pregerminación química, directamente en los sustratos. Se cubrió el semillero con hojas de bijao (*Calathea lutea*) durante 7 días para conservar humedad y temperatura. Tras ese periodo, se retiró la cobertura y se mantuvo el riego de forma homogénea en ambos tratamientos (Barbaro et al., 2019).

1.5.3 Método analítico-sintético

Se compararon los dos tratamientos mediante prueba t de Student para muestras independientes en las variables continuas (altura, diámetro del cuello, número de hojas), previa verificación de normalidad (Shapiro–Wilk) y homocedasticidad (Levene) (Juarez-Lopez et al.,

2011).

Las variables proporcionales (germinación, supervivencia e incidencia de damping-off) se analizaron con t de Student sobre datos transformados mediante $\arcsen(\sqrt{p})$; de no cumplirse supuestos, se aplicó Mann–Whitney. El nivel de significancia fue $\alpha = 0,05$. Se reportaron media \pm desviación estándar, estadístico de contraste, grados de libertad, p-valor, IC95 % de la diferencia de medias y el tamaño del efecto (d de Cohen) (Hurtado & Silvente, 2012). El procesamiento se efectuó en InfoStat.

1.5.4 Tratamientos

Tabla 3. *Tratamientos del estudio*

Tratamiento	Composición del sustrato	Repeticiones	Plántulas por repetición
T1	Cascarilla de arroz + tierra de cacao	4	7
T2	Aserrín + tierra de cacao	4	7

1.6 Manejo del experimento

Las actividades experimentales se llevaron a cabo en el área de viveros forestales de la Granja Experimental Río Suma, bajo condiciones ambientales controladas que permitieron garantizar uniformidad en el manejo. Para el ensayo, se recolectaron materiales orgánicos como cascarilla de arroz, aserrín y tierra de cacao, con los cuales se prepararon homogéneamente las mezclas correspondientes a los tratamientos T1 y T2. Posteriormente, se recolectaron mazorcas de cacao en estado de madurez fisiológica, extrayéndose únicamente las semillas centrales, mientras que las ubicadas en los extremos fueron descartadas por criterios de viabilidad.

Las semillas se sembraron inmediatamente, sin periodo de secado, en cada uno de los tratamientos establecidos. Los semilleros fueron cubiertos con hojas de bijao durante los primeros siete días, con el fin de mantener condiciones de humedad y temperatura favorables para la germinación.

Tras este periodo, se retiró la cobertura vegetal y se aplicó riego de forma uniforme en todas las unidades experimentales. El porcentaje de germinación se determinó mediante conteos periódicos desde el destape, hasta alcanzar la estabilización del número de plántulas emergidas. Además, se evaluaron semanalmente variables morfológicas como altura de plántula (cm), diámetro del cuello del tallo (mm) mediante vernier digital, y número de hojas por plántula. La supervivencia se calculó como la proporción de plántulas vivas respecto al total sembrado en

cada unidad experimental.

La incidencia de damping-off se cuantificó como el porcentaje de plantas con síntomas característicos (estrangulamiento en la base del tallo y colapso). Todos los datos fueron registrados en fichas estandarizadas de campo y posteriormente sistematizados para su análisis estadístico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto y funciones del sustrato en vivero forestal

El sustrato es definido como cualquier material sólido diferente al suelo, ya sea de origen natural, sintético o residual, con composición mineral u orgánica, cuya función principal consiste en permitir el anclaje del sistema radicular de la planta dentro de un contenedor, actuando como medio de soporte físico (Roldán & Soto, 2005). Este material puede, o no, participar activamente en la nutrición mineral de la planta, dependiendo de su composición y de las condiciones de manejo (García et al., 2001). Su elección es un factor determinante en la producción de plantas forestales, dado que incide directamente en la germinación, el enraizamiento y el desarrollo morfológico de las plántulas (Trejo-Téllez et al., 2013).

Diversos autores han señalado que las características físicas, químicas y biológicas del sustrato están directamente relacionadas con el éxito en vivero (Soto-Bravo & Betancourt-Flores, 2022). Entre las propiedades físicas más relevantes se incluyen la capacidad de retención de agua fácilmente disponible, una porosidad total elevada, una distribución adecuada del tamaño de partícula, una estructura estable, y una baja densidad aparente (Velasco-Hernández et al., 2004).

2.2 Porosidad del sustrato

En particular, una porosidad total superior al 80 % se considera óptima, ya que garantiza el equilibrio aire-agua en la rizosfera, facilitando la respiración radicular y la absorción de nutrientes (Quintero et al., 2012). No obstante, en ciertas especies o condiciones climáticas, se han utilizado sustratos con menor porosidad de forma ventajosa.

La porosidad abierta o efectiva se refiere a los espacios dentro del sustrato que permiten tanto la retención de agua útil como el intercambio gaseoso necesario para la respiración radicular. Este tipo de porosidad depende principalmente del tamaño de las partículas que componen el sustrato: cuando predominan partículas gruesas, se incrementa la proporción de poros de mayor diámetro, lo cual favorece la aireación, pero reduce la capacidad de retención hídrica (Quintero et al., 2012).

En cambio, una mayor presencia de partículas finas tiende a mejorar la retención de agua, aunque puede limitar el drenaje y provocar condiciones de anoxia en las raíces si no se maneja adecuadamente (García et al., 2001).

Para evaluar el equilibrio ideal entre macroporos, que facilitan la aireación, y mesoporos, que almacenan agua disponible para la planta, se utilizan las curvas de retención de humedad (Velasco-Hernández et al., 2004). Estas curvas grafican la cantidad de agua retenida en el sustrato en función de diferentes niveles de succión, lo que permite estimar con precisión su capacidad de almacenamiento de agua útil (Llurba, 1997).

2.3 Granulometría del sustrato en viveros forestales

La granulometría del sustrato se refiere al tamaño y distribución de sus partículas sólidas, lo cual representa un factor crítico para el comportamiento físico del medio de cultivo (Gayosso-Rodríguez et al., 2018). Esta propiedad influye directamente en la porosidad, la capacidad de retención de agua, el drenaje y la aireación, condiciones esenciales para el desarrollo radicular en la etapa de vivero (Valenzuela et al., 2014).

Sustratos conformados por partículas gruesas tienden a presentar macroporos que favorecen la oxigenación de las raíces y permiten un buen drenaje. No obstante, estos materiales suelen mostrar una capacidad de retención de agua limitada (Gayosso-Rodríguez et al., 2018). En contraste, los sustratos con predominancia de partículas finas ofrecen mayor retención hídrica, pero reducen el volumen de aire disponible, lo cual puede generar anoxia si no existe un control adecuado del riego (Barbaro & Karlanián, 2020).

