



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

**Evaluación del comportamiento inicial de dos especies forestales
bajo tres tipos sustratos en condiciones de vivero en La comunidad El
Morcillo, Limay 2025**

Moncada, A; Carrasco, E; Rodríguez, M.

Tutor(a)

PhD: Luis Heberto Olivas Lira

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Evaluación del comportamiento inicial de dos especies
forestales bajo tres tipos sustratos en condiciones de
vivero en La comunidad El Morcillo, Limay 2025**

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingenieros Agrónomos

Autores

Arnold Jasiel Moncada Roda

Enmanuel Antonio Carrasco Valdivia

Mayling Judith Rodríguez Valdivia

Tutor

PhD: Luis Heberto Olivas Lira

Diciembre, 2025



Dedicatoria

A nuestro creador por proporcionarnos la fortaleza y claridad por mantenernos firmes cuando más lo necesitábamos y por las bendiciones que hicieron posible el cumplimiento de cada etapa de este camino.

A nuestros padres, cuya motivación, dedicación y esfuerzos silenciosos, la energía que nos impulsó a continuar luchando, este logro también les pertenece, gracias confiar en nosotros y por marcar nuestras vidas con su ejemplo. Lo que hoy somos se lo debemos a ustedes. A nosotros mismos por mantener la perseverancia, no rendirnos y alcanzar nuestra meta propuesta.

Arnold Jaasiel Moncada Roda

Enmanuel Antonio Carrasco Valdivia

Mayling Judith Rodríguez Valdivia

Agradecimiento

Arnold: Agradezco principalmente a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas para lograr mis metas, a mi pareja e hija que me motivaron para seguir adelante, mis padres por su amor incondicional y paciencia, por motivarme en los momentos difíciles este logro también es suyo a mis hermanos por el apoyo material y económico que me permitió concentrarme en mis estudios y a nuestro tutor, Luis Heberto Olivas Lira.

Enmanuel: Quiero expresar en primer lugar, mi gratitud al altísimo por regalarme la vida, la constancia, sabiduría y la claridad necesaria, para avanzar y lograr la meta, a mi madre en especial Johana del Socorro Valdivia Espinoza, cuyo Amor, entrega y apoyo incondicional hicieron posible que este sueño se volviera realidad. sacrificio, mi abuelo Santos Hilario Lanuza Valdivia por cada consejo que me orientó y me impulso en los momentos de mayor decisión, a mis tíos, quienes con su esfuerzo, ejemplo y afecto han dejado una huella profunda en mi formación y en el camino que hoy concluyo.

Mayling: Agradezco este logro en primer lugar a Dios por iluminar mi camino en cada momento de duda y renovar mis fuerzas cuando más lo necesite a mis padres Marvin Rodríguez, Mildred Valdivia por su amor incondicional sacrificio y esfuerzo de perseverancia, este logro también es suyo ; a mi hija e esposo quienes se han convertido en mi motivación fuente de aprendizaje amor paciencia ellos han sido mi razón para no rendirme, mis hermanos y familiares por su apoyo cariño y palabras de ánimo que me impulsaron a continuar con esperanza y admiración . mis maestros por su dedicación vocación y guía en este proceso de aprendizaje en especial al ingeniero Luis Olivas y Eliezer Alfaro por su paciencia y acompañamiento constante.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, [día] de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: “Evaluación del comportamiento inicial de dos especies forestales bajo tres tipos sustratos en condiciones de vivero en La comunidad El Morcillo, Limay 2025”, elaborado por los estudiantes:

Arnold Jaasiel Moncada Rodas,	21500038
Enmanuel Antonio Carrasco Valdivia,	21505967
Mayling Yudith Rodríguez Valdivia,	21508585

Estudiante(s) de la carrera de **Ingeniería agronómica**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Luis Heberto Olivas Lira

Orcid: 0009-0008-6042-2308

UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

El establecimiento exitoso de plántulas forestales en vivero está condicionado por la calidad de las semillas y la composición del sustrato, factores decisivos en las etapas iniciales de desarrollo. Con el propósito de contribuir con información útil para la producción de plantas en la comunidad El Morcillo, San Juan de Limay, se evaluó el comportamiento inicial de dos especies forestales Mandagual (*Caesalpinia velutina*) y Cedro Real (*Cedrela odorata*) con el uso de tres sustratos orgánicos y un testigo. El objetivo general fue analizar el efecto de estos sustratos sobre la germinación y el desarrollo temprano de ambas especies. Se estableció un DCA, con una población de 200 plántulas (100 por especie) distribuidas en cuatro tratamientos y dos repeticiones, con una muestra de 80: Bocashi, Lombríhumus, Estercolera y Testigo. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, altura, diámetro del tallo, longitud de raíz y biomasa fresca y seca. Los datos fueron sometidos a análisis estadístico; para determinar diferencias entre tratamientos. Los hallazgos mostraron que ambas especies obtuvieron porcentajes aceptables de emergencia, aunque con variabilidad entre sustratos. Bocashi tuvo superior efecto en altura y longitud radicular, mientras que el Lombríhumus mostró mejor respuesta en el diámetro del tallo. En contraste, varias variables de biomasa no presentaron diferencias significativas, debido a la variabilidad de la germinación. Se concluye que el Bocashi fue el sustrato con mejores efectos para promover el crecimiento inicial, seguido del Lombríhumus en parámetros específicos. Estos resultados dan información valiosa, para mejorar la producción de plantas en viveros.

Palabras clave: Sustratos; Vivero forestal; Crecimiento inicial; Bocashi; Lombríhumus; Germinación.

Abstract

The successful establishment of forest seedlings in nurseries depends on seed quality and substrate composition, which are decisive factors in the early stages of development. With the aim of contributing useful information for plant production in the community of El Morcillo, San Juan de Limay, the initial behavior of two forest species, Mandagual (*Caesalpinia velutina*) and Cedro Real (*Cedrela odorata*), was evaluated using three organic substrates and a control. The overall objective was to analyze the effect of these substrates on the germination and early development of both species. A DCA was established with a population of 200 seedlings (100 per species) distributed in four treatments and two replicates, with a sample of 80: Bocashi, Lombrichumus, Manure, and Control. The variables evaluated were germination percentage, height, stem diameter, root length, and fresh and dry biomass. The data were subjected to statistical analysis to determine differences between treatments. The findings showed that both species obtained acceptable emergence percentages, although with variability between substrates. Bocashi had a superior effect on height and root length, while Lombrichumus showed a better response in stem diameter. In contrast, several biomass variables did not show significant differences due to the variability of germination. It was concluded that Bocashi was the substrate with the best effects for promoting initial growth, followed by Lombrichumus in specific parameters. These results provide valuable information for improving plant production in nurseries.

Keywords: Substrates; Forest nursery; Initial growth; Bocashi; Lombrichumus; germination.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	2
3. Planteamiento del problema	6
4. Justificación.....	7
5. Objetivos de investigación.....	8
6. Limitaciones del estudio.....	9
7. Hipótesis.....	10
8. Operacionalización de Variables	11
9. Marco Teórico.....	14
9.1. Conceptos básicos	14
9.2. Factores que influyen en la germinación.....	15
9.3. Factores ambientales.....	16
9.4. Importancia de los viveros forestales	17
9.5. Criterios para el establecimiento de un vivero	18
9.6. Sistemas de producción de plantas	18
9.6.1. Sistemas de producción en bolsas plásticas.....	18
9.7. Sustrato.....	20
9.8. Características del sustrato	21
9.10. Abonos orgánicos	22
10. Diseño metodológico.....	28
10.1. Tipo de investigación.....	28
10.1.1. Área de estudio	28
10.2. Población y selección de la muestra.....	30
10.3. Descripción del Diseño Experimental	30

10.3.1. Descripción de los tratamientos.....	31
10.3.2. Descripción de la variedad	32
10.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	34
10.5. Confiabilidad y validez de los instrumentos	34
10.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	35
11. Análisis y discusión de resultados	37
12. Conclusiones.....	48
13. Recomendaciones	49
14. Referencias	50
15. Anexos	54
15.1. Anexo A. Tablas sobre las variables que se midieron	54
15.2. Anexo B. Hoja de campo.....	59

Índice de tablas

Tabla 1. Porcentaje de germinación por especie y tratamiento	37
Tabla 2. Altura de la planta en centímetros	54
Tabla 3. Diámetro del tallo en milímetros	54
Tabla 4. Peso fresco de la raíz en gramos	55
Tabla 5. Peso seco de la raíz en gramos	55
Tabla 6. Peso fresco del tallo en gramos	56
Tabla 7. Peso seco del tallo en gramos	56
Tabla 8. Peso fresco de la hoja en gramos	57
Tabla 9. Peso seco de la hoja en gramos	57
Tabla 10. Longitud de la raíz en centímetros	58

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Altura de la planta en centímetros	38
Gráfico 2. Diámetro del tallo en milímetros	39
Gráfica 3. Peso fresco en gramos de la raíz	40
Gráfico 4. Peso seco de la raíz en gramos	41
Gráfico 5. Peso fresco del tallo en gramos	42
Gráfico 6. Peso seco del tallo en gramos	43
Gráfico 7. Peso fresco de la hoja en gramos	44
Gráfico 8. Peso seco de la hoja en gramos	45
Gráfico 9. Longitud de la raíz en centímetros	46

1. Introducción

Para que los programas de reforestación y restauración ecológica tengan éxito, es necesario mejorar la producción de plantas forestales en viveros. En este sentido, el rendimiento y la formación de las plántulas dependen en gran medida de la calidad del sustrato empleado y de cómo reaccionan las especies en sus primeros períodos de desarrollo (FAO, 2011). La elección de los materiales orgánicos correctos y la comprensión del comportamiento inicial de las especies forestales autóctonas o de interés ecológico, pueden incrementar los índices de supervivencia, crecimiento y adaptación a la zona donde se establecerán de forma definitiva.

Nicaragua cuenta con un potencial forestal por encima del 60% a nivel nacional, especialmente en áreas con vocación forestal como el municipio de San Juan de Limay, el desarrollo de la reforestación comunitaria se ha vuelto esencial como estrategia para la recuperación del área boscosa, ambiental, la mitigación del cambio climático y la generación de recursos sostenibles. Sin embargo, se requiere vencer los desafíos que persisten, como es la producción eficiente de plántulas sanas, vigorosas y adaptadas a las condiciones locales, lo que requiere ejecutar ensayos comparativos en condiciones controladas de vivero, que incluya la evaluación de diferentes sustratos y el análisis de la respuesta fisiológica y morfológica de las especies en estudio.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento inicial de dos especies forestales utilizando tres tipos de sustratos orgánicos y un testigo en condiciones de vivero en la comunidad El Morcillo, San Juan de Limay.

El presente estudio consta de cuatro capítulos: El Capítulo I incluye la introducción, la formulación del problema, la fundamentación y las metas del estudio. El Capítulo II desarrolla la base teórica, abarcando antecedentes y conceptos relevantes al tema. El Capítulo III presenta el diseño metodológico, detallando el enfoque, tipo y técnicas de recolección de datos utilizadas. Finalmente, el Capítulo IV incluye los resultados logrados y su análisis estadístico, el capítulo V se presentan las conclusiones y sugerencias para optimizar las prácticas y eficacia de los sustratos.

2. Antecedentes

En Ecuador un estudio efectuado por (Lopez C. , 2023) , titulado:” Evaluación del efecto de tres sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de cacao (*Teobroma cacao* L.) Milagro-Guayas “Siendo su objetivo general evaluar el efecto de tres sustratos orgánicos en el crecimiento de plantines de cacao, se aplicó un diseño completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y seis repeticiones, utilizando un total de 24 unidades experimentales, cada una compuesta por 16 plántulas. Los parámetros analizados incluyeron altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y un análisis parcial de costo-beneficio. La población estuvo conformada por plantines de cacao en etapa de vivero, y la muestra total fue de 384 plantines. Los sustratos evaluados fueron tierra negra, humus de lombriz, bocashi y un testigo a base de turba, aplicados en diferentes concentraciones. Los resultados demostraron que el uso combinado de sustratos orgánicos promovió un mayor crecimiento en las variables agronómicas estudiadas en comparación con el testigo comercial. Se concluyó que el empleo de mezclas orgánicas mejora significativamente el desarrollo de los plantines de cacao y puede representar una alternativa viable desde el punto de vista técnico y económico.

Tal como señala (Ricardo, 2018). La mezcla de compost obtenido del tratamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos con poliestireno reciclado y tepetate puede sustituir los sustratos tradicionales usados en el cultivo de rosas y tomate sin necesidad de fertilización adicional, lo que demuestra que aprovechar subproductos de los residuos para elaborar sustratos contribuye a disminuir el impacto ambiental del confinamiento de desechos, reduce la presión sobre los recursos naturales empleados en la agricultura urbana y protegida, y ofrece ventajas económicas y ambientales al evitar costos y efectos contaminantes asociados al uso de fertilizantes, de modo que los resultados alcanzados fortalecen la gestión integral de residuos.

Para trabajos posteriores, se sugiere monitorear la posible variación en la salinidad de los sustratos propuestos, porque, aunque estos mostraron resultados satisfactorios, tienen concentraciones de iones que superan los niveles óptimos. También es conveniente examinar la reacción de estos sustratos biofísicos al ser enriquecidos con fuentes minerales de nutrientes, para poder adecuar sus niveles a los parámetros apropiados. Además, se

recomienda analizar la pérdida de nutrientes durante los diversos ciclos fenológicos para poder dar consejos específicos sobre su enriquecimiento nutricional.

