



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

**“EFECTO DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO
PRE-TRASPLANTE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LOS BAJOS
MONTECRISTI, 2024”**

AUTORES

CAICEDO CASTRO RICARDO LEANDRO
ZAMBRANO HIDALGO GIVELLY SELENA

TUTORA

ING. ESPINOZA ZAMBRANO JENIFFER PAULINA, Msc

MANABÍ – ECUADOR

2024 (2)

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

TESIS DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del Trabajo de Grado sobre el tema: "EFECTO DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO PRE-TRASPLANTE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LOS BAJOS MONTECRISTI, 2024". De los egresados CAICEDO CASTRO RICARDO LEANDRO y ZAMBRANO HIDALGO GIVELLY SELENA, luego de haber sido analizada por los señores Miembros del Tribunal de Grado, en cumplimiento con lo establecido en la ley, se da por aprobada la sustentación, acción que los hace acreedores al título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL




Dra. Dolores Esperanza Muñoz Verduga. Mg

Decana



Ing. Diego Javier Nevárez Pérez. Mg

Miembro del tribunal



Ing. Juan Carlos Palacios Peñafiel. Mg

Miembro del tribunal

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. ESPINOZA ZAMBRANO JENIFFER PAULINA**, certifico haber tutelado la tesis **"EFECTO DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO PRE-TRASPLANTE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LOS BAJOS MONTECRISTI, 2024"** que ha sido desarrollado por **CAICEDO CASTRO RICARDO LEANDRO y ZAMBRANO HIDALGO GIVELLY SELENA**, egresados de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, previo a la obtención del título de Ingenieros Agropecuarios, de acuerdo con el **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL, DE LA ULEAM**.



Ing. Espinoza Zambrano Jeniffer Paulina. Mg

Tutor

DECLARACIÓN DEL AUTORÍA

Los egresados **CAICEDO CASTRO RICARDO LEANDRO y ZAMBRANO HIDALGO GIVELLY SELENA**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, señalamos que las ideas expuesta en este trabajo investigativo y los resultados obtenidos y conclusiones dentro del contenido de este presente trabajo de investigación titulado **“EFECTO DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO PRE-TRASPLANTE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LOS BAJOS MONTECRISTI, 2024”** es único y correspondiente bajo nuestra autoría; y que, anticipadamente no ha sido ostentado por calificación personal o por ningún grado; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que contienen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Caicedo Castro Ricardo Leandro



Zambrano Hidalgo Givelly Selena

©2024 Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, queremos expresar nuestro reconocimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este logro, comenzando por Dios, cuya infinita sabiduría, fuerza y amor nos han acompañado en cada paso de este proceso. Su guía ha iluminado nuestro camino y nos ha dado el valor para superar cada desafío.

A nuestros queridos padres, cuya dedicación, sacrificio y amor incondicional han sido el cimiento de todo lo que hemos logrado. Sus palabras de aliento y su ejemplo de perseverancia nos han motivado a dar lo mejor de nosotros mismos.

A nuestra tutora, la Ing. Paulina Espinoza, queremos extender nuestro más sincero agradecimiento por su paciencia, compromiso y orientación invaluable. Su experiencia y consejos fueron pilares fundamentales en el desarrollo de este proyecto, y siempre llevaremos con nosotros las lecciones aprendidas bajo su guía.

A nuestros compañeros, quienes con su amistad, apoyo y espíritu de colaboración hicieron de este viaje una experiencia enriquecedora tanto personal como académicamente. Gracias por los momentos compartidos y por demostrar que el trabajo en equipo siempre da frutos.

A nuestros profesores, quienes, con su conocimiento, pasión por la enseñanza y dedicación nos formaron como profesionales y nos prepararon para enfrentar los retos del futuro con confianza y determinación.

Finalmente, a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a este logro, les expresamos nuestro más profundo agradecimiento. Este triunfo no sería posible sin ustedes, y cada palabra, gesto y acción quedará grabada en nuestra memoria como parte esencial de este capítulo de nuestras vidas.

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y emoción, dedicamos este trabajo de titulación:

A Dios todopoderoso.

A nuestras familias, por ser el pilar fundamental de nuestro esfuerzo, quienes con su amor, apoyo incondicional y palabras de aliento nos motivaron a superar cada obstáculo y perseguir nuestros sueños con determinación.

También dedicamos este logro a nuestros maestros y mentores, quienes con su sabiduría, paciencia y entrega nos guiaron en este camino del conocimiento, despertando en nosotros la pasión por aprender y superar nuestras propias expectativas. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en nuestra formación profesional y humana.

De igual forma, este trabajo es para nuestros compañeros y amigos, por compartir con nosotros momentos de aprendizaje, desafíos y éxitos. Su compañía y apoyo constante enriquecieron nuestra experiencia, haciéndola más significativa y llevadera.

Y, sobre todo, nos lo dedicamos a nosotros mismos, por el esfuerzo, la perseverancia y la resiliencia que demostramos en este proceso. Cada desafío superado, cada noche de estudio y cada momento de duda que enfrentamos son prueba de nuestra determinación por alcanzar nuestras metas. Que este trabajo sea un recordatorio de que somos capaces de superar cualquier barrera cuando trabajamos con dedicación y compromiso.

ÍNDICE GENERAL

MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I.	
INTRODUCCIÓN	2
1.1. MARCO TEÓRICO	4
1.1.1. Concepto de sustratos en la agricultura	4
1.1.2. Enmiendas en la mejora de las propiedades físicas y químicas del sustrato ⁵	
1.1.3. Plántulas y factores que influyen en su crecimiento.....	7
1.1.4. Etapas del crecimiento vegetativo	9
1.1.5. Importancia de la producción de hortalizas en el Ecuador.....	10
1.1.6. Relación entre sustrato y desarrollo vegetal.....	11
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.5. HIPÓTESIS.....	14
1.5.1. Hipótesis alternativa (HA).....	14
1.5.2. Hipótesis nula (H ₀).....	15
1.6. OBJETIVOS	15
1.6.1. Objetivo general	15
1.6.2. Objetivos específicos.....	15
CAPITULO II.	
METODOLOGÍA.....	16

2.1. Ubicación del lugar de la investigación	16
2.2. Características edafoclimáticas del área de estudio	16
2.3. Tipo de investigación	17
2.4. Tratamientos	17
2.5. Diseño experimental	17
2.6. Análisis estadísticos	18
2.7. Materiales.....	19
2.8. Datos tomados y métodos de evaluación.....	19
2.8.1. Porcentaje de germinación.....	20
2.8.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas	20
2.8.4. Altura de la plántula.....	20
2.8.4. Longitud radicular	20
2.8.7. Diámetro de tallo	20
2.9. Estimación de costos	20
2.8. Manejo del experimento	21
2.7.1. Preparación e instalación del área	21
2.7.2. Construcción de vivero	21
2.7.3. Selección de la semilla	21
2.7.4. Obtención de los sustratos	21
2.7.5. Llenado de bandejas con sustratos.....	22
2.7.6. Siembra	22
2.7.7. Riego pre-trasplante	22
2.7.8. Deshierbe y control fitosanitario	22
 CAPÍTULO III	
RESULTADOS	23
3.1. Porcentaje de germinación	23
3.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas.....	26

3.3. Altura de la plántula	27
3.4. Longitud radicular	30
3.5. Diámetro de tallo.....	32
3.6. Número de hojas verdaderas	35
3.7. Estimación de costos.....	36
DISCUSIÓN.....	44
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
4.1. CONCLUSIONES	48
4.2. RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos edafoclimáticos de Los Bajos-Montecristi.....	16
Tabla 2. Distribución de los tratamientos en estudio, la cual se repetirá para las 3 especies escogidas.	17
Tabla 3. Esquema de análisis de varianza (ANOVA), la cual se repetirá para las 3 especies de hortalizas.....	17
Tabla 4. Resultados del análisis de varianza del porcentaje de germinación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).	23
Tabla 5. Resultados del análisis de varianza de altura de plántula. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).	28
Tabla 6. Resultados del análisis de varianza de longitud de raíz. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).	30
Tabla 7. Resultados del análisis de varianza de diámetro de tallo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).	33
Tabla 8. Estimación de costos del experimento.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio “Finca Exp. Los Bajos”	16
Figura 2. Croquis de campo	18
Figura 3. Resultados del análisis estadístico del porcentaje de germinación en las especies evaluadas.....	25
Figura 4. Resultados del análisis estadístico del coeficiente de velocidad de germinación en las especies evaluadas	27
Figura 5. Resultados del análisis estadístico de la altura de planta en las especies evaluadas	29
Figura 6. Resultados del análisis estadístico del coeficiente de la longitud de raíz en las especies evaluadas	32
Figura 7. Resultados del análisis estadístico del diámetro del tallo en las especies evaluadas	34
Figura 8. Resultados del análisis estadístico del número de hojas verdaderas en las especies evaluadas	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de pepino	58
Anexo 2. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de pepino	58
Anexo 3. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de pepino	59
Anexo 4. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de pepino	59
Anexo 5. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de pepino	60
Anexo 6. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de pepino	60
Anexo 7. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de pimiento	60
Anexo 8. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de pimiento	61
Anexo 9. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de pimiento	61
Anexo 10. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de pimiento	62
Anexo 11. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de pimiento.....	62
Anexo 12. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de pimiento.....	62
Anexo 13. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de tomate.....	63
Anexo 14. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de tomate	63
Anexo 15. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de tomate.....	64