La selección de una granulometría equilibrada mejora la estabilidad estructural del sustrato, evita compactaciones y permite una mejor distribución del sistema radicular (Torres et al., 2017). Para ello, resulta útil combinar partículas de distintos tamaños, generando una estructura bimodal que favorece tanto la retención de agua en los mesoporos como la aireación a través de los macroporos (Barbaro et al., 2019).

Esta estrategia ha sido validada en cultivos forestales tropicales, en los cuales se ha logrado optimizar el crecimiento de plántulas mediante la inclusión de materiales como fibra de coco, cascarilla de arroz carbonizada y compost tamizado, con fracciones entre 0,5 y 6 mm (De Grazia et al., 2007).

Por otro lado, estudios recientes sugieren que una granulometría óptima para especies arbóreas debe permitir una densidad aparente inferior a $0,4 \text{ g cm}^{-3}$ y una porosidad total superior al 70 %, de la cual al menos el 30 % debe corresponder a poros de aireación (Valenzuela et al., 2014).. Estas condiciones favorecen el equilibrio hídrico en el contenedor y estimulan una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, especialmente en fases críticas como el trasplante (Gayosso-Rodríguez et al., 2018).

2.3.1.1 Aplicación práctica en viveros

Sustratos con predominancia de arena gruesa y grava fina mejoran la aireación y el drenaje, adecuados para especies que no toleran encharcamiento.

- Sustratos con contenido medio de limo y arcilla fina aumentan la retención de humedad, pero requieren un buen manejo del riego para evitar compactaciones.
- Para mezclas equilibradas, se recomienda combinar fracciones entre 0,5 y 5 mm, lo cual favorece un buen desarrollo radicular en especies forestales como *Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha* o *Swietenia macrophylla*.

Tabla 4. Clasificación granulométrica de materiales utilizados en suelos y sustratos

Material	Clasificación granulométrica	Tamaño de partícula (mm)
Piedra	—	Mayor de 70
Grava gruesa	Gruesa	30 – 70
Grava media	Media	5 – 30
Grava fina	Fina	2 – 5
Arena gruesa	Gruesa	1 – 2
Arena media	Media	0.2 – 1
Arena fina	Fina	0.1 – 0.2
Polvo grueso	Grueso	0.05 – 0.1
Polvo fino	Fino	0.026 – 0.05
Limo grueso	Grueso	0.02 – 0.026
Limo fino	Fino	0.002 – 0.02
Arcilla gruesa	Gruesa	0.0020 – 0.0028
Arcilla fina	Fina	0.0002 – 0.0020
Ultra arcilla	—	Menor de 0.0002

Fuente: todo de Gayosso-Rodríguez et al. (2018).

2.4 Clasificación de los sustratos en viveros forestales

Para Martínez & Roca (2011), los sustratos empleados en viveros pueden cumplir funciones activas en la nutrición mineral de las plantas o simplemente servir como medios de soporte físico sin intervención química. En función de este comportamiento, se los clasifica como activos como las turbas y las cortezas de pino o inertes, como la perlita, la roca volcánica o la lana de roca (Gayosso-Rodríguez et al., 2018). Desde una perspectiva técnica, la clasificación más habitual distingue entre sustratos de origen orgánico e inorgánico (Martínez & Roca, 2011).

2.4.1 Sustratos Orgánicos

Este grupo puede dividirse en tres subcategorías, dependiendo de su procedencia. En primer lugar, se encuentran los materiales naturales con potencial de descomposición biológica, como

la turba o la tierra de monte (Durán & Henríquez, 2007). En segundo lugar, se consideran los materiales de síntesis química, fabricados a partir de polímeros no biodegradables, entre los que destacan el poliestireno, el poliuretano y ciertas resinas sintéticas (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015).

Finalmente, el tercer grupo lo integran residuos agroindustriales o urbanos, como el aserrín, la viruta de madera, los estiércoles animales, la cascarilla de arroz o el polvo de coco. Estos deben ser sometidos a procesos de estabilización para asegurar su funcionalidad y seguridad como componentes de sustrato (Torres et al., 2017).

2.4.1 Sustratos Inorgánicos

En cuanto a los sustratos de origen inorgánico, también se reconocen tres categorías. La primera incluye materiales naturales provenientes de rocas o depósitos minerales, como la arena, la grava, el tezontle o la zeolita (Torres et al., 2017). La segunda engloba aquellos que han sido modificados mediante procesos industriales, dando lugar a partículas porosas como la perlita, la vermiculita, la arcilla expandida o la lana de roca (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015).

Por último, se encuentran los subproductos de origen industrial, entre los cuales destacan residuos mineros o derivados del procesamiento de carbón (Torres et al., 2017).

Tabla 5. *Ventajas del uso de sustratos orgánicos e inorgánicos en plantas de vivero*

Tipo de sustrato	Ventajas agronómicas	Ventajas económicas	Ventajas ecológicas
Orgánico	- Mejora la estructura del sustrato y la aireación. - Aumenta la capacidad de retención de agua. - Favorece la actividad microbiana beneficiosa. - Libera nutrientes de forma gradual.	- Generalmente de bajo costo si se produce localmente. - Reduce la necesidad de fertilización química.	- Promueve la reutilización de residuos agropecuarios. - Mejora la calidad del suelo a largo plazo.
Inorgánico	- Proporciona estabilidad física al sustrato. - Favorece un drenaje eficiente. - Posee estructura homogénea y predecible. - Bajo riesgo de introducir patógenos.	- Alta disponibilidad comercial. - Permite estandarizar mezclas según requerimientos específicos.	- Menor descomposición y emisión de gases. - Facilita el control sanitario del vivero.

Fuente: adaptado de Torres et al. (2017).

2.5 Fases físicas del sustrato

El sustrato presenta un sistema físico formado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida corresponde a las partículas que conforman el esqueleto del medio, dentro del cual

se generan espacios porosos que albergan aire o agua (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015). Esta estructura está determinada por el tamaño, la forma y el empaquetamiento de las partículas, así como por su composición química y mineralógica (Durán & Henríquez, 2007).

La fase líquida se compone del agua y de las sustancias disueltas. Esta fracción es clave para la nutrición y la regulación hídrica del sistema radicular, ya que interviene en la capacidad del sustrato para almacenar y liberar agua útil para la planta (Torres et al., 2017).

La fase gaseosa representa el volumen de aire disponible en el sustrato. Su presencia es fundamental para mantener el metabolismo de las raíces. La cantidad y el tamaño de los poros regulan la proporción de aire y agua (Durán & Henríquez, 2007). Poros gruesos favorecen la aireación, mientras que poros más finos incrementan la retención de agua, aunque también pueden limitar la oxigenación cuando el sustrato permanece saturado por tiempos prolongados (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015).