Como lo expone (Lopez C. , 2023) Para los tipos de sustratos utilizados en el vivero regional de Tocache utilizan 8 tipos la turba, fibra de coco, perlita, vermiculita, compost, arena, corteza de árboles, lombricomposta, para camas almacigueras se utiliza la proporción 1:3 y bolsas de repique 2:1:1/3, estos ofrecen muchos beneficios que ayudan a promover el crecimiento saludable de las plantas, destacando que la turba retiene agua, nutrientes y tiene capacidad de intercambio catiónico, la fibra de coco retiene agua proporciona una adecuada aireación y la perlita ofrece excelente aireación y drenaje. De igual manera, se cultivan especies ornamentales, forestales y con propiedades medicinales.

En el vivero regional de Tocache se emplean sustratos que brindan mucha variedad de ventajas que fomentan el desarrollo sano de las plantas. Desde el punto de vista; la dependencia se reduce si se utilizan prácticas sostenibles y sustratos renovables, fomentando la conservación de los recursos no renovables y del medioambiente. Estos sustratos; además, mejoran la estructura del suelo y contribuyen a propiciar condiciones favorables para el desarrollo de las plantas; incrementando la actividad macro y microbiológica del suelo. Dicho de otra manera, los sustratos que se utilizan en el vivero de Tocache son esenciales para el crecimiento de las plantas y para que se mantengan sanas, pues les proporciona una cantidad importante de ventajas en diversos ámbitos de la agricultura.

De manera similar en una investigación realizada en Ecuador por (Chevez Ruiz , 2021) titulado “Efectos de tres tipos de sustratos en el crecimiento inicial y calidad de *Schizolobium parahybum* (vell.) s.f. Blake (pachaco) a nivel de vivero 2021”. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos sustratos en el crecimiento inicial de *Schizolobium parahybum* (pachaco) en vivero; para ello, se aplicaron tratamientos pregerminativos de remojo en agua por 24 horas y escarificación mecánica. La metodología consistió en sembrar semillas en 12 gavetas de 40 tubetes bajo cuatro tratamientos de sustratos: arena + tierra negra (25–75%), cascarilla de arroz + tierra negra (25–75%), abono Prodeuteq + tierra negra (25–75%) y un testigo de tierra negra pura. La población y muestra estuvo conformada por las semillas sembradas en los tubetes, evaluadas semanalmente durante ocho semanas en el vivero de la finca Experimental La Represa. El diseño fue experimental con comparación de tratamientos.

Entre los principales resultados, se observó germinación temprana desde el cuarto día en la mayoría de los sustratos y diferencias en el desarrollo de plántulas, registrándose los valores de peso húmedo y seco en laboratorio. La principal conclusión fue que el mejor sustrato para germinación y crecimiento inicial fue la mezcla de abono Prodeuteq con tierra negra.

(Centeno, 1993) Los agentes que afectan las plantaciones fueron reportados desde el punto de vista de los propietarios de las plantaciones y los técnicos de los diferentes organismos, por lo tanto, no tienen en su mayoría ninguna fundamentación científica

El principal agente que afecta las plantaciones forestales, señalado por los informantes en las 19,268.4 has evaluadas, en los incendios forestales con el 96% (18,490.2 has) de las plantaciones afectadas. En menores porcentajes se mencionaron daños humanos (2.2%), por ganado (0.71%), y en menor porcentaje sequilla, plaga y falta de manejo.

Al igual que los resultados actuales de las plantaciones, los registros de los agentes que afectan a la misma no incluyen al total de las plantaciones existentes y por lo tanto puede considerarse como buenas estimaciones.

Es importante señalar que durante las visitas realizadas a las plantaciones se observó que la gran mayoría carece de manejo forestal. Esta falta de manejo, aunque no fue muy mencionada por los informantes constituye una causa fundamental que podría incidir en el desarrollo exitoso de las plantaciones, más aún cuando un 68% de las plantaciones establecidas son con fines maderables, en las que se espera tener los mejores volúmenes. Por lo anterior, los programas y proyectos de reforestación deben ir acompañados de medidas y acciones que garanticen la protección de las plantaciones contra los incendios forestales y elevar el nivel de conciencia de la población.

Uno de los aspectos importantes a considerar es que esta evaluación incluye las plantaciones establecidas por el proyecto forestal del noroeste en los cuales se mencionan los incendios forestales como el principal agente que ha afectado durante las últimas dos décadas las plantaciones establecidas, hasta el grado de causar pérdidas de superficie plantadas considerables.

En los últimos 60 años, la agroforestería ha progresado debido a los avances tecnológicos en el uso del petróleo. El ser humano se ha dedicado a reproducir plantas agrícolas en viveros,

empleando todos los métodos que hoy conocemos. Esto lo hizo como una opción ante la producción de granos y frutas requeridos para alimentar a una población que crece rápidamente y que estaba en un momento de gran escasez alimentaria.

3. Planteamiento del problema

La reforestación con especies nativas constituye una estrategia clave para la conservación ambiental y la recuperación de ecosistemas en zonas rurales. No obstante, en comunidades como El Morcillo, San Juan de Limay, uno de los obstáculos más significativos es la limitada producción de plántulas de calidad en viveros locales. Esta situación responde, en buena medida, al empleo de sustratos no adecuados y a la ausencia de estudios técnicos que orienten la selección eficiente de materiales y especies según las condiciones específicas del entorno.

En este contexto, la etapa inicial de desarrollo de las plantas donde intervienen factores como la emergencia, la altura, el vigor y la adaptabilidad depende directamente del tipo de sustrato utilizado. La falta de investigaciones comparativas sobre combinaciones de especies forestales y sustratos orgánicos limita la toma de decisiones en programas comunitarios de vivero y puede comprometer el éxito de futuras jornadas de reforestación. De ahí que se requiere generar conocimiento aplicado que oriente prácticas más efectivas y sostenibles.

Ante esta realidad, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el comportamiento inicial de dos especies forestales bajo el efecto de tres tipos de sustratos orgánicos en condiciones de vivero en la comunidad El Morcillo, San Juan de Limay, Estelí, ¿2025?

4. Justificación

Este trabajo es de gran relevancia, porque aborda una necesidad real y comprobable en comunidades rurales como El Morcillo, en San Juan de Limay. Aquí, la producción eficiente de plántulas forestales es clave para el éxito de los proyectos de reforestación y restauración ecológica. La investigación llena un vacío técnico al examinar el uso adecuado de sustratos orgánicos y su impacto en el comportamiento inicial de las especies forestales, lo que nos permite generar información útil y confiable para mejorar las prácticas en los viveros locales.

Desde una perspectiva práctica, llevar a cabo este estudio nos ayudará a identificar las mejores combinaciones de sustrato y especie, lo que traerá beneficios directos como la reducción de pérdidas de plántulas, el ahorro de recursos y la mejora en la calidad de los plantones. Esto hace que la investigación sea no solo viable, sino también oportuna y valiosa para técnicos, productores comunitarios y programas ambientales que buscan mejorar sus indicadores de éxito en la fase de establecimiento.

En términos de su relevancia social, esta investigación fortalece la seguridad ambiental de las comunidades al promover modelos sostenibles de reforestación. Al mejorar las capacidades locales para producir especies nativas en condiciones controladas, se fomenta no solo la regeneración ecológica, sino también el desarrollo económico a través del uso responsable de los recursos forestales y la protección del entorno natural.

Desde un enfoque teórico, el estudio enriquecerá el conocimiento sobre la producción de plantas forestales al comparar científicamente los efectos de diferentes sustratos en aspectos como la germinación, el crecimiento inicial y la adaptabilidad de las especies seleccionadas. Esto permitirá validar o desafiar teorías relacionadas con la fisiología vegetal, la edafología aplicada y la silvicultura tropical.

5. Objetivos de investigación

4.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento inicial de dos especies forestales bajo el efecto de tres tipos de sustratos orgánicos en condiciones de vivero en la comunidad El Morcillo, San Juan de Limay, Estelí, durante el año 2025.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de cada una de las especies forestales establecidas en el vivero del municipio de San Juan de Limay, Estelí.
- Analizar el crecimiento dasométrico en altura, diámetro, peso y longitud radicular de las especies forestales en función de los diferentes tipos de sustratos utilizados.
- Identificar el tipo de sustrato que favorece el mejor desarrollo dasométrico de las dos especies forestales evaluadas.

6. Limitaciones del estudio

El hecho de que el tiempo después de la siembra de la semilla sea corto, es decir, solo 30 días, indica que las variables de crecimiento no habían mostrado diferencias evidentes entre los sustratos.

La germinación irregular (de 6 a 16 días), creó variaciones en la edad fisiológica durante las mediciones, incrementando la variabilidad de los datos, lo que influye en el análisis estadístico.

La dispersión de los datos en varias variables, se debió en gran medida a la heterogeneidad de la germinación y no al efecto de los sustratos.

La disponibilidad y manejo de la computadora retrasó la elaboración de los documentos (protocolo e informe final)

7. Hipótesis

Hipótesis nula (H_0):

Los diferentes sustratos no presentan efectos significativos en la germinación y crecimiento de las plantas (Mandagual, cedro real).

Hipótesis alternativa (H_1):

Al menos uno de los sustratos presenta diferencia significativa en la germinación y crecimiento de las plantas (Mandagual, cedro real)

Hipótesis estadística

$H_0: \mu_1 = \mu_2 =$

(Los promedios del tiempo de germinación en todos los tratamientos son iguales.)

H_1 : Al menos una $\mu_1 \neq \mu_2$ de las variables medidas

8. Operacionalización de Variables

Variable independiente:

Para cada especie considerada en el estudio se midieron las siguientes variables: (emergencia, altura de la plántula, diámetro del cuello, longitud de raíz)

Longitud de la planta (cm). Se midió desde el nivel de la superficie del suelo hasta la base de la yema apical, mediante una cinta métrica en diez plantas al azar en intervalos de siete días (Salazar y Sánchez, 2022).

Variables dependientes:

Tiempo promedio de germinación (días desde la siembra hasta la emergencia de la plántula).

Porcentaje de germinación (% de semillas germinadas respecto al total sembrado).

Vigor de planta (altura o diámetro del cuello a los 15 días después de la germinación, si se desea medir).

Diámetro del cuello de la raíz (mm)

Esta es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de las plantas en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación (Prieto, 2004) citado por (Tinoco López y Ramírez Ramírez, 2014, p. 5).

Materia de la planta (g) (tanto fresco como seco, considerando de la parte aérea y sistema radicular de las plantas al final del experimento). La masa (biomasa aérea y radical) de la planta tiene alta correspondencia con la supervivencia en la plantación, con la misma consistencia que el diámetro basal. El diámetro basal, también está fuertemente relacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. Asimismo, el peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical (Prieto et al., 2009) citado por (Tinoco López y Ramírez Ramírez, 2014, p. 6). Para estimar esta variable, se separaron las partes aérea y radical con unas tijeras de podar y se determinó inicialmente se pesará fresco por medio de una báscula digital calibrada en gramo, Posteriormente, cada parte de la planta se colocará en un horno de secado, durante 24 horas a 105° C y finalmente se determinará su peso seco, por medio de una balanza analítica

Matriz de operacionalización de variables					
Objetivo Específico	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Instrumento
<p>Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de cada una de las especies forestales establecidas en el vivero del municipio de San Juan de Limay, Estelí.</p>	<p>Crecimiento y sobrevivencia de plántulas forestales.</p>	<p>Crecimiento, aumento progresivo, altura y diámetro del tallo de las plántulas.</p>	<p>Medición periódica de la altura(cm), diámetro (mm) del tallo de las plántulas. Registro del número de plántulas vivas y muertas en cada evaluación.</p>	<p>Altura promedio de plántulas (cm).</p>	<p>Registro diario de observación.</p>
<p>Analizar el crecimiento dasométrico en altura y diámetro de las especies forestales en función de los diferentes tipos de sustratos utilizados.</p>	<p>Crecimiento dasométrico.</p>	<p>Desarrollo dasométrico de plántulas asociado a los diferentes sustratos implementados.</p>	<p>Numero de desarrollo dasométrico más eficaz mediante los sustratos.</p>	<p>Diámetro promedio(mm) por plántula en cada sustrato. Porcentaje de plántulas con crecimiento superior al</p>	<p>Registro de germinación y cálculo en hoja de datos.</p>

				promedio esperado.	
Identificar el tipo de sustrato que favorece el mejor desarrollo dasométrico en altura y diámetro de las tres especies forestales evaluadas.	Crecimiento en función del sustrato.	Variación del comportamiento de las plántulas forestales y composición características físicas del sustrato.	Comparación del crecimiento en altura. Tratamiento de sustrato mediante registros periódicos.	Tasa de crecimiento en altura (cm/semana).	Ficha técnica de recopilación de datos de las plantas

9. Marco Teórico

9.1. Conceptos básicos

Viveros

Los viveros son infraestructuras destinadas a la producción de plantas (forestales, ornamentales o de ciclo corto), cuya finalidad es asegurar que las plántulas se desarrollen sanas, vigorosas y resistentes a factores bióticos y abióticos antes de su repique (Mora, 2017, p. 4) Citado por (Chevez Ruiz , 2021, p. 7).