Anexo 16. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de tomate	64
Anexo 17. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de tomate	64
Anexo 18. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de tomate	65
Anexo 19. Preparación de sustratos para colocar en las unidades experimentales	65
Anexo 20. Se establecieron los tratamientos y se realizó el seguimiento de los brotes.....	66
Anexo 21. Se analizó el porcentaje de germinación en las tres especies.....	66
Anexo 22. Toma de datos de altura en plántulas de pimiento.....	67
Anexo 23. Monitoreo en las tres especies evaluadas.....	67
Anexo 24. Toma de datos del diámetro del tallo en las tres especies evaluadas	68
Anexo 25. Área de experimentación y finalización de toma de datos	68
Anexo 26. Conteo de hojas verdaderas.....	69
Anexo 27. Se observa el desarrollo de raíces en los tratamientos evaluados	69
Anexo 28. Se observa el vivero implementado donde se llevó a cabo la investigación.....	70

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la aplicación de sustratos en el crecimiento vegetativo de plántulas de hortalizas durante la etapa de pre-trasplante en la finca experimental Los Bajos Montecristi, ubicada en la comuna Bajo del Pechiche del cantón Montecristi, provincia de Manabí. La investigación se llevó a cabo con la finalidad de analizar el impacto de diferentes mezclas de sustratos en el desarrollo de plántulas en condiciones controladas. Se utilizó un diseño experimental unifactorial con tratamiento testigo (T0) de turba 100%, y tres tratamientos experimentales con mezclas de fibra de coco y lombricompost en diferentes proporciones: 20% de fibra de coco + 80% de lombricompost (T1), 35% de fibra de coco + 65% de lombricompost (T2) y 45% de fibra de coco + 55% de lombricompost (T3). El análisis de los parámetros de crecimiento de las plántulas incluyó el porcentaje de germinación, coeficiente de velocidad de germinación, altura de la plántula, longitud radicular, diámetro de tallo y número de hojas verdaderas. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la altura, número de hojas y diámetro de tallo, lo que sugiere que las plántulas respondieron de manera similar a los diferentes sustratos, es decir se observó un desempeño similar a nivel estadístico, entre tratamientos con fibra de coco y lombricompost y el testigo (turba 100%). La estimación de costos indicó que el uso de estos sustratos orgánicos no solo tiene un impacto positivo en el crecimiento de las plántulas, sino que también resulta rentable, ya que los costos de los materiales utilizados, como la fibra de coco y el lombricompost, son accesibles en comparación con otros insumos. Se concluye que, el uso de mezclas de fibra de coco y lombricompost, puede ser una alternativa viable para mejorar el desarrollo vegetativo de las plántulas de hortalizas, lo que contribuye a una mayor sostenibilidad y eficiencia en la producción agrícola.

Palabras clave: Sustratos orgánicos, Fibra de coco, lombricompost, Crecimiento vegetativo, Hortalizas, pre-trasplante

ABSTRACT

The present study evaluated the effect of the application of substrates on the vegetative growth of vegetable seedlings during the pre-transplant stage in the experimental farm Los Bajos Montecristi, located in the Bajo del Pechiche commune of the Montecristi canton, province of Manabí. The research was carried out in order to analyze the impact of different substrate mixtures on the development of seedlings under controlled conditions. A unifactorial experimental design was used with control treatment (T0) of 100% peat, and three experimental treatments with mixtures of coconut fiber and vermicompost in different proportions: 20% coconut fiber + 80% vermicompost (T1), 35% coconut fibre + 65% vermicompost (T2) and 45% coconut fibre + 55% vermicompost (T3). Analysis of seedling growth parameters included germination percentage, germination rate coefficient, seedling height, root length, stem thickness, and number of true leaves. The results indicated that no significant differences were found between the treatments in terms of height, number of leaves and stem thickness, suggesting that the seedlings responded similarly to the different substrates, i.e. a similar performance was observed at a statistical level, between treatments with coconut fiber and vermicompost and the control (100% peat). The cost estimate indicated that the use of these organic substrates not only has a positive impact on the growth of seedlings, but also proves to be cost-effective, as the costs of the materials used, such as coco coir and vermicompost, are affordable compared to other inputs. It is concluded that the use of mixtures of coconut fiber and vermicompost can be a viable alternative to improve the vegetative development of vegetable seedlings, which contributes to greater sustainability and efficiency in agricultural production.

Keywords: Organic substrates, Coco coir, vermicompost, Vegetative growth, Vegetables, pre-transplant

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la siembra en viveros, con el uso de sustratos especializados y semilleros, ha revolucionado la agricultura, permitiendo mayor control sobre las condiciones de crecimiento de las plántulas, sin embargo, antes de la implementación de estos métodos más tecnificados, la siembra directa en el suelo era la práctica común, donde las semillas se esparcían directamente sobre la tierra, sin el uso de contenedores o sustratos específicos, y las plantas debían adaptarse a las condiciones naturales del suelo, las cuales no siempre eran óptimas (Barrios 2019).

Así, el sustrato se convierte en un componente esencial, entendido como cualquier material sólido, de origen mineral u orgánico, que, sin ser suelo natural, proporciona soporte y estabilidad para el crecimiento de las plantas, y que cuando se dispone en un contenedor, este medio optimiza el anclaje de las raíces, además de actuar como un reservorio de agua y nutrientes (Ortiz et al. 2023). Su relevancia radica en que el éxito del cultivo depende directamente de las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, consolidándolo como un factor determinante en el desarrollo saludable del cultivo (Moreno 2020).

En los viveros modernos, el uso adecuado de sustratos es un factor clave, dado que las plántulas requieren condiciones específicas para crecer y desarrollarse de manera saludable, además que el sustrato debe cumplir con una serie de requisitos, tales como proporcionar la estabilidad necesaria, asegurar una adecuada retención de agua y nutrientes, y permitir un buen drenaje y aireación para favorecer el desarrollo radicular (Mendoza 2023).

Desde 1990 la horticultura en el Ecuador ha ido incrementando, pues en la actualidad la cantidad de vegetales que consumen diariamente, de alrededor de 23 cultivos de hortalizas (tomate, pepino, y otras) representan el 57,5% (83.380 Has) de la superficie total del país, en provincias como Tungurahua, Chimborazo, Azuay,

Pichincha y Cotopaxi, mientras otras producciones hortícolas corresponden a pequeñas zonas con una agricultura más familiar y autosustentable (Fierro et al. 2018).

En Ecuador, la producción de hortalizas es diversa, destacando cultivos como el pepino, con rendimientos de hasta 40 tm/ha⁻¹ además de pimiento, que alcanza entre 30 y 40 tm/ha⁻¹ en zonas como Manabí y Guayas; otro es el tomate como uno de los más productivos, con rendimientos de 60 a 70 tm/ha⁻¹ bajo sistemas tecnificados (ESPAC 2023).

En la producción de plántulas en viveros, un aspecto crítico es la fase de semillero, donde el sustrato juega un papel esencial en el suministro de nutrientes y el desarrollo óptimo de las raíces y partes aéreas de las plantas, donde además la calidad del sustrato influye directamente en el crecimiento, vigor y resistencia de las plántulas, y sus propiedades físico-químicas determinan en gran medida su efectividad para maximizar la producción (Armenta et al. 2020).

Actualmente, la elaboración de sustratos en viveros abarca una amplia variedad de materiales, desde opciones naturales hasta alternativas tecnificadas, cuya selección debe considerar no solo el costo y la disponibilidad, sino también criterios de sostenibilidad (Mendoza 2023). Diversos estudios han demostrado el impacto de los sustratos en el crecimiento de plántulas, tal es el caso de Laverde y Muñoz (2021), quienes evidenciaron que sustratos ricos en rizobacterias mejoraron significativamente la supervivencia y el crecimiento de *Capsicum annuum* L., aumentando el peso de las partes aéreas en más del 20% y la resistencia al 'damping off', además, Mendoza y Plaza (2019) reportaron efectos positivos en cultivos de lechuga con sustratos a base de lombricompost y fibra de coco; destacaron la rentabilidad de utilizar compost y residuos como fibras de coco en hortalizas.

En este marco, el presente estudio se propone analizar el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo pre-trasplante y su influencia en la

producción de plántulas en la Finca Experimental Los Bajos, Montecristi, durante el año 2024, siendo una investigación que busca aportar conocimientos relevantes para la agricultura local, considerando que la selección de sustratos adecuados no solo afecta la calidad de las plántulas, sino que también puede optimizar los recursos disponibles y mejorar la eficiencia productiva en viveros, caracterizada por sus condiciones climáticas y edáficas particulares, ofrece un escenario ideal para evaluar la adaptabilidad y desempeño de diferentes sustratos en plántulas de cultivos hortícolas.

Además, este estudio responde a la necesidad de promover prácticas agrícolas más sostenibles y tecnificadas en zonas con un enfoque tradicional, debido que al identificar los sustratos más efectivos permitirá no solo potenciar el desarrollo y resistencia de las plántulas, sino también fomentar una producción más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. Concepto de sustratos en la agricultura

El sustrato vegetal es definido en agricultura como una sustancia sobre o dentro de la cual crecen las plantas, por lo tanto, el suelo puede considerarse un sustrato, donde las principales funciones del sustrato son, proporcionar anclaje a las plantas y suministrar agua, nutrientes y oxígeno a las raíces (Atzori *et al.* 2021).