2.6 Materiales usados para la elaboración de sustratos

2.6.1 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz se ha consolidado como un componente clave en la elaboración de sustratos para viveros, gracias a su bajo peso, elevada porosidad y excelente capacidad para facilitar el drenaje (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015). Su textura fibrosa permite una adecuada aireación en la zona radicular, y su resistencia a la descomposición contribuye a mantener la estabilidad estructural del sustrato durante todo el ciclo de crecimiento de la plántula (Abad et al., 2001).

Al tratarse de un material lignocelulósico, posee una conductividad eléctrica baja y un pH cercano a valores neutros, condiciones que favorecen el desarrollo saludable de la mayoría de las especies vegetales cultivadas en vivero (Morales-Maldonado & Casanova-Lugo, 2015).

Figura 2. *Uso de sustratos para el desarrollo de plántulas de cacao*



Fuentes: Torres et al., (2017)

2.7 Cuidado de las plántulas de *Theobroma cacao* en etapa de vivero

El manejo hídrico es un componente clave en la producción de plántulas de cacao, ya que estas requieren una provisión regular de agua sin llegar a condiciones de saturación. Un exceso de humedad puede generar deficiencia de oxígeno en las raíces y propiciar el desarrollo de patógenos como *Phytophthora spp.* y *Rhizoctonia solani*. Por ello, se recomienda realizar riegos diarios durante los periodos secos, ajustando la frecuencia según la capacidad de retención del sustrato y la demanda hídrica local (Abad et al., 2020).

En cuanto al medio de cultivo, es imprescindible que el sustrato posea un equilibrio entre retención de humedad y aireación. Mezclas compuestas por tierra negra, arena lavada, compost orgánico y cascarilla de arroz ofrecen condiciones físicas y químicas favorables para el desarrollo del sistema radicular (Aguirre-Medina et al., 2007).

Además, es fundamental asegurar que los componentes estén libres de contaminantes y agentes patógenos. En suelos con limitaciones, se recomienda incorporar enmiendas como gallinaza compostada, la cual mejora la fertilidad y aporta nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio (Anzules-Toala et al., 2022).

El control fitosanitario debe mantenerse de forma preventiva y continua. Se aconseja tratar el sustrato con fungicidas antes de la siembra y utilizar insecticidas focalizados para el manejo de plagas del suelo (Aguirre-Medina et al., 2007). También es importante efectuar inspecciones visuales frecuentes y eliminar plántulas con síntomas de marchitamiento, clorosis o necrosis, a fin de evitar la propagación de enfermedades (Torres et al., 2017).

Respecto a la nutrición, las plántulas de cacao responden positivamente a un suministro equilibrado de nutrientes. Se recomienda basar las aplicaciones en análisis previos del sustrato y utilizar fertilizantes granulados de liberación lenta o soluciones nutritivas diluidas, procurando evitar el contacto directo con el talluelo para prevenir posibles daños por fitotoxicidad (García-Reyes, 2018).

Figura 3. Estado sanitario de plántulas de *Theobroma cacao* en vivero



ANTECEDENTES

INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Diversos estudios han evidenciado que el crecimiento inicial del cacao (*Theobroma cacao*) en vivero depende directamente del tipo y volumen de sustrato empleado. En la región de Alto Amazonas, donde la demanda de plántulas ha incrementado debido a la expansión del cultivo, se identificó la necesidad de optimizar los recursos limitados disponibles para la producción en vivero. Una investigación evaluó el desarrollo de plántulas criollas de cacao en diferentes volúmenes de sustrato (1,0; 1,5 y 2,0 kg), determinando que el volumen de 1,5 kg favoreció significativamente variables clave como altura, número y tamaño de hojas, diámetro del tallo, longitud radicular y peso fresco total de planta. El análisis mediante modelos de regresión lineal y polinómica mostró un mejor ajuste en este tratamiento, lo que sugiere que dicho volumen podría establecerse como referencia técnica para la producción eficiente de cacao en vivero bajo condiciones locales (Angulo-Villacorta et al., 2021).

Defaz-Quilumba (2016), evaluó el efecto de diez mezclas de sustratos orgánicos sobre el crecimiento de plántulas de *Theobroma cacao* en vivero, en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El estudio identificó que el tratamiento conformado por 30 % bokashi, 30 % humus de lombriz, 20 % tierra negra, 10 % aserrín de balsa y 10 % tamo de arroz quemado promovió el mayor desarrollo morfológico de las plántulas, destacándose en variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud radicular, además de alcanzar un 100 % de germinación. Si bien este tratamiento implicó un mayor costo, generó plantas de mejor calidad, valoradas comercialmente por los compradores. Por otro lado, el tratamiento con 75 % tierra negra y 25 % cascarilla de arroz ofreció la mayor rentabilidad económica (59,68 %), demostrando que la selección del sustrato incide tanto en el rendimiento agronómico como en la viabilidad económica del sistema de vivero.

García-Reyes (2018), evaluó el efecto de diferentes diluciones de fertilizantes aplicados mediante la técnica de drench sobre las características morfológicas de plántulas de *Theobroma cacao* L., grupo criollo, en condiciones de vivero. El experimento se realizó en el distrito de Río Negro, provincia de Satipo, empleando un diseño completamente al azar con cinco dosis de fertilizante (50 %, 60 %, 70 %, 80 % y 100 %) aplicadas en fundas de 3 kg. Los resultados demostraron que a mayor concentración del fertilizante en drench, mayor fue el desarrollo morfológico de las plántulas, destacándose el tratamiento al 100 % con valores superiores en número de hojas (19,2), diámetro del tallo (0,8 cm), altura de planta (81,4 cm), área foliar (157,6

cm²), longitud de raíz (41,9 cm) y peso fresco y seco de raíces. El análisis de rentabilidad determinó que la dosis óptima fue de 111,3 %, lo que indica un beneficio agronómico al aplicar fertilización localizada en forma líquida. Este estudio confirma la eficacia de la fertilización en drench para mejorar la arquitectura vegetal en vivero.

Cortés-Patiño et al. (2015), evaluó el efecto de sustratos inoculados con microorganismos sobre el desarrollo de plántulas de *Theobroma cacao* clon IMC-67 en vivero. El ensayo incluyó cinco tratamientos con diferentes combinaciones de suelo, arena, vermicompost, bioabono, inoculantes microbianos y fertilización química, bajo un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) en variables como altura, longitud de raíz, número de hojas, diámetro del tallo y biomasa aérea y radicular, destacándose los tratamientos inoculados con microorganismos (T3 y T4) respecto a los no inoculados (T1 y T5). Además, se observó un aumento en la población de rizobacterias, lo que indica que la inoculación microbiana no solo mejora el desarrollo morfofisiológico de las plántulas, sino que también fortalece el microbiota del sustrato. Estos resultados respaldan el uso de bioinoculantes como estrategia eficaz para fortalecer el sistema radicular y asegurar la supervivencia postrasplante en campo.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción Del Sistema

La ejecución de la propuesta se llevó a cabo en el área destinada a viveros forestales dentro de la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la extensión El Carmen. Las condiciones de este entorno, controladas cuidadosamente, permitieron favorecer el proceso de germinación y el establecimiento inicial de plántulas de *Theobroma cacao*, lo que facilitó un seguimiento riguroso en cada etapa del ensayo.