Según la norma técnica obligatoria nicaragüense para la certificación de semillas y plantas de especies forestales (NTON 18-002-07), define vivero como un espacio físico delimitado y diseñado para la propagación de plantas forestales, ornamentales y frutales (GACETA No. 146 del 5 de agosto, 2009. p. 4488) citado por (UNA, 2023, p. 4)

Semilla

Es toda estructura vegetal destinada a la propagación sexual o asexual de una especie, tales como: semilla botánica, esquejes, estacas, injertos, patrones, yemas, bulbos, rizomas, tubérculos, tejidos vegetales invitro y otros materiales de propagación de plantas forestales, frutales o agrícolas (UNA, 2023, p. 4).

En palabras de Indacochea et al., (2017), las plantas con flores, la semilla es en realidad un óvulo fecundado y maduro que se encuentra encerrado en el fruto u ovario. Dicho óvulo se compone de tres elementos fundamentales: el embrión, el tejido encargado de almacenar nutrientes y las envolturas externas.

Producción en vivero

La producción en vivero es aquella donde se pueden reproducir de varias formas las plantas, por lo general está la semilla donde se lo coloca en el sustrato y germina donde logra desarrollarse estar listo su trasplante; también se puede producir con el método de pseudoestacas que estas estén lignificadas y con un tamaño considerable, la ventaja que tienen esta producción es la de reducción de su transporte (Chevez Ruiz , 2021, p. 7)

9.2. Factores que influyen en la germinación

Varios factores influyen en la germinación de semillas forestales, incluyendo el agua, la temperatura, el oxígeno, la luz, la latencia y la calidad de la semilla. Estos factores pueden afectar la velocidad y el éxito con que una semilla se convierte en una plántula (2023).

Agua

La humedad es esencial para la germinación, ya que permite la hidratación de la semilla y la activación de enzimas necesarias para el desarrollo del embrión.

La semilla necesita agua para hidratarse y activar los procesos metabólicos necesarios para la germinación.

Temperatura

La temperatura afecta la tasa de crecimiento y el metabolismo de la semilla. Temperaturas extremas pueden inhibir o retrasar la germinación. La temperatura ideal varía según la especie, pero en general, un rango de 20-25°C suele ser adecuado para muchas especies maderables (ECHOCommunity, 2023).

Oxígeno

Las semillas en germinación requieren oxígeno para la respiración celular y la producción de energía.

Luz

Algunas semillas requieren luz para germinar, mientras que otras son sensibles a la luz y germinan mejor en la oscuridad.

Latencia

Algunas semillas tienen dormancia o latencia, una condición que impide la germinación incluso en condiciones favorables. Romper la latencia puede requerir tratamientos especiales como estratificación (exposición a bajas temperaturas) o escarificación (daño mecánico a la cubierta de la semilla) (ECHOCommunity, 2023).

Tipo de semilla

Algunas semillas tienen cubiertas duras que dificultan la germinación, lo que requiere tratamientos especiales

Calidad de la semilla

Semillas con buena calidad (vigor, ausencia de daños mecánicos, etc.) tienen mayor potencial para germinar y establecerse (ECHOCommunity, 2023).

Composición del suelo

La textura y el contenido de materia orgánica del suelo pueden afectar la disponibilidad de agua y oxígeno para las semillas. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023)

9.3. Factores ambientales

Es importante considerar factores ambientales como el viento, que puede afectar el crecimiento de las plántulas.

La dispersión de semillas puede ser influenciada por factores como el viento, el agua y los animales.

Estado fisiológico de la semilla

Semillas con daños mecánicos o infecciones pueden tener una menor capacidad de germinación (ECHOCommunity, 2023).

Altura

Se entiende como la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el ápice del fuste.

Las variables de crecimiento, objeto de medición más común en un árbol con el fin de calcular su volumen son: la altura total y el diámetro a la altura del pecho.

Diámetro del cuello

El diámetro es la variable que está en más estrecha relación con la productividad o volumen para un árbol específico. El diámetro basal se mide a todos aquellos árboles de la parcela útil a una altura de 10 cm sobre la base del suelo (Novikova et al., 2023).

Sobrevivencia

Se define como la estimación de números de plantas vivas por ha expresadas en porcentajes en un tiempo determinado. Y en las plantaciones artificiales la sobrevivencia se determina por lo general durante el primer año de su establecimiento a fin de cuantificar la tasa de la misma cuando han estado expuesta a daños por factores bióticos y abióticos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

Como argumenta (OXFOR FORESTY, 1992). La tasa de sobrevivencia para una especie en particular determina el éxito de su establecimiento como plantación en un sitio exótico o de condiciones edafo- climáticos extremos, contribuyendo esto directamente a la conservación y recuperación de la productividad de los suelos en las áreas deforestadas, localizadas en las zonas secas o húmedas

Viveros:

Los viveros son lugares donde se reproducen las plántulas, y requieren condiciones controladas de luz, humedad y temperatura.

Evaluación:

Es recomendable evaluar el porcentaje de germinación, altura de las plántulas y diámetro en el vivero para asegurar la calidad de las plántulas.

La germinación de árboles maderables es un proceso complejo que requiere conocimiento y cuidado. Al seguir los pasos adecuados y considerar los factores ambientales, se puede lograr una exitosa propagación de especies forestales importantes

9.4. Importancia de los viveros forestales

Tal como señala (INTA, 1998) El establecimiento de vivero forestal es una actividad de gran importancia, para recuperar mediano plazo la calidad del medio ambiente de las comunidades. En la actualidad es un medio para consolidar la vinculación entre técnicos, extensionistas y familias productoras; además, favorece la articulación comunitaria y promueve la concientización sobre el uso responsable de los recursos naturales.

Igualmente resultan esenciales para ejecutar actividades pedagógicas y recorridos académicos en diferentes niveles; además, respaldan los métodos de investigación, la asesoría técnica a productores, las iniciativas de reforestación y la atención al público en general.

9.5. Criterios para el establecimiento de un vivero

Desde la perspectiva de (Chevez Ruiz , 2021, p. 8). La mala elección del sitio donde se establece un vivero repercute directamente una baja calidad de la producción de plántulas, lo cual se reflejará en una alta mortalidad en la plantación. Por eso es clave elegir adecuadamente el lugar donde se instalará el vivero. Las características del terreno influyen todavía más cuando las plantas se producen a raíz desnuda. Es necesario tomar en cuenta aspectos como la forma del relieve, la disponibilidad de agua y la facilidad de acceso.

9.6. Sistemas de producción de plantas

En la producción forestal, casi todas las plantas se consiguen a través del uso de bolsas plásticas, ya que este método brinda alta supervivencia y permite que las plántulas resistan sin dificultades por unos 15 días. El procedimiento que se elija influye tanto en el precio como la calidad de la planta final, y también depende del tipo de especie y de la cantidad de semilla disponible.

9.6.1. Sistemas de producción en bolsas plásticas

De acuerdo con lo expresado por (CALERO, 1987) El sistema de producción de plantas en Nicaragua, tradicionalmente se utilizan bolsas de polietileno color negro en la etapa de vivero, existen longitudes para diferentes especies la cual permite mantener la humedad que la planta necesita para su desarrollo. Esta la realizan sin utilizar ningún tipo de fertilizante

Ventajas fundamentales de bolsas plásticas

Como el plástico no reacciona químicamente, es viable crear perforaciones de drenaje sin peligro de dañarlo. Estos orificios impiden dificultades en el desarrollo de las raíces y ayudan a que el sustrato se mantenga más uniforme, lo que facilita la aplicación de fertilizantes y productos para el control de plagas.

Generalidades de las Semillas

En opinión de (MENDEZ Y TRUJILLO, 1994) El conocimiento del rendimiento y la calidad de las semillas contenidas en los frutos de aquellas especies empleadas con mayor frecuencia en los programas de reforestación, es fundamental para planificar correctamente, tanto su relación como la producción de plantas en los viveros.

Según (WILLIAN, 1999) Desdichadamente, este conocimiento no está disponible para la mayoría de la especie que crece en las regiones tropicales.

Como lo expone (ROJAS, 1989) La semilla es el material biológico fundamentalmente en la propagación sexual de las plantas, por ello, es motivo de investigaciones encaminadas a conocer aspectos biológicos y físicos. Cómo esto contribuye en su capacidad de germinación

Aun así, la poca información accesible y el hecho de que en muchos casos se utilicen métodos distintos para el manejo de semillas de especies forestales tropicales, prueban la premura de unir las instrucciones en los laboratorios de análisis de semillas.

La variedad en su estructura, tanto externa como interna, está estrechamente ligada a la diversidad de formas de dispersión y germinación. Estas diferencias pueden observarse en el tamaño, la forma, el color y la textura, así como en aspectos internos como la presencia o ausencia de tejidos de reserva, y la posición y estructura del embrión.

En opinión de (FLORES, 1994) La configuración física (tamaño, forma, disposición y estructura de órganos y tejidos) afecta de diversas maneras en diferentes etapas ontogénicas, la naturaleza y eficiencia de las actividades funcionales tiene una influencia directa en el comportamiento de las semillas y almacenamiento durante el proceso de germinación

La calidad de las semillas es un aspecto indispensable para asegurar la producción de plántulas adecuadas y la calidad de la misma, así, es necesaria antes de iniciar la operación del vivero estar seguro de la fuente donde se va obtener la semilla y la calidad de la misma.

Procedencia

El término procedencia se ha utilizado como significado ligeramente distinto, según los autores en su utilización más sencilla; es el lugar en el que crece un rodal de árboles. Cuando se aplica a semilla, su significado suele ampliarse para incluir lo sano en que crecieron los

árboles originarios de la semilla. Cuando la semilla se obtiene de una plantación exótica o procedencia derivada, el uso no ha sido tan coherente; algunos autores suelen decidir la procedencia como el lugar donde crecían como exóticos los padres inmediatos. Mientras que otros suelen limitar su uso en el lugar en que crecían en el bosque natural los progenitores originales siempre que los datos sobre el origen de la semilla informen sobre la procedencia completa comprendida, tanto la ubicación de los progenitores naturales y originales, como la de los padres inmediatos y la de las posibles generaciones intermedias.

El origen o procedencia de las semillas se refiere específicamente al sitio donde fueron recolectadas, la cual es muy importante porque bien conocido que existe diferencias considerables en el comportamiento de procedencia de una misma especie cuando se planta en un mismo sitio.

La razón de esto estriba a que el organismo vivo para adaptarse a las distintas condiciones de sitio (suelo y clima) deben sufrir ciertos cambios, muchas veces profundas, los cuales le permiten sobrevivir; estos cambios que experimenta una especie a lo largo de su distribución natural son los que dan origen a las diferencias entre procedencia.

9.7. Sustrato

El sustrato es un material sólido que aporta minerales y nutrientes, brinda soporte al anclaje de la planta en contenedores o fundas, y favorece la germinación al aumentar su porcentaje y velocidad (Mora, 2017, p. 8).

Generalmente usado en semilleros y fundas está compuesto por:

Una porción de arena, una de tierra y una de materia orgánica o compost (relación 1:1:1);

Una fracción de arena, dos de tierra y una de materia orgánica o compost

Para él (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023). Una de las mejores experiencias para el vivero es la elección del tipo de material que servirá como sustrato para las nuevas plantas; si la tierra es fértil, facilitará el suministro de nutrientes que necesita la semilla y posteriormente la planta, para un buen crecimiento y desarrollo. Si la tierra es pobre no tendrá los nutrientes necesarios para que la planta crezca sana y robusta.

9.8. Características del sustrato

El sustrato juega un papel importante en el desarrollo de la planta a nivel de vivero, por lo que este logra que tenga un buen enraizamiento y crecimiento (Badilla y Murillo, 2005). Es importante que las plantas puedan desarrollarse adecuadamente, para ello el sustrato debe tener una característica idónea, que sean básicas sobre todo que logren obtener condiciones físico-química que ayuden a su desarrollo a continuación se presentan sus características (Miranda y Villafuerte, 2016) Citado por (Mora, 2017, p. 8):

Propiedades físicas

- Mayor capacidad de factibilidad en la retención de agua
- Buena porosidad
- Que tengan buena aireación
- Sus partículas sean de tamaños coherentes para el suministro
- Densidad aceptable (baja)

Propiedades químicas

- Alto suministro de nutrientes requeridos que sean asimilables y baja salinidad
- pH neutral, con niveles bajos de intercambio catiónico
- Que su suministro de descomposición de materia orgánica sea normal

Otras propiedades

- Que sea de costo bajo
- Que no sean tan pesado
- Que no se reproduzcan muy rápido la maleza
- Fácil de mezclar

Desinfección de sustrato

Para desinfectar el sustrato aconsejamos el uso de cal o ceniza a razón de $\frac{3}{4}$ de libra por metro cuadrado en bancal en semillero, pero bien distribuida. Para esta mezcla se sugiere emplear una libra de cal por cada metro cuadrado de sustrato. La desinfección asimismo puede reforzarse añadiendo agua caliente, lo que aumenta la probabilidad de un buen resultado. Asimismo, existen otros métodos de desinfección, entre ellos el uso de ciertos agroquímicos.

(UNA, 2023, p. 12).

9.10. Abonos orgánicos

Un abono orgánico es todo material vegetal o animal que posea propiedades de mejoramiento de suelo, que no es obtenido por síntesis química. La agricultura orgánica promueve su uso por los múltiples beneficios a nivel físico, químico, microbiológico y orgánico, dando beneficios al suelo y a la planta, también tiene ciertas desventajas, una de ellas es que no muestran resultados inmediatos o a corto plazo; sin embargo, a mediano y largo plazo se establece un equilibrio en los nutrimentos del suelo, aumentando su fertilidad sin necesidad de incorporar insumos externos (García y Félix , 2014, p. 13).

Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Borrero., 2020).

Estiércol.

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol.

La estimación de la cantidad producida por un animal puede hacerse de la siguiente manera:

Peso promedio del animal x 20 = cantidad de estiércol/animal/año.

La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados.

El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K.

Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10//ha al año, y de preferencia de manera diversificada.

Efectos benéficos del estiércol bovino

La Incorporación de miles de animales benéficos que no se ven a simple vista sirven para movilizar los nutrientes y contribuyen a establecer un equilibrio en el suelo, también descompone la materia orgánica haciéndola más fácil para que las plantas la consuman, aportan elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y otros más que ayudan a la nutrición de las plantas que genera resistencia a plagas y enfermedades (García y Félix , 2014).

Factores que influyen en la pérdida de los nutrientes del estiércol

Según la universidad campesina existen factores que influyen en la pérdida del estiércol cuando este permanece mucho tiempo al sol, se pierde el nitrógeno ya que se volatiliza. Al amontonarse alcanza una temperatura de hasta ochenta grados, esto hace que la materia orgánica se queme y si le cae agua de lluvia pierde el contenido de potasio (García y Félix , 2014).

Lombriz humus

El humus de lombriz no es más que las heces de las lombrices criadas para descomponer restos orgánicos, así como de los desechos digestivos que producen las lombrices de tierra en su proceso natural.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ha adaptado muy bien a nuestras condiciones y está muy difundida en las diferentes regiones del país. (Borrero., 2020).

El humus es un abono orgánico que tiene una gran cantidad de bacterias, hasta 2 billones por gramo; esto lo hace un medio ideal para mejorar la salud biológica del terreno. Se recomienda que se utilicen al menos 3 toneladas por año, fundamentalmente en cultivos de alta rentabilidad como las hortalizas, y que se combine con fertilización mineral cuando sea necesario. La forma más segura de emplearlo es ubicándolo entre las plantas o en bandas, asegurando que los cultivos lo aprovechen directamente.

El bocashi

El bocashi es un abono orgánico obtenido por fermentación de diversos residuos orgánicos mezclados con aditivos que aceleran la descomposición. Su preparación es sencilla, con

materiales de fácil acceso, como estiércol seco (especialmente ovino y de aves por su alto contenido de nutrientes), residuos de cosecha, cascarilla de arroz, carbón vegetal, harina de roca, tierra, levadura, melaza y agua.

Este abono aporta materia orgánica y nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro), mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo, además de estimular la actividad microbiana y la nutrición vegetal (INIFAP, 2023).

Cada componente cumple una función específica:

Estiércol: principal fuente de nutrientes.

Rastrojo: aporta materia orgánica, retiene humedad y da estructura.

Cascarilla de arroz: mejora la aireación, absorción de agua, aporta silicio y fortalece la resistencia de las plantas.

Carbón vegetal: retiene y libera nutrientes gradualmente, mejora la oxigenación y la estructura del suelo.

Harinas de roca: enriquecen con minerales, regulan pH y aumentan la disponibilidad de nutrientes.

Tierra o composta: homogeniza la mezcla, regula humedad y favorece la actividad microbiológica.

Levadura y melaza: aceleran la fermentación, proveen carbohidratos y micronutrientes.

En conjunto, el bocashi es un abono integral que fortalece la fertilidad del suelo, promueve una fermentación aeróbica eficiente y potencia el crecimiento saludable de las plantas (INIFAP, 2023, p. 8).

Funciones

- Mejora las condiciones físicas y químicas del suelo y previene enfermedades a las raíces de los cultivos.
- Aporta nutrientes necesarios para estimular el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

- Mejora gradualmente la fertilidad y vida del suelo promoviendo mayor retención de humedad y plantas sanas con mayor producción.
- Aporta materia orgánica al suelo, permitiendo la fijación de carbono, así como la capacidad de absorción de agua.
- Activa una serie de rizo-bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y de bioprotección (INIFAP, 2023, p. 9).

Beneficios

De acuerdo a la (FAO, 2011), los principales beneficios que aporta el bocashi son:

- Disminución de costos de producción, ya que el precio de los fertilizantes sintéticos es alto en el mercado comparado con el costo del Bocashi, permitiendo mejorar de esa manera la rentabilidad de los cultivos.
- Reducción importante de productos sintéticos, reduciendo el peligro de contaminación de suelo, aire y agua.
- Se contribuye a la conservación del suelo, existe mayor captación de agua lluvia, disminuye el calor ambiental y se protege la
- biodiversidad, con lo que se colabora en la protección del medio ambiente.
- Se reduce la acidez de los suelos al dejar de usar sulfato de amonio y sustituirlo por el bocashi.
- Si la técnica es aplicada dentro del sistema de agricultura orgánica (sin utilizar productos agroquímicos), se pueden lograr mejores (FAO, 2011)

En su elaboración no se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción (INIFAP, 2023, p. 10).

Materiales a utilizar

Para preparar 10 quintales de Bocashi se necesitan:

- 3 quintales de rastrojos verdes: pichones de huerta, malezas (cuidar que no lleven semillas), follaje de leguminosas, desperdicios de frutas y hortalizas.
- 4 quintales de rastrojos secos de: maíz, arroz, maicillo, cascarilla de arroz, maleza seca (cuidar que no lleven semillas), aserrín, carbón en partículas pequeñas, etc.

- 1 Quintal de estiércol fresco de ganado
- 1 Quintal de gallinaza (seca)
- 10 libras de cal o ceniza
- 1 galón de miel de purga o melaza. (Bagacillo de caña previamente humedecido por un período de 3 a 5 días)
- 1 Quintal de pulimento de arroz ya seco (abono ya fermentado u hojarasca de bosque ya descompuesta)
- 100 gramos de levadura de pan (de preferencia en perdigones) o se pueden utilizar 1 ó 2 galones de suero de leche sin cocer.
- De 5 á 6 bidones de agua (100 a 120 litros) (FAO, 2011)

Pasos para la elaboración del Bocashi

Paso No.1

Picar los rastrojos verdes y secos en trozos de 2 á 3 centímetros.

Paso No.2

Se procede a tender los materiales sobre el suelo, y se mezclan sin ningún orden, hasta lograr una textura homogénea. La altura de la abonera no debe ser superior a los 50 CMS. El proceso de preparación y mezcla de los materiales, se realiza en forma ágil, la miel se prepara en forma de agua miel, y se le aplica poco a poco de manera que quede bien distribuida por toda la abonera.

La levadura de pan, se espolvorea, sobre los materiales que se van agregando al abono en pequeñas cantidades.

Se utiliza abono ya fermentado, u hojarasca de una zona boscosa, con esto se pretende incorporar las bacterias que se encargarán de realizar el proceso de fermentación de la abonera.

Los materiales se deben mezclar en la siguiente proporción: 60% de materiales secos y 40% de materiales húmedos.

Es importante determinar la cantidad de materiales verdes en comparación con los materiales secos, ya que de ello depende la cantidad de humedad que tendrá la abonera, si lleva muchos materiales secos se necesitará incorporar más agua, si lleva muchos materiales verdes, no se necesitará incorporar más agua, si lleva muchos materiales, no se necesitará agua. La humedad que aportan los materiales influye sobre la regulación de la

temperatura, la que puede afectar el desarrollo de las bacterias que realizan el proceso de fermentación del abono.

Depende de la materia prima usada, cuidando que ésta no se aplique en exceso (al tomar una porción de material y apretarla con la mano, no debe escurrir agua), si esto sucede deben agregarse más materiales secos (FAO, 2011).

Paso No.3

Luego de terminada la abonera, se debe realizar el primer volteo, tratando que el material de encima quede abajo y el de abajo quede encima (FAO, 2011).

De acuerdo con lo expresado (Suphone, 2025) El estiércol animal puede ser: vacuno, aviar, caballar y porcino, el estiércol vacuno y aviar son los que gozan de mayor aceptación por parte de los agricultores. El principal problema que presenta es su recolección, pero para esto existen varios sistemas de producción pecuaria (establos y corrales) ya que estos facilitan la recolección del mismo

Lo establecido por (Lopez C. J., 2024) Los aportes del estiércol como substrato independientemente de su acción beneficiosa como enmienda orgánica ponen a disposición de cultivos elementos fertilizantes que se liberan lentamente y que las plantas aprovechan en sucesivos años. Entre los estiércoles suele haber mucha diferencia, en primer lugar, por la especie del animal de que procede y también por el grado de humedad, el tiempo de elaboración, forma en que está elaborada.

10. Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo y un diseño aplicado, se llevó a cabo una investigación documental, basada principalmente en la revisión de fuentes bibliográficas, lo que permitió adquirir un conocimiento previo necesario para realizar las evaluaciones visuales en campo. Por otra parte, se desarrolló una investigación experimental, que formó la fuente principal para medir las variables estudiadas y corroborar los resultados obtenidos.

10.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo y un diseño aplicado.

Experimental

Se manipularán intencionalmente las variables independientes (los cuatro tipos de sustratos) para observar su efecto sobre las variables (Hernández et al., 2014)

Cuantitativa

Los datos recolectados (crecimiento dasométrico, fueron medidos numéricamente y analizados estadísticamente para obtener conclusiones objetivas.

Aplicada

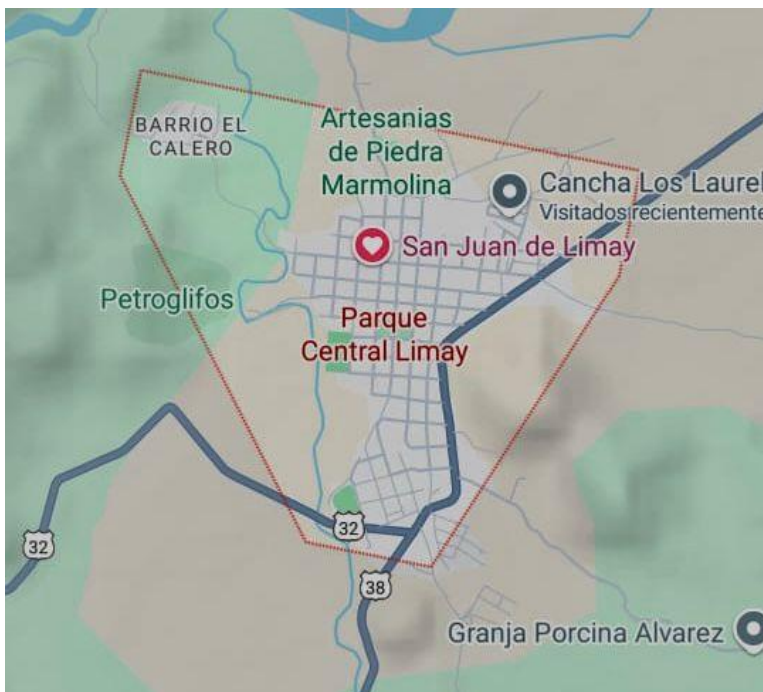
Se resolverá un problema práctico: mejorar la altura y el diámetro de la planta, los resultados pueden aplicarse directamente en la producción de las plantas.

Área de estudio

Esta investigación corresponde al área disciplinar de las Ciencias Agropecuarias. Línea (CAG-1: Sistemas de producción Agropecuaria), donde se estudian, analizan y mejoran los diversos sistemas productivos del sector agropecuario. Promueven la producción sostenible y agroecológica.

Dentro de este campo, el estudio se enfoca en la sub línea CAG-1.3: producción forestal que se dedica a la plantación y manejo del bosque, conservación, sistemas agrosilvopastoriles y aprovechamiento forestal (UNAN, 2021)

La presente investigación se ubicará geográficamente en el Municipio de San Juan De Limay, Departamento de Estelí, Nicaragua. Este municipio se encuentra en la región norte del país, una zona reconocida agrícolamente debido a su economía centrada en los cultivos de granos básicos a 195 km de la capital y a 49 km de la cabecera departamental Estelí.



13°10'28"N 86°36'43"O, San Juan de Limay Estelí; se encuentra a 284 msnm

Clima

Tiene clima tropical de sabana seco de altura con temperatura que oscilan entre los 24 a 34°C, es de las zonas más áridas del país.

Suelo

Tiene una topografía quebrada con suelos áridos, lo que nos indica que necesitaremos aún más de nuestros abonos tanto orgánicos como químicos.

10.1. Población y selección de la muestra

Población:

Conjunto de individuos objetos que se interesan en un estudio. (Hernández y otros, 2014, pág. 174)

Estuvo constituida por todas las semillas de las dos especies forestales, que se manejaron en el experimento que corresponde a un total de 200, que equivalen 100 por especie forestal con 25 semillas por repetición y dos repeticiones por tratamiento.

Muestras:

Es un subconjunto representativo de la población (Hernández y otros, 2014, pág. 175)

Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó el 100% (200 semillas), pero para la medición de resto de variable se utilizó 10 plántulas por cada repetición que representan el 25 % de la población de semillas seleccionadas al azar.

10.2. Descripción del Diseño Experimental

Diseño completamente al azar (DCA)

Las semillas se pondrán a germinar en bolsas plásticas la cual serán 100 bolsas por cada especie (cedro real, Mandagual) se aplicarán semillas al azar en cada banco a los cuales se les aplicara un tratamiento de tres diferentes sustratos y con tres rotaciones.

Objetivo del experimento

Evaluación del comportamiento inicial de dos especies forestales bajo tres tipos sustratos orgánicos, más el testigo en condiciones de vivero en la comunidad El Morcillo, San Juan de Limay, Estelí 2025.