En otras palabras, el sustrato es todo aquel material sólido distinto del suelo que se coloca en los recipientes, es decir, es el soporte, anclaje o parte del hábitat de la planta, cuya función principal es que, aporta a los cultivos los nutrientes necesarios para su óptima difusión, así como para su reproducción, generalmente se divide en dos clases que son orgánicos e inorgánicos (Gruda *et al.* 2023).

De hecho, en horticultura el término "sustrato" se refiere a todos los materiales sólidos que no sean suelo natural in situ, incluyendo opciones sintéticas o residuos minerales y orgánicos. Estos sustratos, ya sea en su forma pura o combinados, son colocados dentro de un recipiente y permiten que las raíces de la planta se anclen

adecuadamente, desempeñando así una función esencial como soporte para la misma. Es importante señalar que históricamente se han desarrollado diversos materiales específicamente destinados a ser utilizados como sustratos; incluso ha habido uso de materia orgánica tal como la turba. Sin embargo, es relevante mencionar que todas estas prácticas conllevan costos tanto ambientales como económicos significativos (Arias *et al.* 2023).

Los sustratos más utilizados son aquellos de origen orgánico, tales como la cascarilla de arroz, la fibra de coco y la turba; así como los minerales, entre los que se encuentran la lana de roca y la perlita (Monsalve *et al.* 2021). Es importante señalar que los materiales orgánicos tienden a ser más estables en comparación con los minerales. Sin embargo, el uso de sustratos orgánicos ha aumentado recientemente debido a su fácil disponibilidad y coste reducido (Ruiz y Salas 2019).

1.1.2. Enmiendas en la mejora de las propiedades físicas y químicas del sustrato

En la actualidad, las enmiendas mejoran significativamente la estructura del suelo tanto físicas como químicas y promueven el crecimiento de los cultivos principalmente para combatir la degradación del suelo y los bajos rendimientos de los cultivos en la agricultura, en otras palabras, desempeñan un papel vital en la mejora de la fertilidad y la estructura del suelo al mejorar sus propiedades físicas, aumentar la capacidad de retención de agua y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, al promover una mejor aireación, permeabilidad y agregación del suelo, contribuyen a un entorno más favorable para el crecimiento de las raíces (Tao *et al.* 2024).

A su vez, las enmiendas del suelo representan una herramienta fundamental para mitigar la degradación del suelo y respaldar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas, particularmente en la agricultura basada en instalaciones donde la calidad del suelo es un factor limitante, de hecho, numerosos estudios han demostrado que la aplicación de biocarbón y vermicompost pueden mejorar

significativamente la calidad del suelo y promover el rendimiento de los cultivos (Paradelo et al. 2024).

De hecho, diversos estudios aluden que, el uso de enmiendas orgánicas aumenta su calidad y fertilidad y tiene efectos positivos sobre la producción al aportar macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo, se comprobó que la adición de enmiendas orgánicas en hortalizas mejora la función del suelo para la producción de alimentos, evidenciada por las mayores concentraciones de K, Mg y micronutrientes (Sánchez et al. 2023).

1.1.2.1. Sustratos a base de coco y lombricompost

Los sustratos a base de fibra de coco provienen del procesamiento de la cáscara del coco y se emplean como medio de cultivo en la agricultura destacan por su habilidad para almacenar agua, mejorar la oxigenación y crear condiciones ideales para el crecimiento de las raíces, además este tipo de material es ecológico, biodegradable y muy utilizado en sistemas hidropónicos, viveros y actividades de jardinería, cabe destacar que, asimismo la fibra de coco tiene un pH y una densidad bajos, buena estabilidad física, aireación y capacidad de retención de agua (Carreira et al. 2023).

El uso de sustratos a base de fibra coco está adquiriendo cada vez más importancia en la agricultura sin suelo, de hecho, se ha analizado la idoneidad de los sustratos a base de coco para el cultivo de hortalizas en invernaderos, diferentes autores compararon los sustratos de coco con otros sustratos (perlita, lana de roca, aserrín) utilizados en el cultivo de hortalizas en invernadero donde los resultados mostraron que en el cultivo de pepino el mayor diámetro del tallo y la mayor biomasa se obtuvieron en los medios de turba de coco (Masquelier et al. 2022).

Por su parte, los sustratos a base de lombricompost provienen del proceso de descomposición de materia orgánica llevado a cabo por lombrices, como la lombriz roja californiana, este sustrato destaca por su alto contenido de nutrientes, su capacidad para mejorar la estructura del suelo, su eficiencia en la retención de agua

y su contribución a un entorno favorable para el desarrollo de las plantas, por ende, son una forma completamente natural de obtener fertilizante de calidad, importante para la fertilidad del suelo, así como para el crecimiento de cultivos agrícolas (Mejía *et al.* 2022).

Cabe mencionar que, el lombricompost ha demostrado tener impactos positivos en el desarrollo de los cultivos, especialmente en las hortalizas haciendo que crezcan rápidamente y fructifiquen temprano, debido a que las lombrices de tierra proporcionan lombricompost rico en nutrientes para estimular el desarrollo de las plantas e inclusive mejora de la fertilidad del suelo y la gestión de residuos respetuosa con el medio ambiente (Katiyar *et al.* 2023).

1.1.3. Plántulas y factores que influyen en su crecimiento

Las plántulas son plantas jóvenes que se desarrollan a partir de semillas tras el proceso de germinación, las cuales representan la etapa inicial de crecimiento de una planta y generalmente están formadas por un pequeño tallo, raíces y los primeros pares de hojas, llamadas cotiledones, donde las hojas iniciales suelen nutrir a la plántula hasta que desarrolla hojas verdaderas y comienza a realizar la fotosíntesis de manera independiente (Sharma *et al.* 2022).

La producción de plántulas es clave para establecer una plantación de vegetaciones exitosas, debido a que la germinación asegura mejores frutos y cosechas más abundantes, evitando el deshijamiento, que consiste en retirar plántulas excedentes, por lo general, en el mercado de producción de plántulas hortícolas se utiliza un sistema anidado: por cada plántula se produce un nido (Lanuza *et al.* 2021).

El cultivo de plántulas generalmente se realiza en un vivero siendo esta práctica la principal forma de criar material de plantación primordialmente para hortalizas, frutales y forestales, debido a que pueden proporcionar un cuidado y una atención óptimos a las plántulas durante su etapa juvenil, lo que resulta en la producción de

plántulas sanas y vigorosas, generalmente las plántulas que se siembran en vivero se desarrollan de forma eficiente y económica (Riikonen y Luoranen 2018).

Por tanto, el vivero es, una necesidad básica primordialmente en la horticultura, debido a que, son diseñados para proteger las plantas jóvenes del clima severo al tiempo que permiten el acceso a la luz y la ventilación, así como el riego, es decir, las técnicas y prácticas de propagación de plantas son el núcleo de los viveros de horticultura; sin embargo, el destino del vivero depende de la calidad y veracidad de las plantas madre, siendo estas necesarias tanto para el stock como para los vástagos, de hecho, las plantas madre deben seleccionarse en función de sus rasgos genéticos y otros factores como la disponibilidad y la adaptación al entorno de crecimiento (Vázquez y Venn 2021).

El crecimiento y desarrollo de plántulas de alta calidad pueden verse afectados significativamente por factores ambientales como la temperatura, la intensidad de la luz, la humedad y los nutrientes, siendo la producción de hortalizas especialmente susceptible a estos estreses ambientales abióticos, la exposición a condiciones extremas de temperatura y luz puede exacerbar estos desafíos, y la susceptibilidad varía según el estado de las plántulas y la etapa fenológica (Islam et al. 2024).

La luz es uno de los factores ambientales abióticos más importantes que afecta fuertemente el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a que, la intensidad y la calidad de la luz son fundamentales para el crecimiento de las plantas, la morfogénesis y otras respuestas fisiológicas, las plantas que crecen en condiciones de poca luz suelen ser más susceptibles a la supresión de la luz que las plantas que crecen bajo una alta intensidad de luz, sin embargo, un alto nivel de intensidad de luz resulta en una disminución de la tasa neta de fotosíntesis, y niveles bajos de luz pueden resultar en un aumento del área foliar específica y la altura de la planta (Li et al. 2024).

De hecho, la temperatura es uno de los factores más necesarios para la germinación de las semillas y afecta a todas las reacciones y etapas individuales de la germinación, es decir, la temperatura óptima favorece una buena aptitud para germinar, mientras que las temperaturas bajas y altas resultan en el retraso de la germinación, cabe mencionar que el crecimiento óptimo de las plántulas se produce alrededor de los 20 °C, y las temperaturas superiores a este rango afectan negativamente a su altura, el estrés lumínico afecta significativamente a la altura de las plántulas, influyendo en procesos como la producción de nutrientes, la longitud del tallo, el color de las hojas y la floración (Islam et al. 2024).

El agua es esencial para mantener las funciones del metabolismo protoplásmico, suministrar oxígeno disuelto al embrión de la semilla, suavizar la envoltura externa de esta y aumentar su permeabilidad. Sin embargo, el exceso de estrés hídrico puede obstaculizar la actividad enzimática, reducir el potencial hídrico, así como los niveles solubles de calcio y potasio, además de alterar las hormonas presentes en las semillas. Es importante señalar que una carencia en nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, puede resultar en un estancamiento del crecimiento y una reducción en la altura total de la plántula (Jaim et al. 2022).