Para iniciar el proceso, se seleccionaron mazorcas maduras provenientes de plantas madre previamente identificadas por su buen comportamiento agronómico. De cada mazorca se extrajeron únicamente las semillas ubicadas en la zona media, descartando las de los extremos por su baja calidad fisiológica. Posteriormente, se realizó una desinfección superficial de las semillas sumergiéndolas durante un minuto en una solución al 1 % de hipoclorito de sodio, seguida de un enjuague con agua hervida y enfriada, a fin de reducir la presencia de microorganismos en su superficie.

La siembra se efectuó empleando semillas frescas, sin procesos de fermentación ni secado, con el objetivo de preservar su viabilidad natural. Estas se sembraron directamente en fundas plásticas negras con orificios de drenaje, previamente llenadas con dos tipos de mezclas de sustrato: el tratamiento T1 consistió en tierra de cacao mezclada con cascarilla de arroz en partes iguales (1:1), mientras que el tratamiento T2 combinó tierra de cacao, aserrín y cascarilla de arroz en proporciones uniformes (1:1:1). Las mezclas fueron previamente tamizadas para mejorar su textura y luego homogenizadas manualmente para asegurar uniformidad en las unidades experimentales.

Durante la primera semana después de la siembra, los semilleros fueron cubiertos con hojas de bijao, lo que permitió conservar la humedad del sustrato y mantener una temperatura estable. Tras este periodo, se retiró la cobertura y se implementó un sistema de riego manual dos veces al día: una aplicación por la mañana (07:00 h) y otra por la tarde (16:00 h), con una frecuencia de un riego cada día y medio. Esta estrategia buscó mantener un equilibrio hídrico adecuado, evitando tanto la sequía como el exceso de humedad que podría favorecer enfermedades radiculares.

A partir del retiro de la cobertura, se comenzó a monitorear el porcentaje de germinación

mediante conteos regulares, hasta que se estabilizó el número de plántulas emergidas. Además, se realizaron evaluaciones semanales donde se midieron variables como la altura de las plántulas (cm), el diámetro del cuello del tallo (mm, medido con vernier digital) y el número total de hojas formadas. La tasa de supervivencia se calculó como la proporción de plántulas vivas respecto al número total sembrado por tratamiento.

Por otro lado, la presencia de damping-off fue evaluada registrando el número de plántulas con síntomas visibles como estrangulamiento del tallo, decaimiento o marchitez. Estos casos se expresaron como porcentaje en función del total de plántulas emergidas por unidad experimental. Todos los datos obtenidos fueron anotados en fichas técnicas de campo estandarizadas y posteriormente digitalizados para su análisis estadístico.

Tabla 6. *Desglose de costos de adquisición e instalación del sistema de riego del vivero*

Concepto	Proveedor	Comprobante (fecha)	Valor (USD)
Manguera 1" súper reforzada (rollo 150 m)	Plásticos Vargas & Vargas	Factura 001-005-000000290 (23/10/2024)	127,50
Bomba de agua	Distribuidora Capelo	Factura (24/10/2024)	280,00
Manguera (10 m)	Proveedor local	Nota de venta (s/f)	10,00
Acoples, abrazaderas, uniones, teflón (varios)	Ferretería local	Factura (06/11/2024)	75,41
Abrazaderas, uniones, teflón (varios)	Ferretería López	Factura 002-010-0000009626 (09/05/2025)	59,50
Manguera negra 3/4" (15 m)	Ferretería López	Factura (13/05/2025)	5,25
Amarra plástica + teflón	Ferretería (consumidor final)	Factura (18/05/2025)	6,50
Materiales de obra (arena, ripio, cemento)	Materiales Mayrita	Factura (s/f)	17,00
Aspersor plástico 3/4" (10 und × 3,50)	Ferretería López	Factura 002-010-0000009626 (09/05/2025)	35,00
Semillas para vivero	Proveedor local	Factura (18/05/2025)	6,90
TOTAL			623,06

El costo total destinado a la compra e instalación del sistema de riego fue de 623,06 dólares estadounidenses. Al desglosar este valor, se identificó que el componente con mayor inversión fue la bomba de agua, con un precio de 280,00 USD, lo que equivale al 45 % del presupuesto general. Este gasto se justifica plenamente por su papel esencial en mantener un caudal constante y una presión adecuada para el funcionamiento eficiente del sistema.

En segundo lugar, se encuentra la manguera principal de 1" súper reforzada, con un valor

de 127,50 USD, seguida por los acoples, abrazaderas y cinta de teflón, que en conjunto sumaron 134,91 USD distribuidos en dos adquisiciones. Estos elementos representan alrededor del 21,5 % del gasto total, y son clave para garantizar conexiones seguras, adaptabilidad del sistema y resistencia a largo plazo.

El 33,5 % restante se destinó a otros insumos esenciales, como mangueras secundarias, emisores tipo aspersor, materiales complementarios de obra civil y semillas. Aunque estos componentes tienen menor costo unitario, son fundamentales para asegurar la funcionalidad integral del sistema de riego. En conjunto, esta estructura presupuestaria refleja una asignación racional y estratégica de los recursos, priorizando la calidad en los elementos de conducción hidráulica y la operatividad eficiente. La inversión realizada responde adecuadamente a los fines del proyecto, ya que garantiza la implementación de un sistema confiable, adaptable y de bajo mantenimiento, crucial para el éxito en la etapa de vivero de plántulas de *Theobroma cacao*.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

Durante la fase de vivero, se implementó un sistema de riego tecnificado diseñado para mantener la uniformidad hídrica, optimizar la retención de humedad en el sustrato y asegurar el desarrollo morfológico adecuado de las plántulas de *Theobroma cacao*. Este sistema integró las etapas de captación, bombeo, conducción y distribución de agua por aspersión, bajo condiciones de presión controlada y cobertura uniforme.

El diseño hidráulico partió de una fuente de agua superficial con caudal constante de 15 m³/s, lo que garantizó una disponibilidad permanente para abastecer la demanda del vivero sin comprometer la continuidad del servicio. La captación se realizó mediante una manguera de succión reforzada, equipada con válvula de pie y colador, instalada en la ribera del río y asegurada con abrazaderas metálicas para evitar vibraciones, ingreso de aire o material sólido.