Procedimiento general

- Seleccionar la semilla de las dos especies forestales sanas y uniforme, libre de plaga y enfermedades y de buena calidad
- Se busco el lugar que cumpla todas las condiciones óptimas para la germinación (temperatura, unidad, luz), en este caso el vivero municipal
- Se le dio seguimiento diario para llevar el control del registro diario

- Se recopilaron los datos durante un periodo de 30 días pos siembra.

10.3.1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Condición específica
T1	Bocashi	Hojas, ramas secas, aserrín, cascarilla de arroz, ceniza, estiércol bovino
T2	Estiércol bovino (descompuesto)	Descomposición natural (a la intemperie de 6 a 12 meses)
T3	Lombrihumus	Cascaras, frutos rojos, mazamoras, residuos verdes, restos de frutas y verduras, hojas verdes, cartón, papel sin tinta
T4	Testigo	Sin tratamiento

Cuadro: Diseño experimental					
Tratamiento	Descripción del tratamiento	Condición específica	Número de repeticiones	Número de semillas por repetición	Total, de semillas por tratamiento
T1	Bocashi	Llenado de bolsas	2	25	50
T2	Estiércol bovino (descompues)	Llenado de bolsas	2	25	50
T3	Lombriumus	Llenado de bolsas	2	25	50
T4	Testigo	Semilla sin tratamiento previo	2	25	50

Establecimiento del vivero

El primer paso para la instalación del vivero consistió en seleccionar un terreno adecuado. En esta elección se consideraron aspectos fundamentales como la disponibilidad de agua, la ausencia de sombra, la protección frente a animales domésticos y la facilidad de acceso al lugar.

Cercado del vivero

Para delimitar y resguardar el vivero se recurrió a materiales propios de la finca de los beneficiarios, entre ellos ramas con espinas y alambre de púas, cuyo propósito fue evitar el ingreso de animales domésticos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

Preparación del bancal

La preparación del bancal inició con la limpieza de la maleza presente en el área. El diseño contemplado corresponde a un rectángulo de tres metros de ancho por cuatro de largo, con una excavación de aproximadamente diez centímetros de profundidad, lo que facilita la colocación ordenada de las bolsas. La orientación establecida para este bancal es de este a oeste (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

10.3.2. Descripción de la variedad

Mandagual

Es una planta forestal nativa de Nicaragua, utilizada principalmente en proyectos de reforestación y conservación ambiental. Aunque no es ampliamente conocida a nivel internacional, en Nicaragua se valora por su capacidad de adaptación y su papel ecológico. (MLR Forestal, 2021).

Descripción general del Mandagual (como ecosistema)

- Tipo de vegetación: Densa, húmeda, y de crecimiento espontáneo
- Ubicación: Común en zonas tropicales de Centroamérica, especialmente en áreas rurales o de transición entre bosque y cultivo
- Composición: Mezcla de arbustos, bejucos, árboles jóvenes, y plantas herbáceas

- Suelo: Generalmente fértil, aunque puede estar en zonas pantanosas o de difícil acceso

Función ecológica:

- Refugio de fauna silvestre
- Zona de regeneración natural
- Fuente de plantas medicinales y leña
- Tipo de planta: Árbol forestal
- Hábitat: Zonas tropicales y subtropicales, especialmente en áreas protegidas y reservas naturales

Usos principales:

- Reforestación de áreas degradadas
- Conservación de biodiversidad
- Enriquecimiento ecológico de bosques

Proyectos de reforestación con Mandagual

El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA) ha impulsado la siembra de Mandagual en varias regiones del país:

- En León, se sembraron 1,500 plantas de Mandagual y Caoba como parte de la campaña “Verde, que te quiero verde”.
- En Río San Juan, se sembraron 1,905 plantas de Mandagual junto con otras especies como Roble, Macuelizo y Cedro Real para restaurar áreas degradadas.

Importancia ecológica

- Ayuda a repoblar zonas despojadas de vegetación
- Contribuye a la retención de agua y mejora del suelo
- Promueve la diversidad biológica
- Es resistente a condiciones climáticas adversas.

Cedro Real (Cedro Americano)

El cedro real (*Cedrela odorata*) es una especie de árbol originaria de América, que se encuentra desde México hasta Argentina, incluyendo Nicaragua y las Antillas. Es conocido por diversos nombres comunes, como cedro blanco, cedrillo, cedro colorado, entre otros. En Nicaragua, el cedro real se encuentra presente en varias regiones del país. Su distribución abarca desde las zonas bajas hasta altitudes más elevadas, especialmente en la zona atlántica y en el departamento de Río San Juan.

Se trata de un árbol de gran porte que puede alcanzar alturas de 12 a 30 metros, e incluso llegar a los 40 metros en casos excepcionales. Su fuste es recto y bien formado, con diámetros que oscilan entre los 60 cm y 1.5 metros. El cedro real se caracteriza por tener una madera de calidad, de color claro y grano fino, lo que le confiere un alto valor comercial. Además, posee propiedades naturales de resistencia a plagas y a la humedad, lo que lo hace muy solicitado en la industria de la construcción y la fabricación de muebles. (Nicaragua Web, 2025).

10.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

Se usó una hoja de campo para recopilar la información diaria de las dos especies forestales

Se utilizó el programa de Excel para el procesamiento de datos recopilados en el campo durante 15 a 30 días. Esto para evaluar el crecimiento, el diámetro y la altura de las dos especies con el objetivo de conocer cual obtuvo mejor resultado

10.4. Confiabilidad y validez de los instrumentos

Asegurarse de que los equipos de medición (cinta métrica, calibrador Vernier, balanza) estén calibrados y funcionen correctamente.

Procedimiento (Protocolo): se utilizó un protocolo de medición estandarizado para reducir errores humanos. Por ejemplo:

La altura siempre se mide desde el cuello de la raíz hasta la yema apical, no hasta el final de la hoja más alta.

El diámetro se toma siempre en el mismo punto (generalmente el cuello de la raíz o 1 cm por encima de él).

Si hay varios investigadores, deben estar capacitados para medir de la misma forma (confiabilidad inter-evaluador).

Validez (Precisión en la Medición): Se refiere a que el instrumento mida con precisión lo que realmente representa el concepto de interés (en este caso, la calidad de la plántula) (Hernández et al., 2014).

Validez de Constructo: Para evaluar la calidad de la plántula, una simple medición de altura (cm).

Validez de Criterio: Las variables de crecimiento medidas en el vivero (altura, diámetro, biomasa)

10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Etapas de la investigación

Planeación

Esta etapa corresponde a lo que Hernández-Sampieri denomina “fase de planeación y diseño”, donde se toman decisiones clave sobre el diseño metodológico, población, instrumentos, plan de muestreo, e incluso la ejecución de un estudio piloto para ajustar el diseño

“En esta fase el investigador toma las decisiones acerca de los métodos y estrategias que empleará para resolver el problema y comprobar las hipótesis. De igual modo planea las correcciones que a su juicio eliminen o reduzcan los problemas encontrados durante la misma” (Hernández et al., 2014, p. 24)

Aplicado a este estudio: aquí se definió el diseño, las variables (tipo de sustrato, especie forestal como independientes; altura, diámetro, vigor como dependientes), el tamaño de muestra, los instrumentos de medición y un posible piloto para asegurar funcionalidad en condiciones de vivero.

Recolección y selección

Corresponde a la “fase empírica”, que es donde se recolectan los datos y se preparan para su análisis

“Esta fase del estudio incluye la recolección real de los datos y la preparación de los mismos para análisis” (Hernández et al., 2014, p. 28)

En este caso: Consiste sembrar las especies forestales en los tres sustratos, llevar un registro periódico de las mediciones (altura, diámetro, etc.), y organizar los datos (digitalización, codificación, control de calidad) para su análisis estadístico posterior.

Análisis e interpretación

Se alinea con la “fase analítica”, donde se analizan e interpretan los datos recolectados

“Fase analítica. Análisis de datos, Interpretación de resultados” (Hernández et al., 2014, p. 29)

De acuerdo al presente estudio: aquí se aplicaron pruebas estadísticas, para determinar medias y analices de varianzas con ANOVA para comparar el crecimiento entre especies y sustratos; interpretar los resultados en función de hipótesis previas y determinar si había diferencias estadísticas, para ello se hizo uso del software estadístico InfoStat.

Redacción y presentación

“Fase de difusión. Comunicación de las observaciones. •Aplicación de las observaciones” (Hernández et al., 2014, p. 30).

En caso se redactó el informe final con secciones claras: introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones. También se preparó la presentación para la predefensa y defensa, entrega de los documentos según el reglamento de la UNAN-Managua.

11. Análisis y discusión de resultados

De acuerdo al primer objetivo específico que se refiere a: Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de cada una de las especies forestales establecidas en el vivero del municipio de San Juan de Limay, Estelí.

Para las variables sobrevivencia que se reflejó en el porcentaje de germinación, los tratamientos que presentaron el porcentaje de germinación más alto fue el Bocashi y Lombrihumus con el 92% promediando las dos especies forestales, seguido de la estercolera con 88% de germinación, el testigo tuvo un 74%. Por especie fue similar el comportamiento. El Mandagual con 87% y el Cedro real con 86% de germinación total en los cuatro tratamientos.

Tabla 1. Porcentaje de germinación por especie y tratamiento

Sobrevivencias: porcentaje de germinación por especie						
Tratamiento	Especie	No. inicial	Nacidas	% Nacidas	Muertas	% muertas
Bocashi	Mandagual	25	23	92.00%	2	8.00%
Lombrihumus	Mandagual	25	22	88.00%	3	12.00%
Estercolera	Mandagual	25	22	88.00%	3	12.00%
Testigo	Mandagual	25	20	80.00%	5	20.00%
Testigo	Cedro Real	25	17	68.00%	8	32.00%
Estercolera	Cedro Real	25	22	88.00%	3	12.00%
Bocashi	Cedro Real	25	23	92.00%	2	8.00%
Lombrihumus	Cedro Real	25	24	96.00%	1	4.00%
Total		200	173	86.50%	27	13.50%

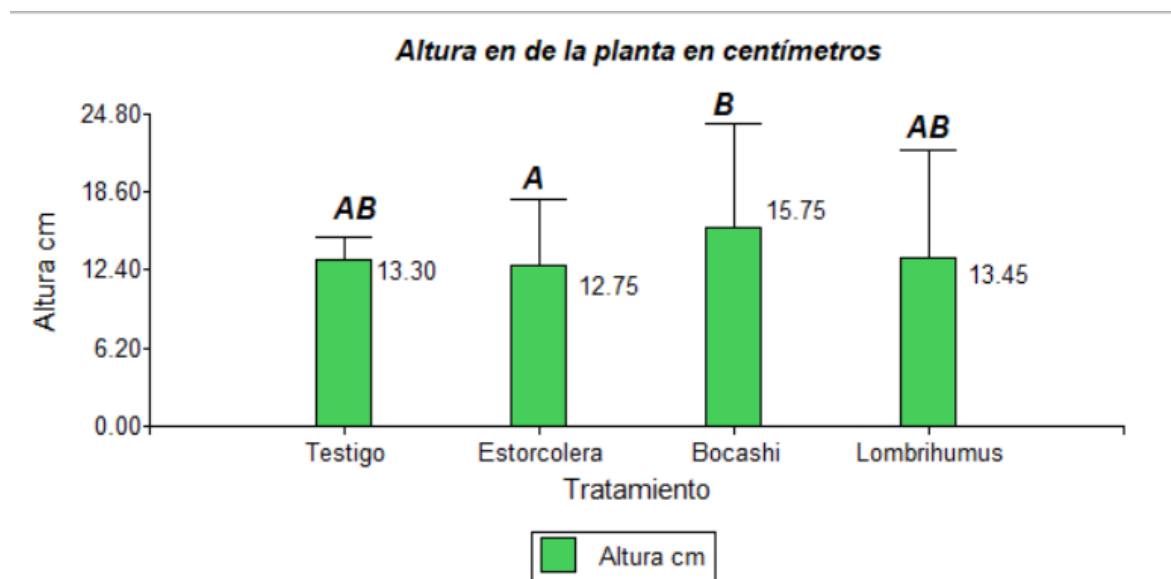
Altura en de la planta en centímetros

En cuanto a la altura medida en centímetros, el Bocashi fue el que se comportó mejor con una media de 15.75 cm, siendo el único tratamiento estadísticamente superior, seguido de Lombrihumus con una media de 13.45cm, el testigo con media de 13.30 cm, estos dos últimos no presentaron diferencias entre sí y un comportamiento intermedio y el más bajo fue la estercolera con una media de 12.75 cm; siendo estadísticamente inferior al Bocashi. El coeficiente de variación de 24.45% se debió a la heterogeneidad de los días a la germinación que oscilaron entre 6 y 16 días, lo que queda demostrado con el coeficiente de correlación

entre los días a la germinación y la altura de la planta el cual fue de $\rho = -0.70$ una correlación negativa, reafirmando que entre más tarda en germinar la semilla menor es la altura de la planta. Los tratamientos influyeron en la altura de las plantas, pero la variación de los días a germinación, reduce parcialmente la capacidad del modelo estadístico, para interpretar la variación total.