1.1.4. Etapas del crecimiento vegetativo

La fase de crecimiento vegetativo de una planta incluye el desarrollo y la expansión de las raíces, brotes, hojas, ramas y macollos, durante el crecimiento vegetativo, el cambio de fase vegetativa se acompaña de cambios específicos de la especie de manera específica tales como el tamaño y la forma de las hojas, además de la formación de las hojas verdaderas, el desarrollo de las raíces y la expansión del tallo y ramificación (Raihan et al. 2021).

El crecimiento de las plántulas, comienza cuando se completa la germinación, señala un cambio en las prioridades hacia un rápido crecimiento de la raíz y el brote y el establecimiento de una plántula fotosintética, en efecto, esta fase sirve como una fase fundamental en el crecimiento de las plántulas de plantas, y el porcentaje de germinación juega un papel fundamental en el desarrollo general de la planta,

estudios han demostrado que una mayor germinación de las semillas mejora la resistencia al estrés, sobre todo en especies de plantas específicas como el tomate, la espinaca roja y el repollo (Kale et al. 2024).

Por su parte, el crecimiento de las raíces de las plántulas responde en gran medida a la iluminación de los brotes y los procesos de señalización que conducen a la fotomorfogénesis son funcionales tanto en los brotes como en las raíces, donde las compensaciones nutricionales y de desarrollo entre los brotes y las raíces son fundamentales para el crecimiento de los órganos (Stafen et al. 2022).

En relación a, las hojas iniciales emergen siendo los cotiledones, que no son hojas verdaderas pero sirven para almacenar nutrientes y energía, consecutivamente, las plántulas desarrollan sus primeras hojas verdaderas, que comienzan a realizar la fotosíntesis y proporcionar energía para el crecimiento continuo de la planta; por consiguiente, el tallo, en esta fase, el tallo atraviesa la superficie del suelo durante esta fase, el epicotilo que es la parte superior del tallo se alarga y empuja hacia fuera mientras la radícula (raíz) se desarrolla hacia abajo, posterior a ello el tallo crece en altura y diámetro (Luo et al. 2023).

1.1.5. Importancia de la producción de hortalizas en el Ecuador

En la economía de Ecuador, la agricultura representa un sector fundamental que respalda el dinamismo económico y provee materias primas a la industria. Esto fomenta el crecimiento industrial al suministrar alimentos a la población, lo cual asegura tanto la seguridad alimentaria como la soberanía del país. La producción de hortalizas en Ecuador se lleva a cabo en diferentes escalas: pequeña, mediana y grande, siendo considerada un cultivo transitorio que ha contribuido al desarrollo agrícola nacional (Pacheco et al. 2018).

La importancia de la producción de hortalizas en el país radica en los elevados requerimientos de este tipo de cultivos como pimiento, habas, brócoli, cebolla y tomate, por lo tanto en el Ecuador ha mostrado un incremento en su participación tributando el 16% al PIB agrícola del país, esto sin considerar la producción de otros cultivos perennes (Moreno et al. 2019). Debido a, ello se enfatiza la gran

importancia siendo este un recurso efectivo para fomentar también huertos familiares, por ende, promover las habilidades de producción (Pincay et al. 2022).

1.1.6. Relación entre sustrato y desarrollo vegetal

El uso de enmiendas del sustrato, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo, por ende, los sustratos influyen en el desarrollo de las plantas, incluido su crecimiento, rendimiento y absorción de nutrientes; no obstante, es de suma importancia tener en cuenta que la calidad del sustrato difiere según la composición de materiales orgánicos e inorgánicos, lo que genera diferentes capacidades de retención de agua y nutrientes, asimismo en cuanto a la composición adecuada del sustrato es un factor clave que puede afectar la riqueza de especies y la composición de la vegetación (Mayo et al. 2020).

En particular, el sustrato hortícola y el tamaño del contenedor influyen en gran medida en la calidad de las plántulas, el rendimiento y el costo de producción en el sistema de plántulas en tapón, es decir, los sustratos hortícolas se utilizan en viveros como reemplazo del suelo para producir plantas sanas y libres de enfermedades, por ende, la calidad del sustrato difiere según la composición de materiales orgánicos e inorgánicos, lo que conduce a diferentes capacidades de retención de agua y nutrientes, tiene un gran impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kyung et al. 2021).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, la producción de hortalizas es una actividad clave para el desarrollo agrícola, pero enfrenta limitaciones importantes relacionadas con la tecnificación de los cultivos, donde los sustratos utilizados en la etapa de pre-trasplante juegan un papel crucial en el rendimiento final de los cultivos, impactando su productividad y calidad (Fierro et al. 2018). Cabe mencionar que en Ecuador aún se depende de sustratos importados como la turba, perlita y vermiculita, entre otras, que tienen costos elevados, dificultando su acceso para muchos pequeños y medianos productores (Andrade et al. 2019).

Además, el método tradicional de siembra en campo abierto suele exponer las semillas a diversas amenazas, como erosión, compactación, malas hierbas y condiciones climáticas adversas, lo cual resulta en tasas de germinación bajas y plantas menos vigorosas, ya que las semillas a menudo enfrentan dificultades en suelos de baja calidad o mal drenaje, por lo cual se han implementado semilleros, que permiten la siembra en un entorno controlado, que sumado al uso de sustratos adecuados en lugar de suelo natural optimiza nutrientes, aireación y retención de agua, condiciones esenciales para el crecimiento saludable de las plántulas (Mestanza et al. 2021).

Cabe mencionar que un sustrato adecuado no solo debe cumplir con los requerimientos nutricionales, sino también favorecer el desarrollo de raíces y partes aéreas, debido que la calidad de los sustratos influye significativamente en el crecimiento de las plántulas, por lo que es fundamental evaluar los disponibles para identificar los más favorables para la producción agrícola.

De tal modo que la falta de investigación y desarrollo de alternativas agrava esta situación, generando una dependencia externa que incrementa los costos de producción y reduce la competitividad del sector hortícola, tal cual sucede en provincias como Manabí, donde la agricultura es un pilar fundamental de la economía, las condiciones climáticas favorables no se están aprovechando al máximo debido al uso ineficiente de sustratos adecuados o no poder acceder a los materiales por sus costos, afectando negativamente la etapa de pre-trasplante, lo cual repercute en una menor calidad y cantidad de la cosecha final (Villasmil et al. 2022).

Cabe añadir que en la finca experimental Los Bajos, ubicada en Montecristi, pese a sus condiciones climáticas es necesario conocer el efecto de diferentes tipos de sustratos, pues se pretende de ser posible mejorar el potencial productivo de la finca, siendo una necesidad urgente el encontrar sustratos más accesibles y efectivos que mejoren la etapa pre-trasplante, sin depender de costosos insumos importados, y así asegurar la sostenibilidad y competitividad de los agricultores.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, es imprescindible adoptar diversas técnicas para la producción de alimentos, ya que las demandas de la sociedad en términos de salud, calidad de los productos y respeto al medio ambiente están en constante aumento, lo cual nos lleva a buscar sistemas de producción innovadores que respondan a estas necesidades, como la agricultura orgánica (Youssef et al. 2021).

Hoy en día, existe una gran variedad de materiales que pueden ser utilizados para elaborar sustratos, donde la elección correcta de estos puede optimizar la producción y reducir costos, siempre que se adapten a las condiciones y necesidades específicas del cultivo. Además, es fundamental considerar aspectos medioambientales como la durabilidad y la capacidad de reciclaje del sustrato, buscando opciones que sean sostenibles y amigables con el entorno.

El uso de insumos orgánicos como fibra de coco, uso de abonos como compost, humus de lombriz, entre otros, han demostrado, a lo largo de los años, efectos positivos tanto en la producción como en la conservación del medio ambiente, siendo insumos que no solo aumentan el rendimiento agrícola, sino que también promueven la regeneración del suelo y el desarrollo de microorganismos beneficiosos. Por estas razones, se ha optado por implementarlos en la producción de hortalizas, un alimento fundamental para la sociedad, contribuyendo así a una agricultura más sostenible y responsable.

Este proyecto tiene como finalidad aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica para profundizar en el estudio de los sustratos y su impacto en el crecimiento vegetativo de las hortalizas. Al enfocar el estudio en la etapa de pre-transplante, se pretende fortalecer las habilidades en el manejo de técnicas agronómicas, optimizando los resultados y acumulando experiencia en la investigación de campo.

Además, se pretende que al identificar sustratos de bajo costo que puedan mejorar la eficiencia en la producción de plántulas de hortalizas, pues la selección adecuada

de estos materiales puede contribuir a reducir los costos de producción al minimizar la necesidad de insumos sintéticos, que suelen ser más caros, debido que, al identificar alternativas más accesibles y eficientes, los agricultores podrían mejorar su competitividad en el mercado, logrando una producción más rentable.

Cabe mencionar que el uso de sustratos orgánicos y sostenibles en la etapa de pre-trasplante no solo optimiza el crecimiento de las plántulas, sino que también reduce el impacto ambiental. Asimismo, este proyecto tiene el potencial de beneficiar a los productores locales al proporcionar información valiosa sobre la optimización del uso de sustratos, mejorando la producción de hortalizas en la región, lo cual no solo fortalecerá la seguridad alimentaria, sino que también contribuirá al desarrollo económico local, al mejorar la calidad y cantidad de productos disponibles para el consumo.

Por ello es tan importante conocer el efecto de la aplicación de sustratos en el crecimiento vegetativo pre-trasplante y su incidencia en la producción de plántulas en la finca experimental Los Bajos Montecristi, 2024.