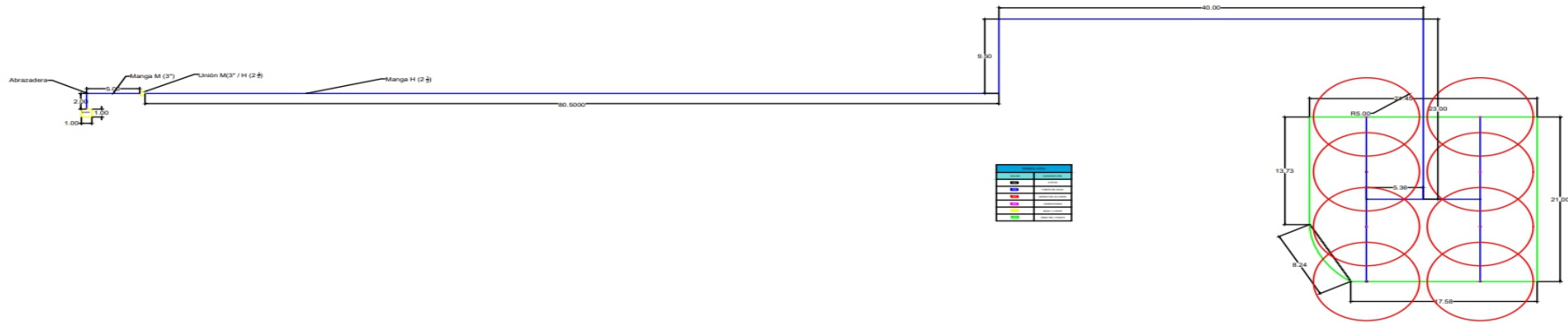
A continuación, se integró una bomba centrífuga superficial, montada sobre una base estructural rígida y elevada para evitar la afectación por humedad. La descarga de la bomba se complementó con una válvula de retención que impidió el reflujó del caudal y facilitó el cebado del equipo en cada arranque. Las conexiones entre componentes se sellaron con cinta de teflón de alta densidad y se enlazaron mediante acoples rápidos, lo que permitió desmontajes parciales sin comprometer el resto del sistema.

La línea principal de conducción consistió en una manguera de polietileno de ¾" de diámetro, enterrada a lo largo de 160 metros. Su trazado recto, con un número reducido de

uniones y cama de arena en tramos vulnerables, redujo significativamente la pérdida de carga por fricción y los riesgos de fisuras mecánicas. Antes del ingreso al área de vivero, se instaló una válvula de corte para aislar el sistema durante maniobras de mantenimiento o limpieza.

Dentro del vivero se dispuso un arreglo matricial de aspersores, calibrados para proporcionar cobertura homogénea sobre las mesas de cultivo. Esta distribución garantizó un mojado uniforme del sustrato y evitó zonas de sobresaturación o sequedad.

Figura 4. Croquis del sistema de riego del vivero







Leyenda:

1. Captación en río con manguera de succión reforzada y válvula de pie con colador
2. Bomba centrífuga superficial con válvula de retención
3. Conducción principal enterrada con uniones y abrazaderas
4. Válvula de corte antes de ingresar al vivero
5. Derivación en “L” dentro del vivero
6. Línea de distribución central
7. Matriz de aspersores 360° con solape de cobertura
8. Área de plantas en contenedores.

3.3 Plan de implementación

3.3.1 Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo

Tabla 7. *Secuencia de instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego del vivero plántulas de cacao (Theobroma cacao)*

Descripción	Funcionamiento	Imagen
Recepción e inventario de materiales	Se comprobó la disponibilidad y el estado de la bomba, mangueras, acoples, válvulas y accesorios, verificando medidas y conexiones para asegurar su compatibilidad en campo.	
Preparación de uniones y sello	El equipo armó las conexiones principales aplicando cinta de teflón en las roscas y ajustando abrazaderas en los empalmes. Se ensambló la línea que alimenta la red interna del vivero, dejando cada unión firme y estanca.	
Conexión al punto de distribución del vivero	Se realizó el acoplamiento de la manguera a la válvula de paso instalada en el vivero, asegurando que el sentido de flujo y el cierre funcionaran correctamente para maniobras de prueba y mantenimiento.	
Coordinación operativa y verificación previa	El equipo revisó la ruta de la conducción, las distancias a cubrir y el orden de apertura de válvulas. Se repasaron medidas de seguridad eléctrica y de manejo de la bomba.	

<p>Tendido y preparación de la red interna</p>	<p>Se instaló la manguera de ¾" en el vivero, se delimitaron ocho puntos de aspersión y se dejaron listas las salidas para los emisores, asegurando que el trazado no obstruya el tránsito ni las labores operativas.</p>	
<p>Excavación y anclajes ligeros</p>	<p>Se abrieron zanjas superficiales para proteger tramos expuestos y se colocaron estacas de guía. Esto redujo riesgos de daño mecánico y mantuvo el orden en la instalación.</p>	
<p>Conexión en la toma del río Suma</p>	<p>Se colocó la línea de succión de 2" con válvula de pie y colador, asegurándola firmemente en la ribera. Se verificó su posición vertical y la inmersión adecuada del colador para evitar ingreso de aire o sedimentos.</p>	
<p>Prueba hidráulica y calibración</p>	<p>Se cebó la succión, se encendió la bomba y se abrió gradualmente la válvula de descarga. Se inspeccionaron todas las uniones para descartar fugas y se comprobó la cobertura de los 8 aspersores (solape de círculos de mojado). Se calibró el tiempo de riego por evento en función del caudal.</p>	

Tabla 8. Plan de implementación del sistema de pregerminación para semilla de *Theobroma cacao*

Paso	Actividades clave	Imagen
1. Preparativos logísticos y administrativos	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar orden de trabajo y lista de insumos • Verificar bomba, red y filtro de malla 130 μm 	
2. Selección y acondicionamiento de semilla	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual y descarte de semillas dañadas • Prueba de flotación (3 min) • Etiquetado por lote y registro en inventario 	
3. Desinfección superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Inmersión 10 min en hipoclorito 2 % con agitación • Triple enjuague con agua potable • Escurrido sobre gasa estéril 	
4. Preparación de los sustratos	<p>Selección y perforación de fundas: Se utilizaron fundas plásticas de polietileno negro (20 cm de alto \times 15 cm de diámetro), perforadas en su base y laterales para asegurar un drenaje eficiente.</p> <p>Preparación del sustrato: Se mezclaron los componentes según el tratamiento asignado.</p> <p>El sustrato T1 consistió en tierra de cacao y cascarilla de arroz (1:1).</p> <p>T2 incluyó tierra de cacao, aserrín y cascarilla (1:1:1). Las mezclas se homogenizaron manualmente y se tamizaron para eliminar grumos y restos leñosos.</p>	