Los resultados indican que, a pesar de la variabilidad de la germinación, las plantas tuvieron un comportamiento aceptable y mostraron un crecimiento distinto en función del sustrato. La altura muestra que el Bocashi favoreció un desarrollo más amplio desde el inicio, pero la estercolera dificultó en parte este crecimiento. La germinación tuvo un efecto en la uniformidad debido a la variabilidad fisiológica, pero no evitó que se identificaran diferencias significativas.

Gráfico 1. Altura de la planta en centímetros



Fuente: Elaboración propia

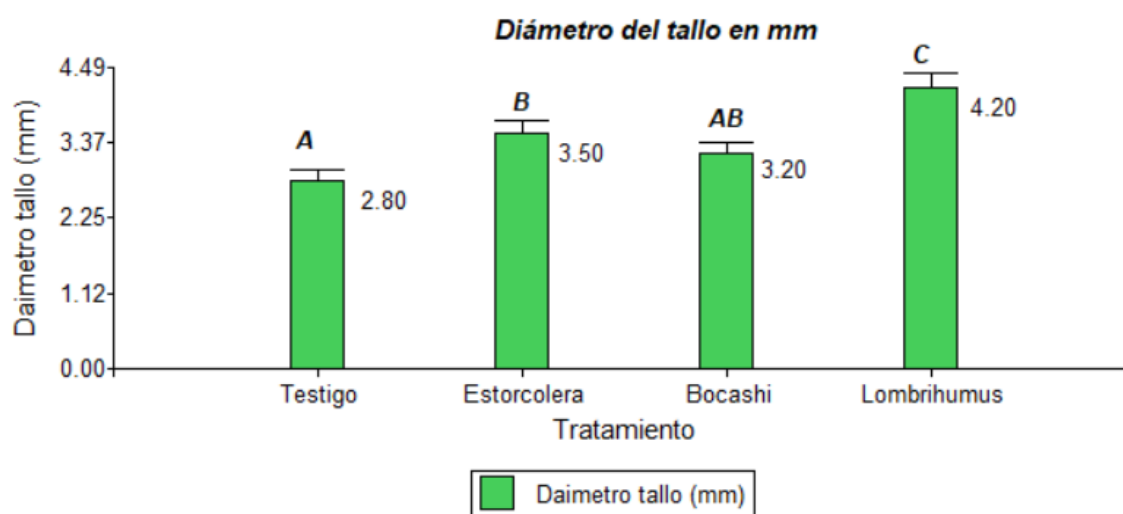
Diámetro del tallo en mm

El análisis de varianza para el diámetro del tallo medido en mm mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, siendo el mejor el Lombrihumus con una media de 4.20 mm, seguido de la estercolera con una media de 3.50mm, Bocashi con una media de 3.20 mm, presentado un efecto intermedio y el testigo con una media de 2.80, fue el inferior de todos. En esta variable no influyo los días a germinación sobre el diámetro del

tallos, ya que la correlación fue casi nula ($\rho = -0.09$), en este caso se considera que la variación se debe a los tratamientos y no a los días a germinación.

El diámetro del tallo completa la información del vigor inicial. Siendo el mejor tratamiento el Lombrhumus y no el Bocashi, lo que evidencia que cada sustrato influye en componentes diferentes del crecimiento de la planta. El hecho de que los días a germinación no hayan afectado ratifica que el diámetro fue un indicador más estable de vigor que la altura.

Gráfico 2. Diámetro del tallo en milímetros



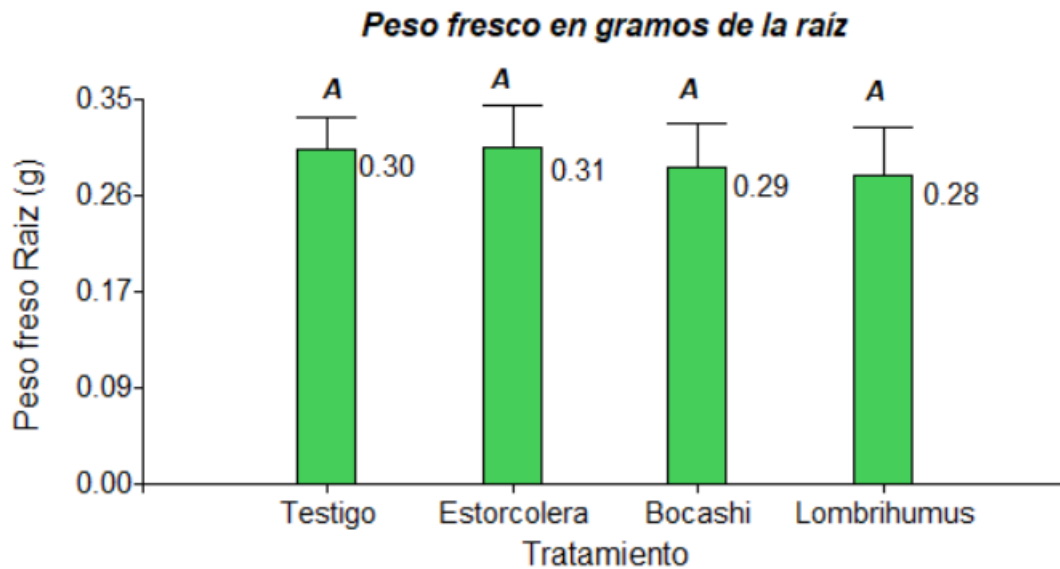
Fuente: Elaboración propia

Según el objetivo: Analizar el crecimiento dasométrico en altura, diámetro, peso y longitud radicular de las especies forestales en función de los diferentes tipos de sustratos utilizados.

Peso fresco en gramos de la raíz

En cuanto al peso fresco de la raíz, todos los tratamientos tuvieron similar comportamiento, las medias oscilaron entre 0.28 gramos para Lombrhumus, 0.29 gramos para Bocashi, 0.30gramos para el testigo y 0.31 gramos para la estercolera, reflejando que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$). Con una correlación casi nula ($\rho = -0.03$) lo que indica que no influyó los días germinación en el peso fresco de la hoja.

Grafica 3. Peso fresco en gramos de la raíz

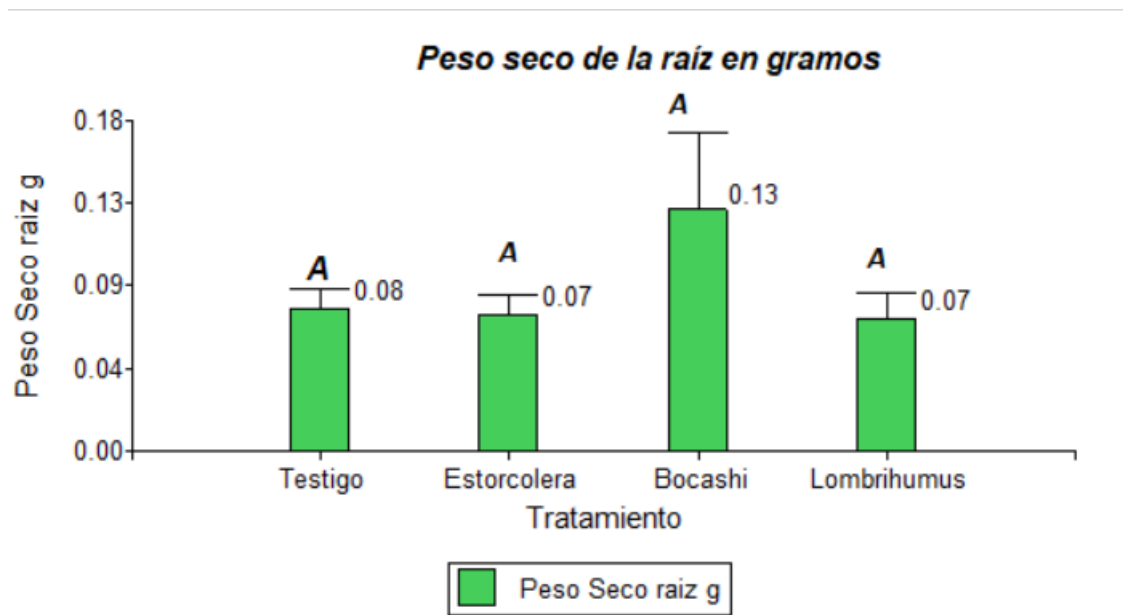


Fuente: Elaboración propia

Peso seco de la raíz en gramos

Con respecto al peso seco de la raíz en gramos, el que mejor se comportó fue el Bocashi con una media de 0.13 gramos, seguido del testigo con una media de 0.08 gramos, tanto el Lombrihumus como la estercolera tuvieron la misma media de 0.07. Estadísticamente no hay diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que significa que los cuatro tratamientos son similares, sobre la influencia del desarrollo radicular de ambas especies usadas. La correlación entre días a germinación y peso seco ($\rho = -0.30$), reflejó una influencia limitada sobre esta variable.

Gráfico 4. Peso seco de la raíz en gramos

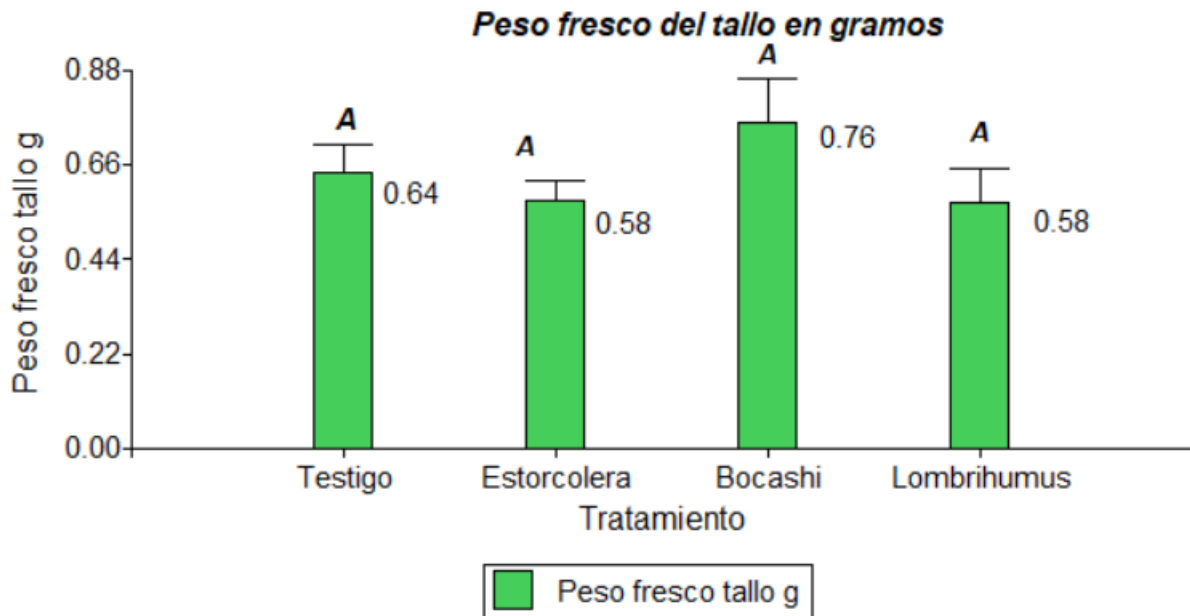


Fuente: Elaboración propia

Peso fresco del tallo en gramos

Según el peso fresco del tallo, el tratamiento que presentó el valor más alto fue el Bocashi con una media de 0.76 gramos, seguido del testigo con 0.68 gramos y los tratamientos Lombrihumus y estercolera presentaron igual media de 0.58 gramos. El análisis de resultados no mostró cambios estadísticamente relevantes ($p > 0.05$) entre los cuatro tratamientos. Lo que indica que su efecto fue similar sobre el peso fresco del tallo. La correlación entre días a germinación y peso fresco del tallo ($\rho = -0.36$), indicó poca influencia sobre el desarrollo del tallo.

Gráfico 5. Peso fresco del tallo en gramos



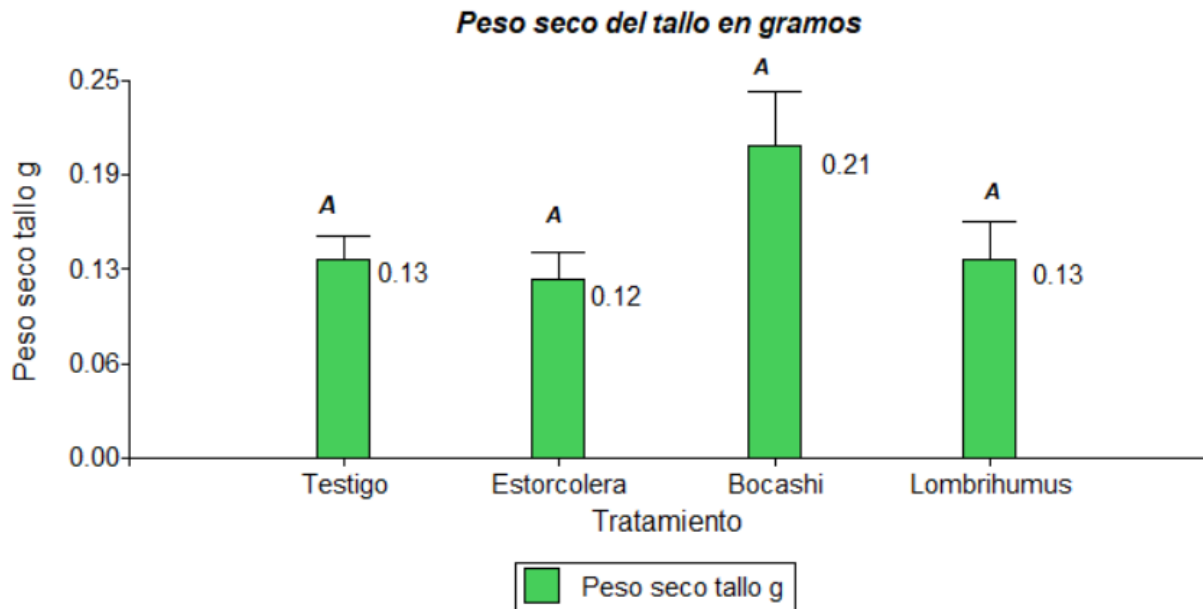
Fuente: Elaboración propia

Peso seco del tallo

Según el análisis estadístico sobre el peso seco del tallo medido en gramos, el bocashi presentó la mayor acumulación de materia seca con una media de 0.21 gramos, el Lombrihumus y el testigo presentaron la misma media de 0.13 gramos y la estercolera con un promedio de 0.12 gramos. Sin embargo, con el análisis de ANOVA estos resultados no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$). Por consiguiente, ninguno de estos tratamientos fue superior al otro. El coeficiente de correlación ($\rho = -0.68$) entre días a germinación y peso seco, a pesar que es alta e inversa, significa que más días a germinación, menos acumulación de materia seca del tallo, no influyo sobre esta variable.