1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo influye el uso de sustratos en el crecimiento vegetativo de las plántulas en la etapa pre-trasplante?
- ¿De qué manera el uso de sustratos a base de lombricompost y fibra de coco mejora la calidad del crecimiento vegetativo y la eficiencia en la producción de plántulas en la finca experimental Los Bajos Montecristi?

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis alternativa (HA)

Al menos uno de los sustratos en la etapa de pre-trasplante muestra diferencias estadísticas significativas en el crecimiento vegetativo y en la producción de plántulas en la finca experimental Los Bajos Montecristi.

1.5.2. Hipótesis nula (H0)

No se tendrá diferencias significativas en el crecimiento vegetativo ni en la producción de plántulas en la finca experimental Los Bajos Montecristi al utilizar uno de los sustratos durante la etapa de pre-trasplante.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de sustratos en el crecimiento vegetativo de plántulas de hortalizas durante la etapa pre-trasplante en la finca experimental Los Bajos Montecristi, 2024.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia del uso de sustratos en el crecimiento vegetativo de las plántulas durante la etapa de pre-trasplante.
- Establecer el mejor sustrato para la producción de plántulas en la finca experimental los bajos Montecristi.
- Realizar una estimación económica de los costos de producción de las plántulas.

CAPITULO II.

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del lugar de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental “Los Bajos”, extensión de la ULEAM, ubicada en la comuna Bajo del Pechiche del cantón Montecristi, provincia de Manabí. Esta tuvo una duración de aproximadamente seis meses, iniciando en agosto de 2024 y finalizando en enero de 2025.

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio “Finca Exp. Los Bajos”



Fuente: Google Earth (2024)

2. 2. Características edafoclimáticas del área de estudio

Tabla 1. Datos edafoclimáticos de Los Bajos-Montecristi

Parámetros	Promedio
Precipitación media anual	375-440 mm
Humedad relativa	75-83%
Temperatura media anual	25,1°C.
Heliofanía anual	1000 (Horas)
Textura del suelo	Arcilloso
Altitud	300 m.s.n.m

Fuente: (PDOT 2016; INAMHI 2016)

2.3. Tipo de investigación

El presente trabajo correspondió a una investigación experimental Unifactorial, debido que consiste en la repetición voluntaria de los fenómenos para verificar una hipótesis a través de la experimentación y comparación con variables.

2.4. Tratamientos

Tabla 2. Distribución de los tratamientos en estudio, la cual se repite para las 3 especies escogidas.

#Tratamiento	Descripción
T0 (testigo)	Turba 100%
T1	20% Fibra de coco + 80% Lombricompost
T2	35% Fibra de coco + 65% Lombricompost
T3	45% Fibra de coco + 55% Lombricompost

Elaborado por: Bazurto, Caicedo y Zambrano (2024)

2.5. Diseño experimental

Para la investigación se empleó un Diseño Completo al Azar (DCA), además, cada tratamiento contó con 4 repeticiones. En la tabla 3 se observan las características del experimento, donde se especifican los detalles para las 3 especies de hortalizas.

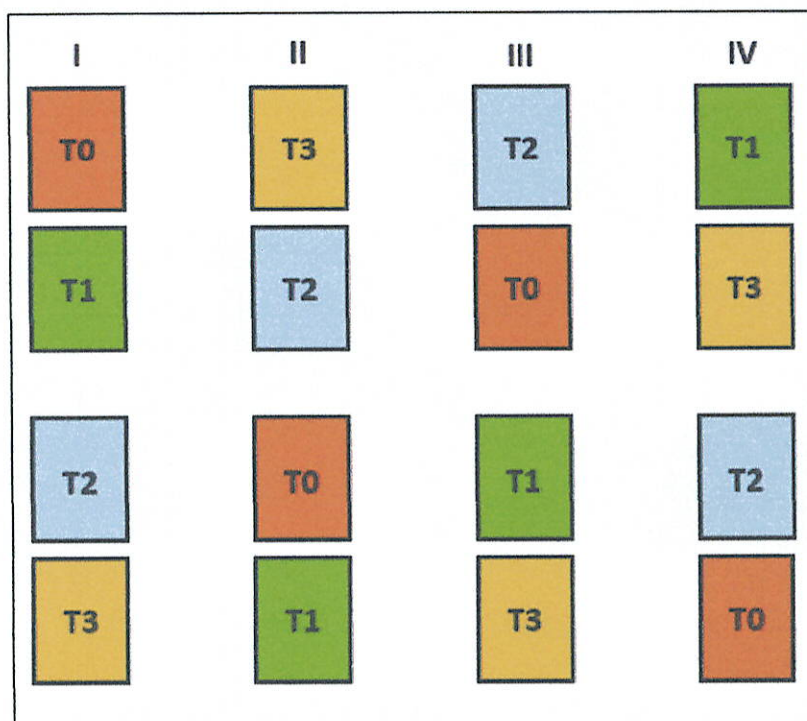
Tabla 3. Esquema de análisis de varianza (ANOVA), la cual se repetirá para las 3 especies de hortalizas.

Fuente de variación		G. L
Total	$(t \cdot r - 1)$	15
Tratamientos	$(t - 1)$	3
Error experimental	$(t - 1)(r - 1)$	12

Elaborado por: Bazurto, Caicedo y Zambrano (2024)

El diseño experimental se estructuró siguiendo el croquis que muestra la disposición de las unidades experimentales (Fig. 2). El experimento constó de un total de 48 unidades experimentales, distribuidas en 4 repeticiones y 4 tratamientos, ocupando un área total de 57,72 m² con dimensiones de 7,80 m de largo y 7,40 m de ancho.

Figura 2. Croquis de campo



En la Figura 2 se muestra el croquis de campo que representa el diseño de ubicación de los tratamientos, el cual se mantuvo igual para cada especie hortícola estudiada (pepino, pimiento y tomate), garantizando la uniformidad en la disposición de los tratamientos a lo largo del experimento.

2.6. Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) (tabla 4) para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos. Para identificar las diferencias entre medias, se utilizó la Prueba de Tukey al 5%. El software estadístico Infostat se empleará para el análisis de datos.

Cabe mencionar que, para determinar el coeficiente de variación, para determinar la exactitud del experimento, se tuvo en cuenta la siguiente fórmula para su realización:

$$CV = \frac{\sqrt{CM\ ERROR}}{\bar{x}} * 100$$

2.7. Materiales

Materiales para sustratos

- Turba 100%
- Fibra de coco
- Lombricompost

Materiales de campo

- Palas
- Rastrillos
- Machetes
- Piolas
- Sacos
- Plástico de invernadero
- Malla sarán 50% sombra
- Bandejas de semillero
- Cañas de guadua
- Abrehoyos
- Regla graduada
- Cinta métrica

Semillas de hortalizas

- Pepino
- Pimiento
- Tomate

2.8. Datos tomados y métodos de evaluación

A continuación, se presentan las variables evaluadas junto con los métodos de evaluación utilizados para cada una de las tres especies hortícolas estudiadas:

pepino, pimiento y tomate. Para cada especie, se tomó una muestra de 5 plantas por unidad experimental, detallándose los datos recopilados y los procedimientos empleados para su análisis, con el objetivo de garantizar la precisión y uniformidad en la evaluación de las características de interés.

2.8.1. Porcentaje de germinación

Para determinar el porcentaje de semillas se utilizó la fórmula de Armenta et al. (2020), que se muestra a continuación:

$$\% \text{Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas colocadas}} \times 100$$

2.8.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas

Se refiere al periodo requerido para que las semillas comiencen a germinar. Se consideró el tiempo de germinación, que es la duración necesaria para alcanzar entre el 25% y el 50% de la capacidad total de germinación.

2.8.4. Altura de la plántula

Se utilizó una cinta métrica para medir la distancia desde el cuello o base del tallo de la plántula hasta el extremo superior de las hojas, y se anotaron los datos en centímetros.

2.8.4. Longitud radicular

Se lavaron las raíces con agua antes para eliminar el sustrato residual, se tomó la medida desde la base o cuello de la plántula hasta el extremo de la raíz utilizando una regla graduada. Los datos fueron registrados en centímetros.

2.8.7. Diámetro de tallo

La variable diámetro de tallo se midió utilizando un calibrador digital de precisión (en milímetros). La medición se realizó a la altura del cuello de la plántula, es decir, en la base del tallo, justo donde emerge del sustrato.

2.9. Estimación de costos

Se documentaron las acciones llevadas a cabo durante la evaluación, y al considerar los insumos empleados, se calculó el costo total del estudio.

2.8. Manejo del experimento

2.7.1. Preparación e instalación del área

Para la preparación e instalación del área, en primer lugar, se hizo la limpieza del terreno y deshierbe del área, para posteriormente nivelar y cuadrar el área del estudio, donde se establecieron las unidades experimentales como se planteó en el croquis de campo.

2.7.2. Construcción de vivero

Para la construcción del vivero se utilizaron cañas de guadua para el soporte y estructura, para ello se abrieron hoyos en cada extremo y centro del área donde se colocaron las cañas que estuvieron a una altura de 3 metros, el cual tuvo las dimensiones: 7.40 x 7.80 metros; por último, se colocó la malla sarán al 50% de sombra y se distribuyó desde arriba hacia abajo para sellar por completo el vivero e impedir el paso de aves y otros animales.

2.7.3. Selección de la semilla

Se utilizaron semillas de la marca Bonanza y Quadrisem de las siguientes hortalizas: pepino, pimiento, tomate, previamente curadas para prevenir formación de patógenos y nematodos.