Paso	Actividades clave	Imagen
5. Trasplante a fundas	Las semillas se sembraron inmediatamente después de la desinfección, una por funda, a una profundidad aproximada de 2 cm, con la orientación adecuada del embrión para facilitar la emergencia.	
6. Cobertura temporal	Las unidades fueron cubiertas con hojas de bijao durante siete días para conservar la humedad y proteger del exceso de luz solar.	
7. Riego programado	Se estableció una frecuencia diaria de riego por aspersión, durante las horas de la mañana, aprovechando la disponibilidad hídrica del sistema de captación instalado. Esta práctica mantuvo la humedad del sustrato en niveles óptimos, sin provocar sobresaturación	
8. Evaluación morfológica	Semanalmente se registraron variables como altura de plántula, diámetro del cuello del tallo y número de hojas, utilizando instrumentos calibrados.	

3.4 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de diferentes tratamientos de sustratos y estrategias de riego en la propagación de semillas de *Theobroma cacao* en etapa de vivero. El análisis de los datos permitió determinar cómo estas variables influyeron en la germinación, el desarrollo morfológico y la supervivencia de las plántulas, con el fin de identificar las combinaciones más eficientes para el establecimiento inicial del cultivo.

3.4.1 Porcentaje de germinación de la semilla de cacao *Theobroma cacao*

En la evaluación del porcentaje de germinación de semillas de *Theobroma cacao*, se observaron diferencias claras entre los tratamientos T1 y T2. A los 7 días después de la siembra

(DDS), el tratamiento T1 alcanzó un 33 % de germinación, mientras que T2 registró un valor ligeramente inferior, con 30 %. A los 14 DDS, el porcentaje de germinación acumulado fue de 57 % en T1 y 48 % en T2. Finalmente, el porcentaje total acumulado fue significativamente superior en T1, con un 90 %, frente al 78 % obtenido en T2 (Tabla 9).

Tabla 9. *Porcentaje de germinación acumulado por tratamiento y fecha de evaluación en semilla de Theobroma cacao*

Tratamiento	7 días	14 días	Porcentaje acumulado (%)
T1	33 %	57 %	90 %
T2	30 %	48 %	78 %

El análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos T1 y T2 en cuanto al porcentaje de germinación acumulado de semillas de *Theobroma cacao*. El tratamiento T1 presentó una media de germinación del 90 %, mientras que T2 alcanzó únicamente el 78 %, con una diferencia absoluta de 12 puntos porcentuales (Tabla 10).

Tabla 10. *Porcentaje de germinación acumulado por tratamiento en semilla de Theobroma cacao*

	T1	T2
Media	90 %	78%
Varianza	0,89	0,45
Media (1)-Media (2)	12 %	
pHomVar	0,4373	
T	13,06	
p-valor	<0,0001	

Nota. Δ = diferencia de media, pHomVar: prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

El tratamiento T2, que incorporó además aserrín en la mezcla (tierra de cacao + aserrín + cascarilla de arroz), mostró una germinación más lenta y un porcentaje acumulado menor (78 %). Esto podría atribuirse a un exceso de retención hídrica o a una alteración de la relación aire-agua en el sustrato, lo cual puede generar condiciones de hipoxia radicular o favorecer la proliferación de microorganismos antagonistas al proceso germinativo (Cortés-Patiño et al., 2015). Además, la lenta descomposición del aserrín podría inmovilizar nitrógeno, afectando los procesos metabólicos iniciales de la semilla (Defaz-Quilumba, 2016).

3.4.2 Altura de la planta (cm) a los 30 días después de la emergencia

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en la altura promedio de las plántulas de *Theobroma cacao* a los 30 días entre los tratamientos T1 y T2. El tratamiento T1, que utilizó una mezcla de tierra de cacao y cascarilla de arroz, presentó una altura media de 21,2 cm, mientras que el tratamiento T2, con mezcla de tierra, aserrín y cascarilla, alcanzó solo 19,8 cm. La diferencia absoluta entre ambos tratamientos fue de 1,4 cm (Tabla 11).

Tabla 11. *Altura de la planta (cm) a los 30 días después de la emergencia en Theobroma cacao*

	T1	T2
Media	21,2 (cm)	19,80 (cm)
Varianza	0,88	1,40
Media (1)-Media (2)	1,40	
pHomVar	0,9048	
T	12,14	
p-valor	<0,0001	

Nota. Valores en centímetros (cm), Δ = diferencia de media, pHomVar: prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

La altura de la plántula es un indicador clave del vigor inicial en vivero, ya que se correlaciona positivamente con la capacidad fotosintética y el éxito del trasplante en campo. Por lo tanto, estos resultados refuerzan la recomendación dada por Angulo-Villacorta et al., (2021), de emplear sustratos con buena aireación y textura media para optimizar el desarrollo morfofisiológico del cacao durante sus primeras semanas.

3.4.3 Número de hojas a los 30 días después de la emergencia

Transcurridos 30 días desde la emergencia, el número medio de hojas por plántula fue levemente superior en el tratamiento T1, con 10,01 unidades, frente a las 9,89 registradas en T2. No obstante, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,06091$). Cabe destacar que T1 presentó una menor variabilidad en los datos, lo cual sugiere una mayor homogeneidad en la respuesta foliar de las plántulas bajo este tratamiento (véase Tabla 12).

Tabla 12. *Número de hojas a los 30 días después de la emergencia en cacao*

	T1	T2
Media	10,01	9,89
Varianza	0,34	1,04
Media (1)-Media (2)	0,12	
pHomVar	0,048	
T	19,61	

Nota. Δ = diferencia de media, pHomVar: prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

Estos resultados concuerdan parcialmente con los hallazgos de Angulo-Villacorta et al. (2021), quienes reportaron un mayor número de hojas en plántulas de cacao bajo condiciones de vivero, alcanzando hasta 12 hojas en los tratamientos con mejor desempeño a los 30 días. Esta diferencia puede atribuirse al tipo de semilla utilizada (criollo pre germinado), condiciones ambientales particulares de Alto Amazonas, y el volumen de sustrato empleado (1,5 kg), lo cual pudo favorecer una mayor tasa de expansión foliar durante las primeras semanas.