Estudios como los de Fernández et al. (2018) en plántulas de café, señalan que la variabilidad fisiológica y el tiempo de germinación influyen más en la acumulación de materia seca que el tipo de sustrato aplicado, lo que explica la correlación negativa observada en este ensayo (Fernández et al., 2018).

Gráfico 6. Peso seco del tallo en gramos



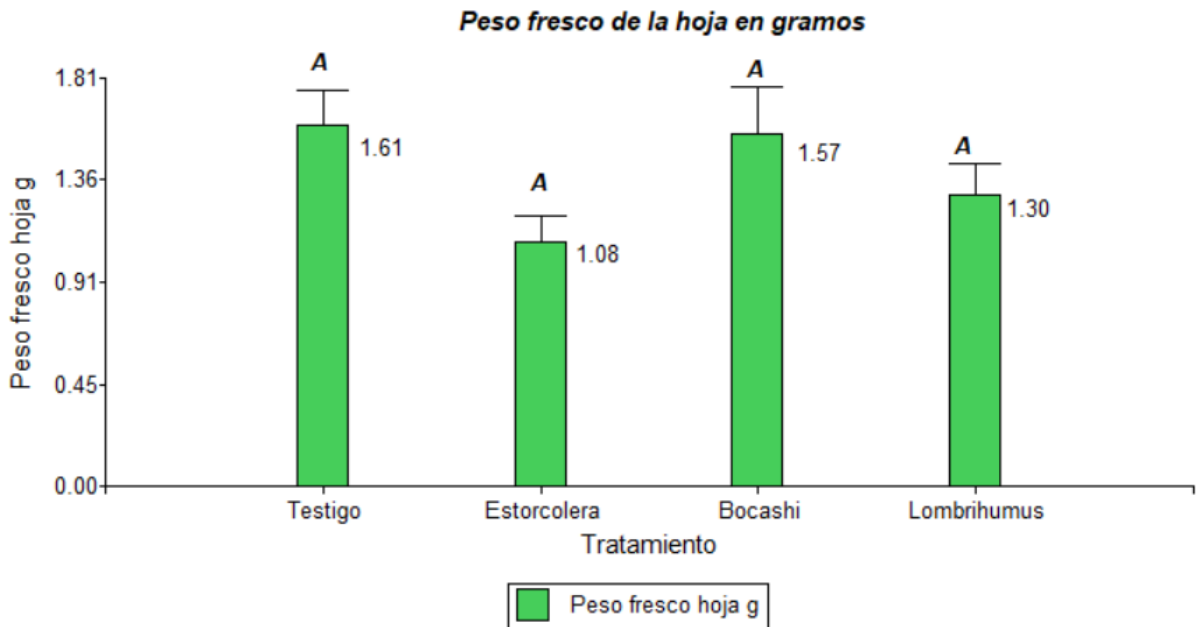
Fuente: Elaboración propia

Para el peso fresco de la hoja en gramos

Para el peso fresco de la hoja en gramos, aunque el testigo tuvo una media de 1.61 gramos, los tratamientos Bocashi con una media de 1.57 gramos, Lombrihumus con 1.30 y la estercolera con una media de 1.08 gramos. No presentaron diferencias significativas estadísticamente ($p > 0.05$), por lo que los cuatro tratamientos fueron similares para esta variable. A pesar que el coeficiente de variación fue alto, indica que la dispersión de los datos se debe a los días a germinación y poca repuesta a los tratamientos. El coeficiente de correlación entre las variables días a germinación y peso fresco de la hoja fue de ($\rho = -0.23$) es baja demostrando que los días a germinación no influyo sobre el peso fresco de la hoja.

Los resultados se alinean con investigaciones que muestran efectos inconsistentes de Bocashi y Lombrihumus sobre biomasa fresca, dependiendo del cultivo, dosis y condiciones ambientales. En este ensayo, la similitud entre tratamientos indica que la respuesta fisiológica de las plantas estuvo más condicionada por factores externos que por la fertilización orgánica aplicada (Mendivil et al., 2020).

Gráfico 7. Peso fresco de la hoja en gramos



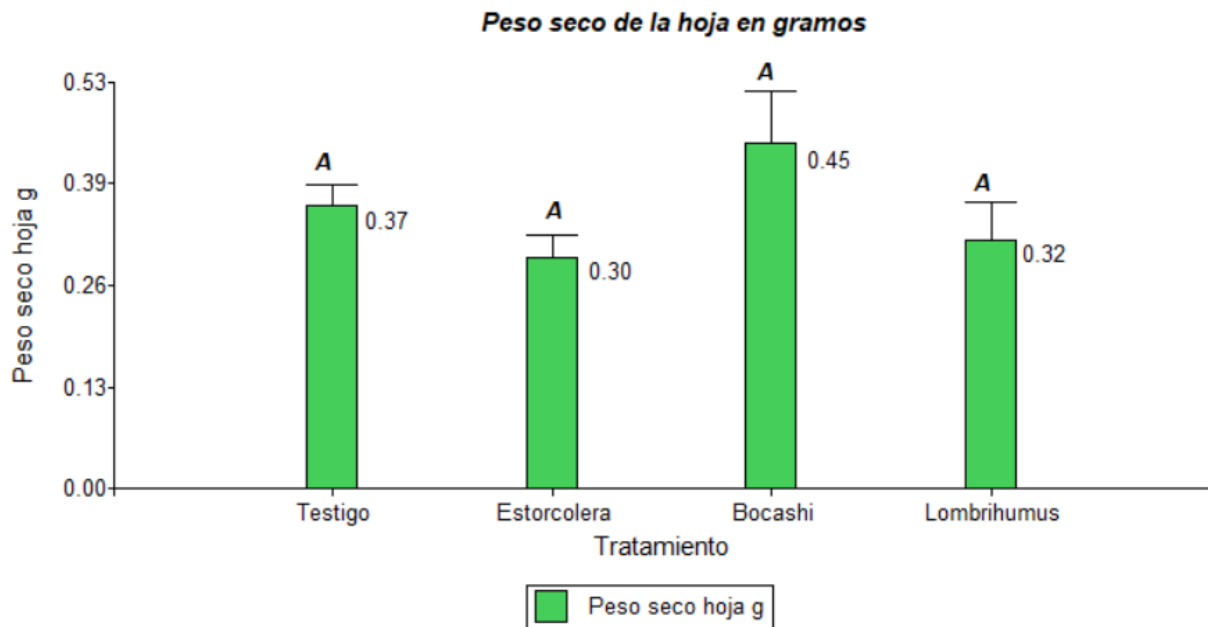
Fuente: Elaboración propia

Peso seco de la hoja en gramos

De acuerdo al peso seco de la hoja en gramos, el Bocashi tuvo una de 0.45 gramos, seguido del testigo con una media de 0.37 gramos, Lombrihumus con 0.32 y la estercolera con una media de 0.30 gramos. A pesar que hay variación en las medias, debido a que no hubo uniformidad en el tiempo de germinación, estadísticamente no hay diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que demuestra que los tratamientos influyeron de manera similar en el peso seco de las hojas. Para el coeficiente de correlación entre las variables días a germinación y peso seco de la hoja fue de ($\rho = -0.56$). Correlación moderada negativa, a mayores días a germinación menor peso seco de las hojas. La causa de la variación se debió a los factores fisiológicos influenciados por el tiempo de germinación que por los tratamientos que se aplicaron.

Este resultado es similar con investigaciones en viveros forestales que señalan que la calidad del sustrato orgánico (Bocashi, Lombrihumus, compost) mejora las condiciones físicas y químicas del suelo, pero no siempre se refiere en incrementos estadísticamente notables en biomasa foliar, especialmente cuando la variabilidad fisiológica de las plántulas es alta (Chávez et al., 2019)

Gráfico 8. Peso seco de la hoja en gramos



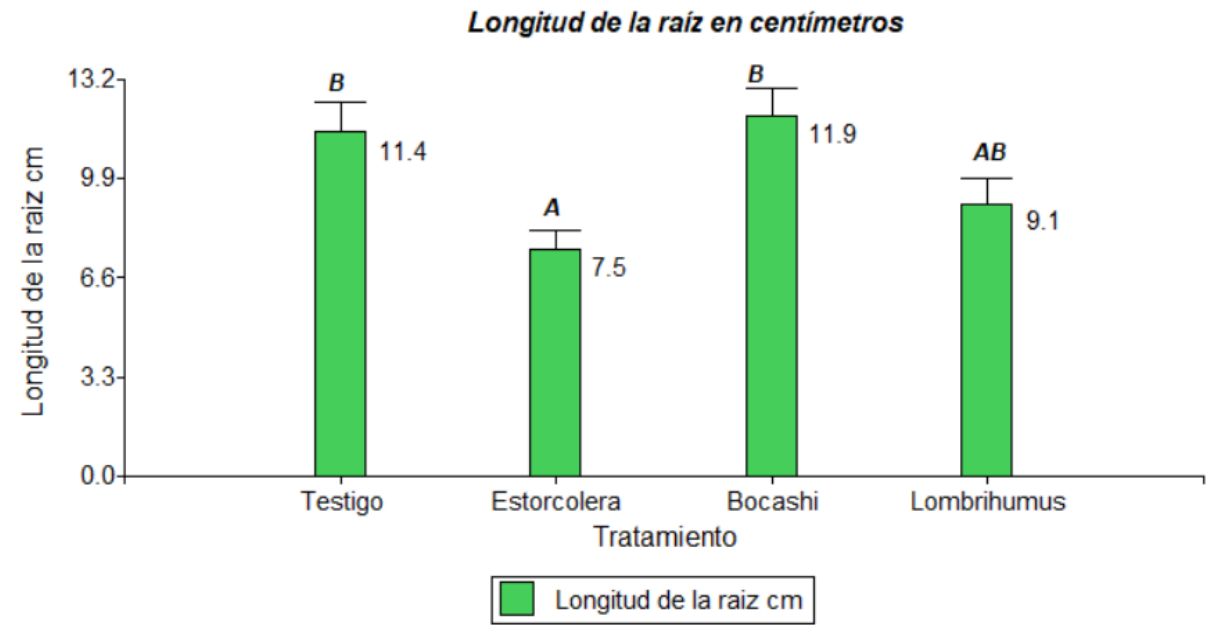
Fuente: Elaboración propia

Longitud de la raíz en cm

En cuanto a la longitud de la raíz en centímetros, aquí hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo el mejor tratamiento el Bocashi con una media de 11.95 cm, seguido del testigo con un promedio de 11.45 cm, Lombrihumus con 9.05 cm y la estercolera con media de 7.55 cm. El Bocashi y Testigo, se comportaron de manera similar, mientras que el Lombrihumus se comportó de manera intermedia entre los mejores y el más bajo de los tratamientos, que fue la estercolera. La correlación entre los días a germinación y longitud de la raíz es negativo y débil ($\rho = -0.23$), por lo que los días a germinación tuvo poca influencia sobre esta variable.

En relación a estudios realizados por (Torres y Rojas, 2016) confirman que el uso de enmiendas orgánicas en viveros forestales, es técnica y ecológicamente factible, permitiendo obtener ganancias de hasta un 75% en el crecimiento de árboles cuando se añadió un tipo específico de enmiendas abono orgánico como el excremento de porcinos.

Gráfico 9. Longitud de la raíz en centímetros



Fuente: Elaboración propia

Conforme al objetivo: Identificar el tipo de sustrato que favorece el mejor desarrollo dasométrico de las dos especies forestales evaluadas.

Según el análisis estadístico, los hallazgos reflejan que ningún sustrato se comportó mejor en todas las variables, pero sí se observaron tendencias claras.

Por ejemplo, el Bocashi fue mejor en:

- Altura
- Peso seco y fresco del tallo
- Longitud de la raíz
- Peso seco y fresco de la hoja

El Lombrihumus presentó mejores resultados en el diámetro del tallo. En cambio, el testigo mostró valores intermedios consistentes; mientras que la Estercolera fue el de menor influencia en la mayoría de indicadores.

De forma general, se puede decir que el Bocashi fue el sustrato que tuvo una mayor influencia en el desarrollo dasométrico, en especial en las variables altura, y longitud de la raíz.