2.7.4. Obtención de los sustratos

Se utilizó lombricompost, un abono orgánico rico en nutrientes, elaborado a partir de la división de residuos orgánicos de origen vegetal mediante la acción de lombrices. Asimismo, se incorporó fibra de coco, un material natural extraído de la cáscara del coco, reconocido por su capacidad para retener agua y mejorar la aireación del suelo. Ambos insumos fueron adquiridos en el Agromarket, una tienda de productos agrícolas ubicada en la ULEAM - extensión Manta, y provenientes de las fincas experimentales Los Bajos y Lodana, lo que garantizó su calidad y origen controlado. Por otra parte, la turba fue obtenida en un vivero especializado, seleccionado por su confiabilidad.

2.7.5. Llenado de bandejas con sustratos

Posterior a la realización de las mezclas con las fuentes de materia orgánica con las proporciones indicadas en los tratamientos en estudio, se procedió a llenar las bandejas distribuir las con su respectiva codificación de acuerdo con cada uno de los tratamientos, para posteriormente empezar con las evaluaciones.

2.7.6. Siembra

Se colocaron las semillas a 2 mm de profundidad para tomate, 4 mm para pepino y 2 mm para pimiento. Se utilizaron bandejas de 50 alveolos.

2.7.7. Riego pre-trasplante

Al inicio del experimento, la aplicación del riego fue constante y se realizó dos veces al día cuando fue necesario, especialmente durante los días soleados. Este se llevó a cabo por la mañana, antes de la aparición del sol, y por la tarde, después de su salida, con el propósito inicial de facilitar la germinación de las semillas y, posteriormente, prevenir el estrés de las plántulas una vez germinadas. A medida que las plantas crecieron, la intensidad del riego se ajustó, reduciendo la frecuencia conforme lo requirieron las necesidades de las plántulas en cada etapa de desarrollo.

2.7.8. Deshierbe y control fitosanitario

Con el propósito de que las plántulas tengan un desarrollo normal y eficiente, se realizó el control de malezas de manera periódica, así mismo el control de plagas, enfermedades, esto se realizó de forma manual, cada semana, además no se hizo el uso de químicos que puedan alterar el respectivo estudio.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

Una vez evaluados los datos obtenidos durante el experimento, se presentan a continuación los resultados de las variables analizadas para las tres especies hortícolas estudiadas: pepino, pimiento y tomate. Las variables incluyeron el porcentaje de germinación, el coeficiente de velocidad de germinación de semillas, la altura de las plántulas, la longitud radicular y el diámetro de tallo.

3.1. Porcentaje de germinación

Los resultados del análisis de varianza muestran que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en el porcentaje de germinación entre los tratamientos evaluados en ninguna de las especies (pepino, pimiento y tomate). En todos los casos, los valores de germinación fueron consistentemente altos, superando el 95% en promedio.

El coeficiente de variación (CV) fue bajo ($<5\%$), lo que indica una alta precisión en los datos de germinación. Esto sugiere que las condiciones experimentales y los tratamientos utilizados no introdujeron variabilidad significativa en este parámetro, asegurando la confiabilidad de los resultados.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza del porcentaje de germinación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Especie	Tratamiento	Medias	Valor F	CV	P-valor
Pepino	T0	99.00 ± 2.35 A	0.36	4.79	0.7805
	T1	96.00 ± 2.35 A	0.36	4.79	0.7805
	T2	99.00 ± 2.35 A	0.36	4.79	0.7805
	T3	98.00 ± 2.35 A	0.36	4.79	0.7805
Pimiento	T0	97.00 ± 1.50 A	0.41	3.08	0.7505
	T1	96.00 ± 1.50 A	0.41	3.08	0.7505
	T2	98.00 ± 1.50 A	0.41	3.08	0.7505
	T3	98.00 ± 1.50 A	0.41	3.08	0.7505

Tomate	T0	98.00 ± 1.89 A	0.44	3.87	0.7273
	T1	96.00 ± 1.89 A	0.44	3.87	0.7273
	T2	99.00 ± 1.89 A	0.44	3.87	0.7273
	T3	98.00 ± 1.89 A	0.44	3.87	0.7273

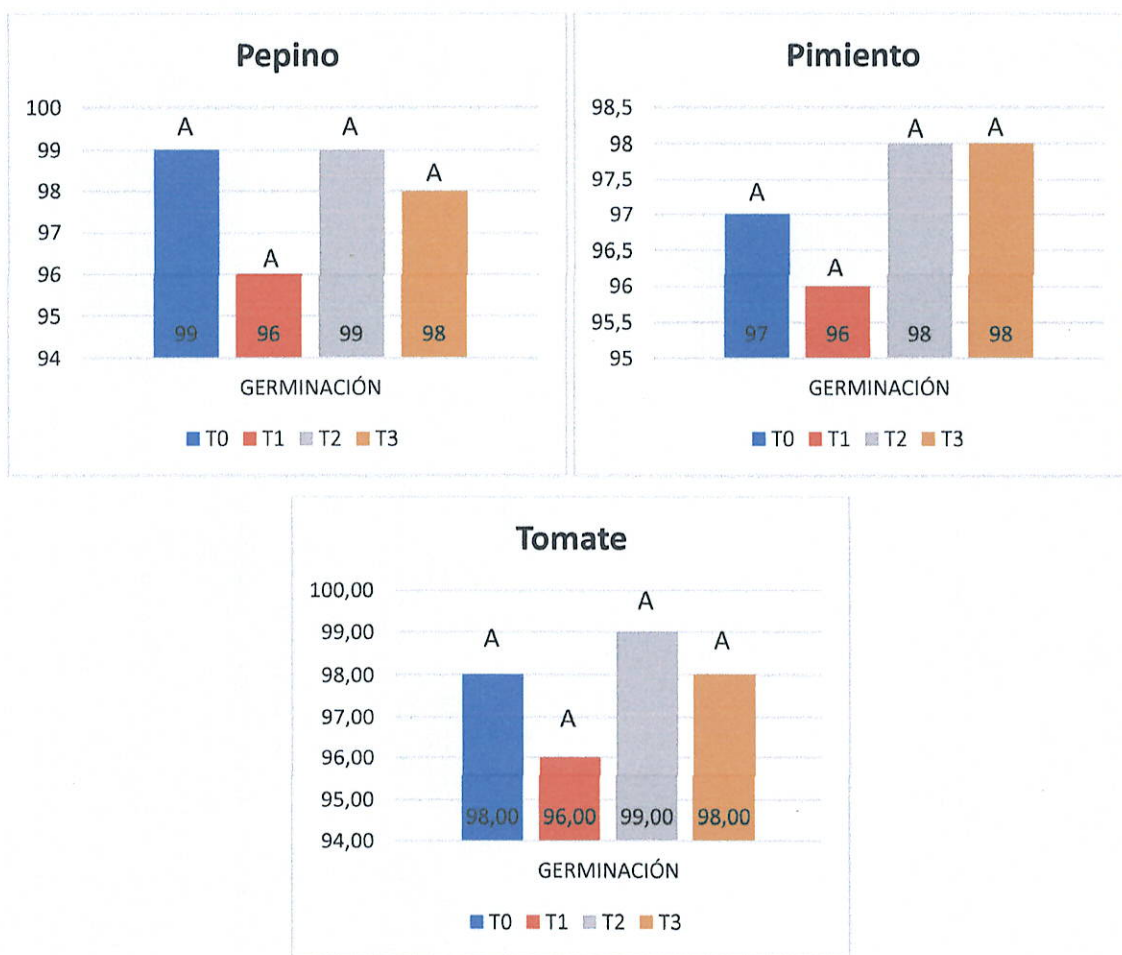
En la figura 3, se contrastan gráficamente los resultados de germinación para las tres especies evaluadas (pepino, pimiento y tomate) muestran porcentajes elevados en todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos (Figura 3). Para el pepino, el tratamiento testigo (T0) con 99% de germinación fue ligeramente superior a los otros tratamientos, con el T1 (20% fibra de coco + 80% lombricompost) mostrando un 96%, el tratamiento T2 (35% fibra de coco + 65% lombricompost) 99% y T3 (45% fibra de coco + 55% lombricompost) alcanzó un 98%. A pesar de estas pequeñas variaciones, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que implica que la combinación de fibra de coco y lombricompost no tiene un efecto relevante sobre la germinación del pepino.

En el caso del pimiento, los porcentajes de germinación fueron igualmente altos, con el testigo (T0) alcanzando el 97%, y los tratamientos T1, T2 y T3 con porcentajes de germinación del 96%, 98% y 98%, respectivamente. Al igual que en el pepino, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que sugiere que las combinaciones de sustrato con diferentes proporciones de fibra de coco y lombricompost no afectarán de manera significativa la germinación del pimiento.

Finalmente, para el tomate, los porcentajes de germinación fueron de 98% para el tratamiento T0, 96% para T1, 99% para T2, y 98% para T3. A pesar de que el tratamiento T2 presentó el mayor porcentaje de germinación, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que significa que, al igual que en las otras especies, la mezcla de fibra de coco y lombricompost no tuvo un impacto notable sobre la germinación del tomate.

Entonces, esto demuestra que los tres cultivos (pepino, pimiento y tomate) mostraron un alto porcentaje de germinación en todos los tratamientos evaluados, sin que la variación en la proporción de fibra de coco y lombricompost haya generado diferencias significativas ($p < 0,05$) en comparación al testigo (T0), de tal modo que el tipo de sustrato no afectó significativamente la germinación de estas especies bajo las condiciones de este experimento.