3.4.4 Diámetro del tallo (mm) a los 30 días después de la emergencia

A los 30 días posteriores a la emergencia, se observó una diferencia estadísticamente significativa en el diámetro del tallo entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 registró un valor promedio de 4,27 mm, superando a T2, que alcanzó 4,06 mm, con una diferencia absoluta de 0,21 mm ($p < 0,0001$). Además, T1 mostró una mayor dispersión en los datos, con una varianza de 0,22 frente a 0,11 en T2, lo que indica una mayor heterogeneidad en la respuesta de las plántulas bajo esta mezcla de sustrato (ver Tabla 13).

Tabla 13. *Diámetro del tallo (mm) a los 30 días por en semilla de la emergencia en cacao.*

	T1	T2
Media	4,27	4,06
Varianza	0,22	0,11
Media (1)-Media (2)	0,21	
pHomVar	0,0101	
T	5,43	
p-valor	<0,0001	

Nota. Valores en milímetros (mm), Δ = diferencia de media, pHomVar: prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

El mayor diámetro registrado en T1 indica un mejor desarrollo estructural inicial de las plántulas, lo que podría favorecer su estabilidad y capacidad de conducción de savia. Estos resultados son coherentes con lo reportado por Angulo-Villacorta et al. (2021), quienes encontraron diámetros cercanos a 5,2 mm a los 30 días en sustratos de mayor calidad y volumen (1,5 kg), lo que sugiere que las condiciones físicas y la aireación del sustrato inciden directamente en el engrosamiento del tallo.

3.4.5 Supervivencia e incidencia de damping-off a los 30 días

Durante los 30 días posteriores a la emergencia, las plántulas permanecieron en fundas individuales dentro del vivero, bajo condiciones controladas. La supervivencia fue del 100 % en ambos tratamientos, sin registrarse síntomas de colapso, necrosis en el cuello del tallo ni marchitez, típicos del *damping-off*. Esto indica una adecuada respuesta fisiológica de las plántulas al manejo del sustrato, la humedad y las prácticas sanitarias aplicadas. La incidencia de *damping-off* fue nula (0 %) en todas las unidades experimentales, lo que evidencia la efectividad de la desinfección de semillas, la aireación del sustrato y la regulación del riego en la prevención de esta enfermedad.

Los resultados obtenidos revelaron una supervivencia del 100 % y ausencia total de *damping-off* en plántulas de cacao durante los primeros 30 días en vivero. Este comportamiento coincide con lo reportado por Espinoza et al. (2020), quienes observaron nula incidencia de enfermedades fúngicas en *Theobroma cacao* cuando se aplicaron medidas preventivas como la desinfección de semillas, el uso de sustratos aireados y el control del riego. Según estos autores, la regulación hídrica y la sanidad inicial del material vegetal son determinantes para evitar infecciones por patógenos del suelo como *Rhizoctonia solani* o *Phytophthora spp.*, especialmente en ambientes de alta humedad relativa

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El sustrato compuesto por tierra de cacao y cascarilla de arroz (T1) promovió un mayor porcentaje de germinación (90 %) en semillas de *Theobroma cacao* en comparación con el sustrato que incluía aserrín (T2), que alcanzó un 78 %. Esta diferencia estadísticamente significativa confirma que la calidad física del sustrato influye directamente en la emergencia de plántulas, siendo T1 una alternativa más eficiente y apropiada para condiciones agroecológicas locales.
- Ambos tratamientos mostraron 100 % de supervivencia y ausencia total de damping-off durante los primeros 30 días, evidenciando la efectividad de prácticas agroecológicas como la desinfección de semillas, el manejo adecuado del riego y el uso de sustratos con buena aireación, sin necesidad de fungicidas sintéticos.
- En cuanto al crecimiento temprano, las plántulas establecidas en el sustrato T1 alcanzaron mayores valores en altura (21,2 cm) y diámetro del tallo (4,27 mm), con diferencias estadísticamente significativas frente al T2. Aunque el número de hojas no presentó diferencias significativas, T1 mostró mayor uniformidad, lo cual es deseable para el manejo en vivero.

RECOMENDACIONES

- Emplear sustratos con alta porosidad y buena retención hídrica, como la mezcla de tierra de cacao con cascarilla de arroz, para favorecer la germinación y el desarrollo inicial de plántulas de especies arbóreas.
- Aplicar estrategias agroecológicas preventivas, priorizando la desinfección de semillas mediante soluciones naturales o diluidas, junto con una gestión hídrica equilibrada, lo cual permite reducir la incidencia de enfermedades como el “damping-off” sin depender de fungicidas sintéticos.
- Fomentar el uso de residuos agroindustriales orgánicos en la formulación de sustratos, evaluando su proporción y combinación, con el fin de mejorar las propiedades físicas del sustrato, reducir costos de producción y fortalecer la resiliencia de los sistemas viveristas en zonas cacaoteras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, 7, 59-83.
- Abad, M., Noguera, P., & Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresource technology*, 77(2), 197-200.
- Abshahi, M., García-Morote, F. A., Zarei, H., Zahedi, B., & Nejad, A. R. (2023). Coconut Juice Enhances Rooting and Leaf Essential Oils of *Juniperus sabina* L. Cuttings. *Forests*, 15(1), 67.
- Aguirre, N., Günter, S., & Stimm, B. (2008). Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador. *Revista Científica Universitaria*, 8(1), 57-66.
- Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), 541-546.
- Altieri, M. (1999). Bases científicas para una agricultura sustentable. *Montevideo: Nordan Comunidad*.
- Angulo-Villacorta, C. D., Mathios Flores, M. A., Racchumi García, A., Bardales Lozano, R. M., & Ayala Montejo, D. (2021). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) en vivero, usando diferentes volúmenes de sustrato. *Manglar*.
- Anzules-Toala, V., Pazmiño -Bonilla, E., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2022). Control of cacao (*Theobroma cacao*) diseases in Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 1-12.
- Barbaro, L. A., & Karlanián, M. A. (2020). Efecto de las propiedades físicas del sustrato sobre el desarrollo de plantines florales en maceta. *Ciencia del suelo*, 38(1), 01-11.
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P., & Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(2), 126-136.
- Bunt, B. R. (2012). *Media and Mixes for Container-Grown Plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants*. Springer Science & Business Media.
- Castañeda, J. H. V., Sabaleta, E. L., Hernández, M. K. B., Meza, S. N. V., & Sánchez, L. M. Q.