12. Conclusiones

- Los resultados revelaron que ambas especies lograron establecerse con porcentajes aceptables de germinación, aunque hubo variaciones entre los tratamientos que indicaron diferencias en vigor inicial. Se logró caracterizar la dinámica de emergencia y las tasas de mortalidad; permitiendo identificar las condiciones mínimas para garantizar la viabilidad de estas especies en vivero y orientan a futuros trabajos para realizar evaluaciones de mayor duración que permitan observar tendencias más estables.
- Los resultados permitieron obtener estadísticamente diferencias entre los tratamientos, el Bocashi influyo en la altura y la longitud de la raíz, el Lombríhumus mejoró sobre el diámetro del tallo. Sin embargo, muchas variables de biomasa no revelaron diferencias significativas, debido en gran parte a la alta variabilidad en la germinación. Aun así, el objetivo se cumplió al identificar qué variables del crecimiento respondieron más clara a los tratamientos. Esto sirve para orientar la selección de sustratos según lo que se desee estimular en cada especie.
- El Bocashi fue el sustrato con mejor equilibrado sobre el crecimiento inicial, seguido de cerca del Lombríhumus en el diámetro del tallo. Aunque no todas las variables mostraron contrastes claros, el objetivo se cumplió, ya que fue posible identificar tendencias que orientan el uso práctico de estos sustratos en vivero. En la aplicación forestal, estos resultados sugieren que el Bocashi puede emplearse como opción principal para fortalecer el establecimiento temprano de plántulas.
- Los sustratos no se comportaron igual en todas las variables, pero algunos sí influyeron con respecto al crecimiento inicial. Por lo tanto, la hipótesis nula no se rechaza en la mayoría de las variables, ya que varios parámetros de germinación y biomasa no mostraron diferencias significativas entre sustratos. Sin embargo, variables como altura, diámetro y longitud de raíz evidenciaron diferencias, por lo que la hipótesis alternativa se confirma parcialmente.

13.Recomendaciones

A personal técnicos y viveristas:

- Usar Bocashi como sustrato principal, en el establecimiento de viveros de Mandagual y Cedro Real
- Utilizar Lombrihumus si se quiere plántulas con tallos más fuertes
- Tratar de homogenizar la germinación con un mejor control de la calidad de la semilla, temperatura y humedad.

A la Universidad:

- Ampliar el tiempo de duración del ensayo a 90 días pos siembra, para determinar de manera más precisa la influencia de los sustratos sobre el crecimiento de las plántulas
- Incluir variables como el contenido de clorofila, humedad del sustrato, área foliar, y así determinar mejor cómo responden las especies a cada sustrato, fortaleciendo la calidad científica de futuros estudios.
- Aumentar el número de plantas y de repeticiones, para potenciar los análisis estadísticos

14.Referencias

- Agraria, U. N. (2025). Macuelizo. Retrieved 22 de Agosto de 2025, from <https://www.una.edu.ni/macuelizo/>
- Borrero., C. (2020). *Abonos orgánicos*. Infoagro.com. Retrieved 17 de agosto de 2025, from https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp
- Centeno, s. M. (1993). *Inventario Nacional de plantaciones forestales en Nicaragua* . Managua: Universidad Nacional Agraria .
- Chávez, F., Balague, A., Fermoselle, G., & Perrone, A. (2019). *Caracterización y evaluación de la calidad del Bokashi para su empleo en un vivero forestal*. Universidad Nacional de La Plata. Retrieved 29 de noviembre de 2025, from https://www.academia.edu/102402998/Caracterizaci%C3%B3n_y_evaluaci%C3%B3n_de_la_calidad_del_Bokashi_para_su_empleo_en_un_vivero_forestal
- Chevez Ruiz , S. (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*. Universidad Estatal de Quevedo.
- ECHOCcommunity. (2 de Octubre de 2023). *Factores que influyen en la germinación de semillas*. Retrieved 17 de agosto de 2025, from Factores que influyen en la germinación de semillas: <https://www.echocommunity.org/es/resources/ce935a6b-32ed-4d0b-baf5-5411b3a7d600>
- FAO. (2011). *Elaboracion y uso del Bocashi*. FAO. Retrieved 29 de noviembre de 2025, from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/324112ce-8842-473d-9ff7-153784c45597/content>
- Fernández, P., Encalada, M., & Jumbo , N. (2018). *Evaluación del crecimiento de plántulas de Coffea arabica L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes (2018)*. Universidad de la Rioja. Retrieved 29 de noviembre de 2025, from <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/9349949>
- García , C., & Félix , J. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales* (Primera ed.). Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014. Retrieved 17

de agosto de 2025, from https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_a_bonos_organicos_y_biorracionales.pdf

Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F, Mexico: The McGraw-Hill Companies, Inc. Retrieved 6 de Agosto de 2023, from <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

INIFAP. (2023). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. Elaboración Bocachi* (primera ed.). INIFAP. Retrieved 17 de agosto de 2025, from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737323/8_Elaboracion_de_Bocashi.pdf

Lopez, C. (2023). *Evaluación del efecto de tres sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de cacao (Theobroma cacao L.) Milagro-Guayas*". Milagro- Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Retrieved 21 de julio de 2025, from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/L%C3%93PEZ%20JIM%C3%89NEZ%20CECILIA%20ESTEFAN%C3%8DA.pdf>

Lopez, C. J. (2024). *Estiércol como enmienda agrícola sostenible*. Retrieved 22 de Agosto de 2025, from <https://doctoragro.pe/blog/campo-total-el-estiercol-como-enmienda/>

Mendivil, C., Nava, E., & Armenta, A. (2020). *Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano*. Biotecnia. Retrieved 29 de noviembre de 2025, from <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1120>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Manual de viveros forestales*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador. Retrieved 29 de noviembre de 2025, from <https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2023/09/MANUAL-VIVEROS-FORESTALES.pdf>

MLR Forestal. (2021). *El potencial económico de las plantaciones forestales en Nicaragua*. MLR Forestal. Retrieved 22 de Agosto de 2025, from <https://mlr.com.ni/el-potencial-economico-de-las-plantaciones-forestales-en-nicaragua/>

- Mora, D. (2017). *Estudio de factibilidad para la producción de plantas forestales, frutales y ornamentales en el vivero comuna Loma Alta, provincia de Santa Elena. Ingeniería forestal. Ingeniería en administración de empresas agropecuarias y agronegocios.* La Libertad,: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Retrieved 16 de agosto de 2025, from <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2b3e22eb-fc5a-4377-bfa9-78ceaa715069/content>
- Nicaragua Web. (17 de marzo de 2025). *Nicaragua Web.* (N. Web, Editor) Retrieved 22 de Agosto de 2025, from Cedro Real en Nicaragua: Distribución, características y regulaciones del árbol: <https://nicaragua.tecnoguias.net/arbol-de-cedro-real-en-nicaragua/>
- Novikova, T., Tylek, P., Barboza , C., Drapalyuk, M., Kharin, S., & Novikov, A. (2023). *El crecimiento del diámetro del cuello de la raíz revela una fuerte relación con el crecimiento en altura de árboles jóvenes de pino silvestre a partir de semillas diferenciadas por características espectrométricas.* Universidad Estatal de Silvicultura y Tecnologías de Voronezh. Retrieved 27 de noviembre de 2025, from <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/6/1164?utm>
- Ricardo, P. F. (2018). SUSTRATO BIOFÍSICO PARA AGRICULTURA PROTEGIDA Y URBANA A PARTIR DE COMPOST Y AGREGADOS PROVENIENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 9.
- Salazar , L., & Sánchez, E. (2022). *Manual técnico para el manejo de experimentos agropecuarios* (Primera ed.). Panamá, Panamá: Universidad de Panamá. Retrieved 20 de agosto de 2025, from <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/5664>
- Suphone. (2025). *Guía Completa para el Uso de Estiércol en la Jardinería: Tipos, Beneficios y Aplicación Sostenible.* Retrieved 22 de Agosto de 2025, from <https://suphone.us/es/gu%C3%ADa-completa-para-el-uso-de-esti%C3%A9rcol-en-la-jardiner%C3%ADa-tipos-beneficios-y-aplicaci%C3%B3n-sostenible>
- Tinoco López, J., & Ramírez Ramírez, O. (2014). *Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de Pinus oocarpa Schiede y su*

desarrollo inicial en plantación. Managua: Universidad Nacional Agraria. Retrieved 23 de agosto de 2025, from <https://repositorio.una.edu.ni/2755/1/tnf04t591.pdf>

Torres, G., & Rojas, F. (2016). *Efecto de enmiendas orgánicas en viveros forestales*. Revista Tecnología En Marcha. Retrieved 30 de noviembre de 2025, from https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2724/0

UNA. (2023). *Establecimiento de Viveros forestales*. Managua, Nicaragua: UNA, CNU, UALN. Retrieved 18 de agosto de 2025, from <https://repositorio.una.edu.ni/4778/1/renk10v146.pdf>

UNAN. (2021). *Línea de investigación* . Retrieved 22 de Agosto de 2025, from https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/lineas_de_investigacion.pdf

15. Anexos

15.1. Anexo A. Tablas sobre las variables que se midieron

Tabla 2. Altura de la planta en centímetros

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura cm	80	0.11	0.07	24.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	105.54	3	35.18	3.09	0.0322
Tratamiento	105.54	3	35.18	3.09	0.0322
Error	866.65	76	11.40		
Total	972.19	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.80506

Error: 11.4033 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Estorcolera	12.75	20	0.76	A
Testigo	13.30	20	0.76	A B
Lombrihumus	13.45	20	0.76	A B
Bocashi	15.75	20	0.76	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 3. Diámetro del tallo en milímetros

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Daimetro tallo (mm)	80	0.28	0.26	24.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20.95	3	6.98	10.09	<0.0001
Tratamiento	20.95	3	6.98	10.09	<0.0001
Error	52.60	76	0.69		
Total	73.55	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.69105

Error: 0.6921 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	2.80	20	0.19	A
Bocashi	3.20	20	0.19	A B
Estorcolera	3.50	20	0.19	B
Lombrihumus	4.20	20	0.19	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 4. Peso fresco de la raíz en gramos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco Raiz (g)	80	4.1E-03	0.00	57.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	3.0E-03	0.10	0.9574
Tratamiento	0.01	3	3.0E-03	0.10	0.9574
Error	2.21	76	0.03		
Total	2.22	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14157

Error: 0.0290 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Lombrihumus	0.28	20	0.04 A
Bocashi	0.29	20	0.04 A
Testigo	0.30	20	0.04 A
Estorcolera	0.31	20	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 5. Peso seco de la raíz en gramos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Seco raiz g	80	0.06	0.02	118.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	3	0.02	1.49	0.2242
Tratamiento	0.05	3	0.02	1.49	0.2242
Error	0.83	76	0.01		
Total	0.88	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08668

Error: 0.0109 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Lombrihumus	0.07	20	0.02 A
Estorcolera	0.07	20	0.02 A
Testigo	0.08	20	0.02 A
Bocashi	0.13	20	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 6. Peso fresco del tallo en gramas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco tallo g	80	0.05	0.01	53.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.47	3	0.16	1.34	0.2689
Tratamiento	0.47	3	0.16	1.34	0.2689
Error	8.82	76	0.12		
Total	9.29	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28298

Error: 0.1161 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Lombrihumus	0.58	20	0.08 A
Estorcolera	0.58	20	0.08 A
Testigo	0.64	20	0.08 A
Bocashi	0.76	20	0.08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 7. Peso seco del tallo en gramos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco tallo g	80	0.09	0.06	76.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.10	3	0.03	2.57	0.0603
Tratamiento	0.10	3	0.03	2.57	0.0603
Error	0.95	76	0.01		
Total	1.05	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09297

Error: 0.0125 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Estorcolera	0.12	20	0.03 A
Testigo	0.13	20	0.03 A
Lombrihumus	0.13	20	0.03 A
Bocashi	0.21	20	0.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 8. Peso fresco de la hoja en gramos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco hoja g	80	0.09	0.05	50.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.63	3	1.21	2.47	0.0687
Tratamiento	3.63	3	1.21	2.47	0.0687
Error	37.32	76	0.49		
Total	40.95	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58210

Error: 0.4911 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Estorcolera	1.08	20	0.16 A
Lombrihumus	1.30	20	0.16 A
Bocashi	1.57	20	0.16 A
Testigo	1.61	20	0.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 9. Peso seco de la hoja en gramos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco hoja g	80	0.07	0.03	58.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	3	0.09	1.94	0.1299
Tratamiento	0.26	3	0.09	1.94	0.1299
Error	3.37	76	0.04		
Total	3.63	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17492

Error: 0.0443 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Estorcolera	0.30	20	0.05 A
Lombrihumus	0.32	20	0.05 A
Testigo	0.37	20	0.05 A
Bocashi	0.45	20	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 10. Longitud de la raíz en centímetros

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de la raíz cm	80	0.19	0.16	37.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	256.20	3	85.40	6.03	0.0010
Tratamiento	256.20	3	85.40	6.03	0.0010
Error	1075.80	76	14.16		
Total	1332.00	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.12525

Error: 14.1553 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Estorcolera	7.55	20	0.84	A
Lombrihumus	9.05	20	0.84	A B
Testigo	11.45	20	0.84	B
Bocashi	11.95	20	0.84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

15.2. Anexo B. Hoja de campo



ESTABLECIMIENTO DEL VIVERO



PREPARANDO LA MATERIA FRESCA PARA EL PESAJE



SECADO Y PESAJE DE MATERIA SECA



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