Figura 3. Resultados del análisis estadístico del porcentaje de germinación en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas

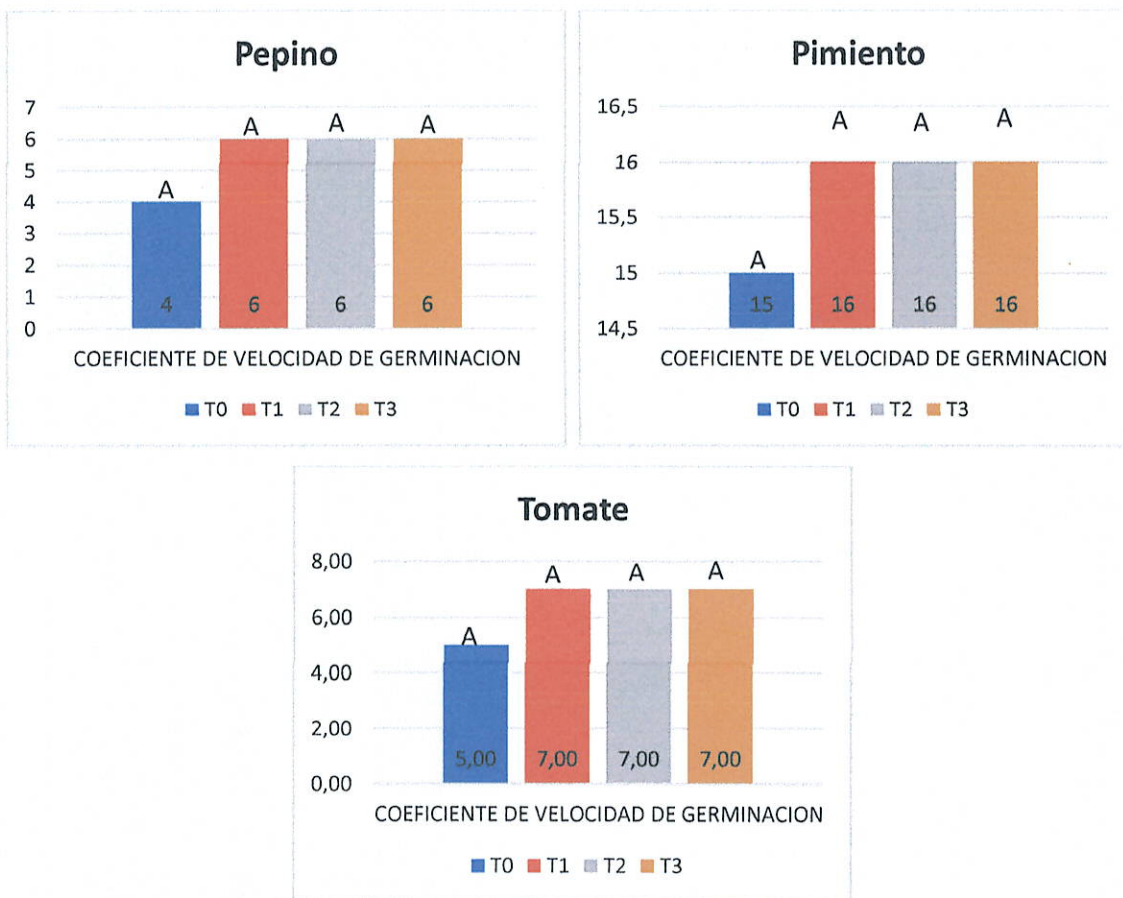
Los resultados del coeficiente de velocidad de germinación muestran que el tiempo que tardaron las semillas en germinar hasta alcanzar un 50% varió según la especie, pero no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los casos, lo que se indica con ($p < 0,05$), como se observa en la figura 4. En el caso del pepino, el tratamiento testigo (T0) mostró el tiempo de germinación más corto, con 4 días, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) presentaron un tiempo de germinación más largo, de 6 días. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que las diferentes combinaciones de sustrato no tuvieron un impacto relevante en la velocidad de germinación del pepino.

Para el pimiento, los resultados muestran que el tiempo de germinación fue más largo que en el pepino y tomate, con 15 días para el tratamiento testigo (T0) y 16 días para los tratamientos con fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3). Al igual que en el pepino, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que la mezcla de sustratos no influyó de manera significativa en la velocidad de germinación del pimiento ($p < 0,05$).

En el caso del tomate, el tratamiento testigo (T0) presentó el tiempo de germinación más corto, con 5 días, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron un tiempo de germinación de 7 días. De nuevo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que el tipo de sustrato no afectó significativamente la velocidad de germinación del tomate ($p < 0,05$).

Esto quiere decir que, a pesar de las diferencias en los tiempos de germinación entre las especies, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los casos, de tal modo que la mezcla de sustratos utilizados, que incluye diferentes proporciones de fibra de coco y lombricompost, no tuvo un efecto notable sobre la velocidad de germinación de las especies estudiadas en comparación al testigo.

Figura 4. Resultados del análisis estadístico del coeficiente de velocidad de germinación en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.3. Altura de la plántula

Para la altura de plántula, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las especies. En pepino, pimiento y tomate, todos los tratamientos, incluyendo el testigo, presentaron valores similares de altura.

El coeficiente de variación (CV) obtenido para el cultivo de pepino fue elevado (49.83), evidenciando una notable variabilidad en los datos. Este resultado puede estar relacionado con la falta de estandarización en factores críticos durante el proceso de siembra, como la profundidad de las semillas y su orientación. En este caso, las semillas se sembraron de manera vertical, cuando lo ideal habría sido hacerlo en posición horizontal, lo que probablemente impactó el desarrollo homogéneo de las plántulas. Por otro lado, los CV registrados para los cultivos de

pimiento (3.64) y tomate (18.21) reflejan una menor dispersión y mayor consistencia en el desarrollo de las plántulas, sugiriendo que las prácticas implementadas en estos casos fueron más efectivas.

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza de altura de plántula. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

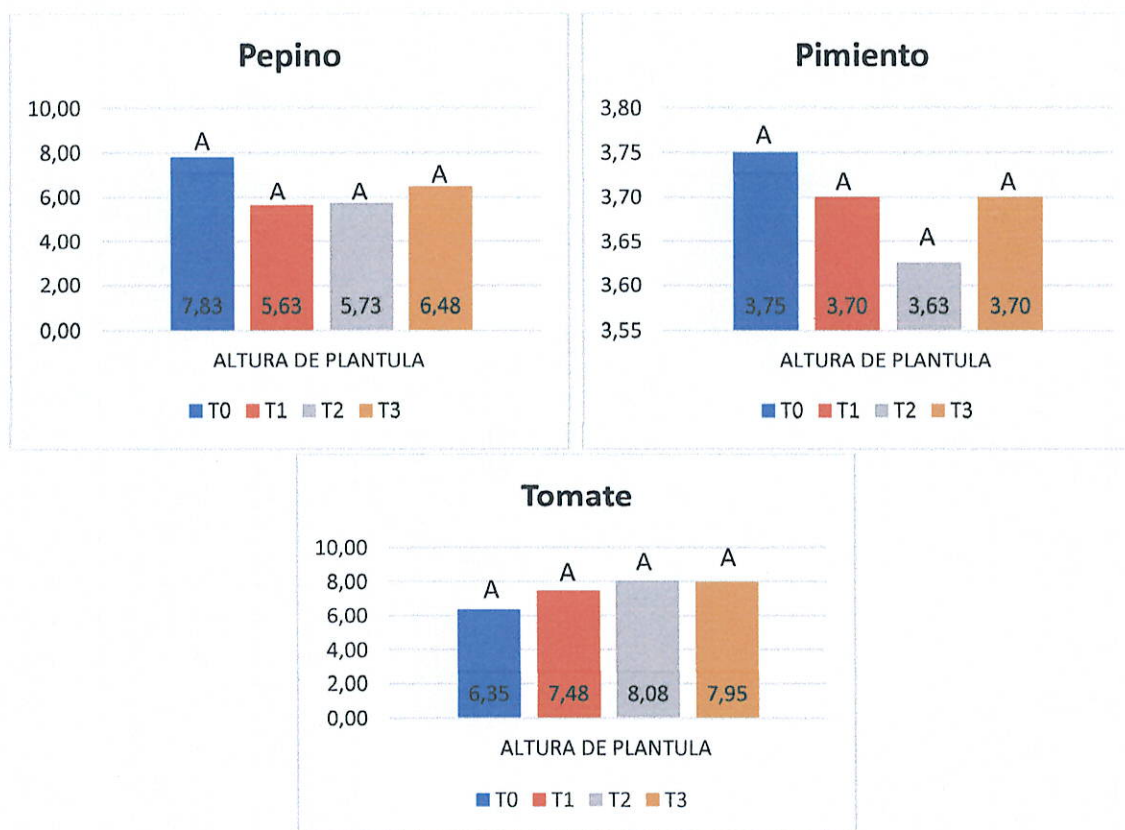
Especie	Tratamiento	Medias	Valor F	CV	P-valor
Pepino	T0	7.83 ± 1.60 A	0.40	49.83	0.7530
	T1	5.63 ± 1.60 A	0.40	49.83	0.7530
	T2	5.73 ± 1.60 A	0.40	49.83	0.7530
	T3	6.48 ± 1.60 A	0.40	49.83	0.7530
Pimiento	T0	3.75 ± 0.07 A	0.59	3.64	0.6355
	T1	3.70 ± 0.07 A	0.59	3.64	0.6355
	T2	3.63 ± 0.07 A	0.59	3.64	0.6355
	T3	3.70 ± 0.07 A	0.59	3.64	0.6355
Tomate	T0	6.35 ± 0.68 A	1.34	18.21	0.3086
	T1	7.48 ± 0.68 A	1.34	18.21	0.3086
	T2	8.08 ± 0.68 A	1.34	18.21	0.3086
	T3	7.95 ± 0.68 A	1.34	18.21	0.3086

Estos resultados de la altura de la plántula muestran diferencias en las tres especies evaluadas (pepino, pimiento y tomate), pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los casos, como se indica con ($p < 0,05$), los cuales son contrastados en la figura 5. En el caso del pepino, el tratamiento testigo (T0) presentó la mayor altura de plántula, con 7,83 cm. Los tratamientos con fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) tuvieron alturas de plántula menores, con 5,63 cm, 5,73 cm y 6,48 cm, respectivamente. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que la combinación de sustratos no tuvo un efecto significativo sobre la altura de las plántulas de pepino.