- (2018). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77-85.
- Céspedes, H. P., Arroyo, H. H. M., Torres, J. J. T., Urrutia, E. C., Moreno, J. C. C., Ampudia, Y. M., & Guardia, M. M. (2016). Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres. *RIAA*, 7(2), 87-97.
- Cortés-Patiño, S. L., Vesga-Ayala, N. P., Sigarroa-Rieche, A. K., Moreno-Rozo, L., & Cárdenas-Caro, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3), 151-158.
- Cox, D. A. (2018). Hartmann and Kester's plant propagation principles and practices. *HortScience*, 53(5), 741-741.
- 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.
- Defaz-Quilumba, C. L. (2016). *Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (Theobroma cacao)*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1908>
- Durán, L., & Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41-51.
- García, O., Alcántar, G., Cabrera, R., Gavi, F., & Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra latinoamericana*, 19(3), 249-258.
- García-Reyes, G. M. (2018). *Efecto de fertilización en drench de plántulas de Theobroma cacao L. grupo criollo, en vivero, Río Negro—Satipo* [Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4878>
- Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M. A., & Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*, 52(4), 639-652.
- 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=tu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS oASAFQAw%3D%3D
- Gruda, N. S. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*, 9(6), 298.

- Hurtado, M. J. R., & Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*, 5(2), 83-100.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Juarez-Lopez, P., Bugarin Montoya, R., Castro Brindis, R., Sanchez Monteon, A. L., Cruz Crespo, E., Juarez Rosete, C. R., Alejo Santiago, G., & Balois Morales, R. (2011). Estructuras Utilizadas En La Agricultura Protegida. *Revista Fuente*, 1(2), 4-10.
- López-Núñez, R., Álvarez, J. M., Sancho, F., Ruiz, F., Cadenas, M., Orteja, J., & Madejón, E. (2003). *Procesos de co-compostaje y aplicación de sus productos en cultivos de vivero y forestales en Andalucía*. <https://digital.csic.es/handle/10261/101634>
- Martínez, P. F., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo*. 1(12), 14-22.
- Medina -Arroyo, H. H., Torres-Torres, J. J., Palacios Palacios, C. A., Ruiz-Blandón, B. A., Martínez Guardia, M., & Rengifo Murillo, L. (2020). Germination and growth of the tree *Handroanthus chrysanthus* (Bignoniaceae) under nursery conditions. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(2), 409-418.
- Morales-Maldonado, E. R., & Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 365-372.
- Quintero, M. F., Guzmán, J. M., & Valenzuela, J. L. (2012). Evaluación de sustratos alternativos para el cultivo de miniclavel (*Dianthus caryophyllus* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 76-87.
- Rojas, L. (2020). *Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (Oriza sativa) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/33698>
- Roldán, G. Q., & Soto, C. M. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía mesoamericana*, 16(2), 171-183.
- Romero, F., Guaman, V. H. E., Yaguana, M., & Zaruma, D. G. (2023). Propagación sexual de *Tectona grandis* L., probando diferentes métodos de escarificación y sustratos. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 34-42.
- Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61.
- Sañudo-Torres, R. R., Vázquez-Peñate, P., Armenta-López, C., Rivero, H. S. A., Beltrán, C. C., Ibarra-Ceceña, M. G., & Félix-Herrán, J. A. (2009). Tratamientos pregerminativos

- en semillas de Palo fierro (*Olneya tesota* A. Gray) y propagación en sustrato de composta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). *Ra Ximhai*, 5(3), 329-333.
- Sax, M. S., & Scharenbroch, B. C. (2017). Assessing alternative organic amendments as horticultural substrates for growing trees in containers. *Journal of Environmental Horticulture*, 35(2), 66-78.
- Sifton, M. A., Smith, S. M., & Thomas, S. C. (2023). Biochar-biofertilizer combinations enhance growth and nutrient uptake in silver maple grown in an urban soil. *PLoS One*, 18(7), e0288291.
- Soto-Bravo, F., & Betancourt-Flores, A. (2022). Evaluación de metodologías para determinar las características físicas de un sustrato de fibra de coco. *Agronomía Costarricense*, 46(2), 29-42.
- Torres, J. J. T., Arroyo, H. H. M., Cespedes, H. P., Urrutia, E. C., & Guardia, M. M. (2017). Propagación en vivero de la especie forestal *Dipteryx oleifera* Benth mediante semillas. *Revista Politécnica*, 13(24), 19-26.
- Torres, O. G. V., Patiño, M. L. D., Pérez, M. A., Rodríguez, M. A., Nava, H. S., Rangel, M. G. M., Cortés, M. A., Carpintero, C. C., & Salazar, M. del C. M. (2017). *Sustrato como material de última generación* (Primera, Vol. 1). OmniaScience.
- Trejo-Téllez, L. I., Ramírez-Martínez, M., Gómez-Merino, F. C., García-Albarado, J. C., Baca-Castillo, G. A., & Tejeda-Sartorius, O. (2013). Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE5), 863-876.
- Valenzuela, O. R., Gallardo, C. S., Carponi, M. S., Aranguren, M. E., Tabares, H. R., & Barrera, M. C. (2014). PID 2117 Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento*, 4(4), 1-19.
- Velasco-Hernández, E., Miranda-Velázquez, I., Nieto-Ángel, R., & Villegas-Rodríguez, H. (2004). Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. *Revista Chapingo serie horticultura*, 10(2), 239-246.
- Zarate, F. H. F., Castillo, A. E. H., Vega, L. M. B., Huatangari, L. Q., & Santillán, T. S. (2022). Efecto del sustrato en la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L.(Rubiaceae). *Ecosistemas*, 31(1), 2314-2314.
- Zulfqar, F., Allaire, S. E., Akram, N. A., Méndez, A., Younis, A., Peerzada, A. M., Shaukat, N., & Wright, S. R. (2019). Challenges in organic component selection and biochar as an opportunity in potting substrates: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(11-12), 1386-1401.

ANEXOS

Anexo 1. *Preparación de los sustratos*



Anexo 2. *Instalación del sistema de riego en el vivero*



Anexo 3. *Germinación de la semilla de cacao*



Anexo 4. *Altura de la planta de cacao*



Anexo 5. *Certificado de similitud*



Jesus Holguin 2

4%
Textos sospechosos

- 67% Similitudes (ignorado)
 - 0% similitudes entre conillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos
- 21% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Jesus Holguin 2.pdf
ID del documento: 9bbf7c3f2ee02ae8f5a8c59590e3ec7f423029d
Tamaño del documento original: 401,97 kB

Depositante: FRANCEL LOPEZ MEJIA
Fecha de depósito: 7/8/2025
Tipo de cargo: interface
fecha de fin de análisis: 7/8/2025

Número de palabras: 8639
Número de caracteres: 58.822

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones
1	<p>Jesus Holguin .pdf Jesus Holguin <small>916726</small></p> <p>📁 Viene de de mi biblioteca</p> <p>2 fuentes similares</p>
2	<p>Final- Monica Moreira.pdf Final- Monica Moreira <small>666268</small></p> <p>📁 Viene de de mi biblioteca</p> <p>2 fuentes similares</p>

Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
67%		📁 Palabras idénticas: 6738 (5783 palabras)
6%		📁 Palabras idénticas: 6% (501 palabras)