Para el pimiento, el tratamiento testigo (T0) también presentó la mayor altura de plántula, con 3,75 cm. Los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron alturas de plántula ligeramente menores, con 3,70 cm, 3,63 cm y 3,70 cm, respectivamente. De nuevo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que sugiere que las variaciones en la mezcla de sustratos no afectarán de manera considerable la altura de las plántulas de pimiento.

Por otra parte, con el tomate, la altura de la plántula era más alta en el tratamiento T2, con 8,08 cm, seguido del tratamiento T3 (7,95 cm) y T1 (7,48 cm). El tratamiento testigo (T0) presentó la menor altura de plántula, con 6,35 cm. Aunque el tratamiento T3 mostró un valor más alto, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que indica que las variaciones en el sustrato no influyeron de manera significativa en el crecimiento de las plántulas de tomate.

Figura 5. Resultados del análisis estadístico de la altura de planta en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.4. Longitud radicular

En el análisis de longitud de raíz, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en pimiento y tomate. En pimiento, el testigo (T0, turba 100%) presentó la mayor longitud de raíz, mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron valores significativamente menores. En tomate, el testigo (T0) también tuvo la mayor longitud de raíz, seguido por T3, que no presentó diferencias significativas con los otros tratamientos, pero sí con el testigo. En pepino, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Esto sugiere que el uso de mezclas de fibra de coco y lombricompost puede tener un impacto en el desarrollo radicular en pimiento y tomate, pero no en pepino.

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza de longitud de raíz. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Especie	Tratamiento	Medias	Valor F	CV	P-valor
Pepino	T0	11.93 ± 1.82 A	2.42	43.45	0.1168
	T1	7.58 ± 1.82 A	2.42	43.45	0.1168
	T2	8.95 ± 1.82 A	2.42	43.45	0.1168
	T3	5.13 ± 1.82 A	2.42	43.45	0.1168
Pimiento	T0	7.55 ± 0.29 A	11.54	9.36	0.0008
	T1	5.60 ± 0.29 B	11.54	9.36	0.0008
	T2	5.35 ± 0.29 B	11.54	9.36	0.0008
	T3	6.30 ± 0.29 B	11.54	9.36	0.0008
Tomate	T0	9.80 ± 0.71 A	5.62	19.30	0.0122
	T1	6.23 ± 0.71 B	5.62	19.30	0.0122
	T2	6.30 ± 0.71 B	5.62	19.30	0.0122
	T3	7.05 ± 0.71 A B	5.62	19.30	0.0122

De tal modo que, los resultados de la longitud de raíz muestran diferencias significativas entre los tratamientos para las tres especies evaluadas (pepino, pimiento y tomate), lo que se indica con ($p < 0,05$), como se observa en la figura 6. En el caso del pepino, el tratamiento testigo (T0) presentó la mayor longitud de raíz,

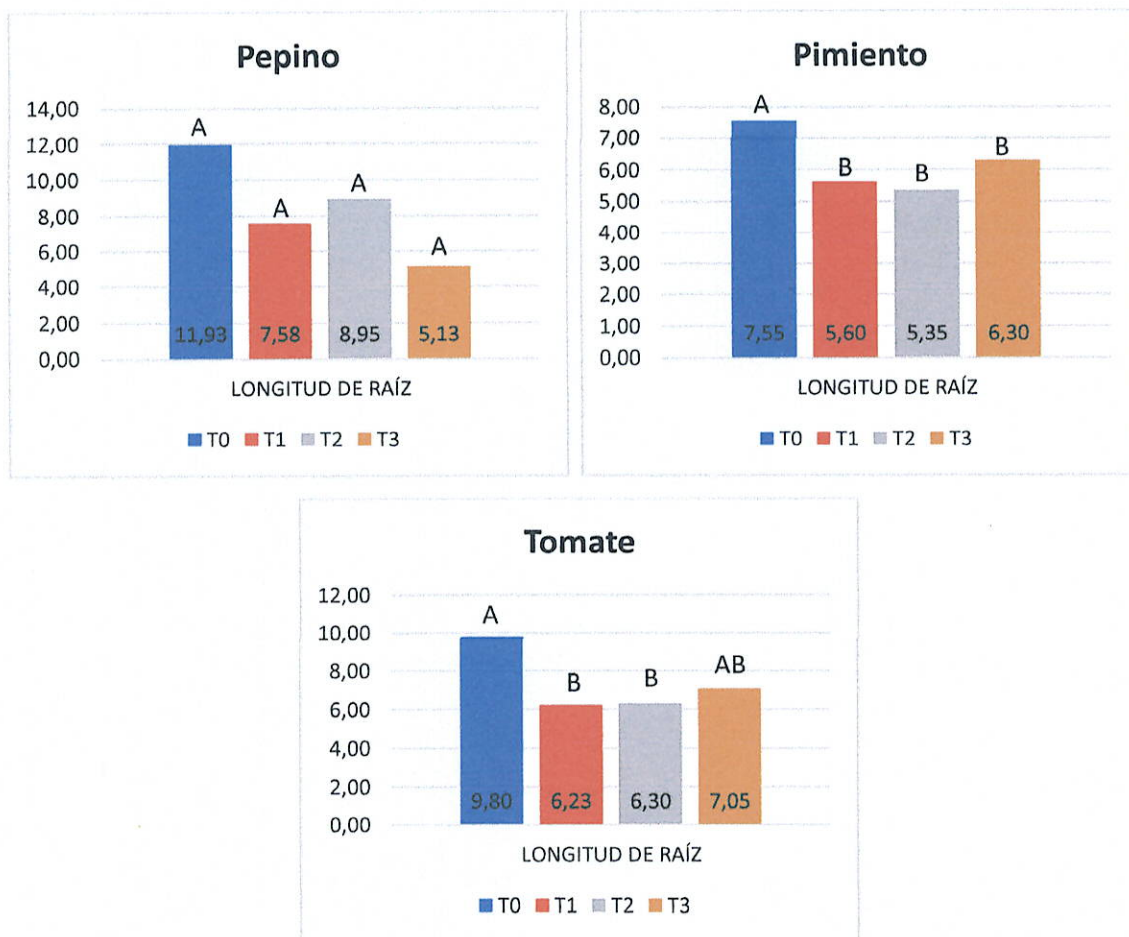
con 11,93 cm, mientras que los otros tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron longitudes de raíz menores, con 7,58 cm, 8,95 cm y 5,13 cm, respectivamente. Las diferencias entre el testigo y los demás tratamientos son estadísticamente significativas, lo que sugiere que la mezcla de fibra de coco y lombricompost afecta negativamente el crecimiento de las raíces de pepino.

Para el pimiento, la longitud de raíz también fue mayor en el tratamiento testigo (T0), con 7,55 cm. Los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron longitudes de raíz menores: 5,60 cm, 5,35 cm y 6,30 cm, respectivamente. Al igual que en el pepino, las diferencias son significativas, lo que indica que la mezcla de sustratos influye en la longitud de la raíz del pimiento, siendo el tratamiento testigo el que mejor favorece el crecimiento de las raíces.

En el caso del tomate, el tratamiento testigo (T0) también presentó la mayor longitud de raíz, con 9,80 cm, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron longitudes de raíz de 6,23 cm, 6,30 cm y 7,05 cm, respectivamente. Aunque las diferencias entre el tratamiento testigo y los demás son significativas, el tratamiento T3 (45% fibra de coco + 55% lombricompost) mostró un crecimiento de raíz mayor en comparación con T1 y T2, pero sigue siendo inferior al testigo.

Esto demostró que, en todas las especies evaluadas, el tratamiento testigo (T0) resultó en la mayor longitud de raíz, y se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre este y los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost. Esto sugiere que la mezcla de sustratos utilizados no favorece el crecimiento de las raíces de manera tan efectiva como el tratamiento testigo (Turba 100%) para las especies evaluadas.

Figura 6. Resultados del análisis estadístico de la longitud de raíz en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.5. Diámetro de tallo

En cuanto al diámetro de tallo, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las especies. Los valores promedio fueron consistentes entre los tratamientos y el testigo.

El CV fue similar entre las especies: 15.29 en pepino, 16.13 en pimiento y 16.27 en tomate. Estos valores moderados sugieren una variabilidad aceptable en las mediciones y una respuesta uniforme de las plántulas al manejo experimental.

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza de diámetro de tallo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

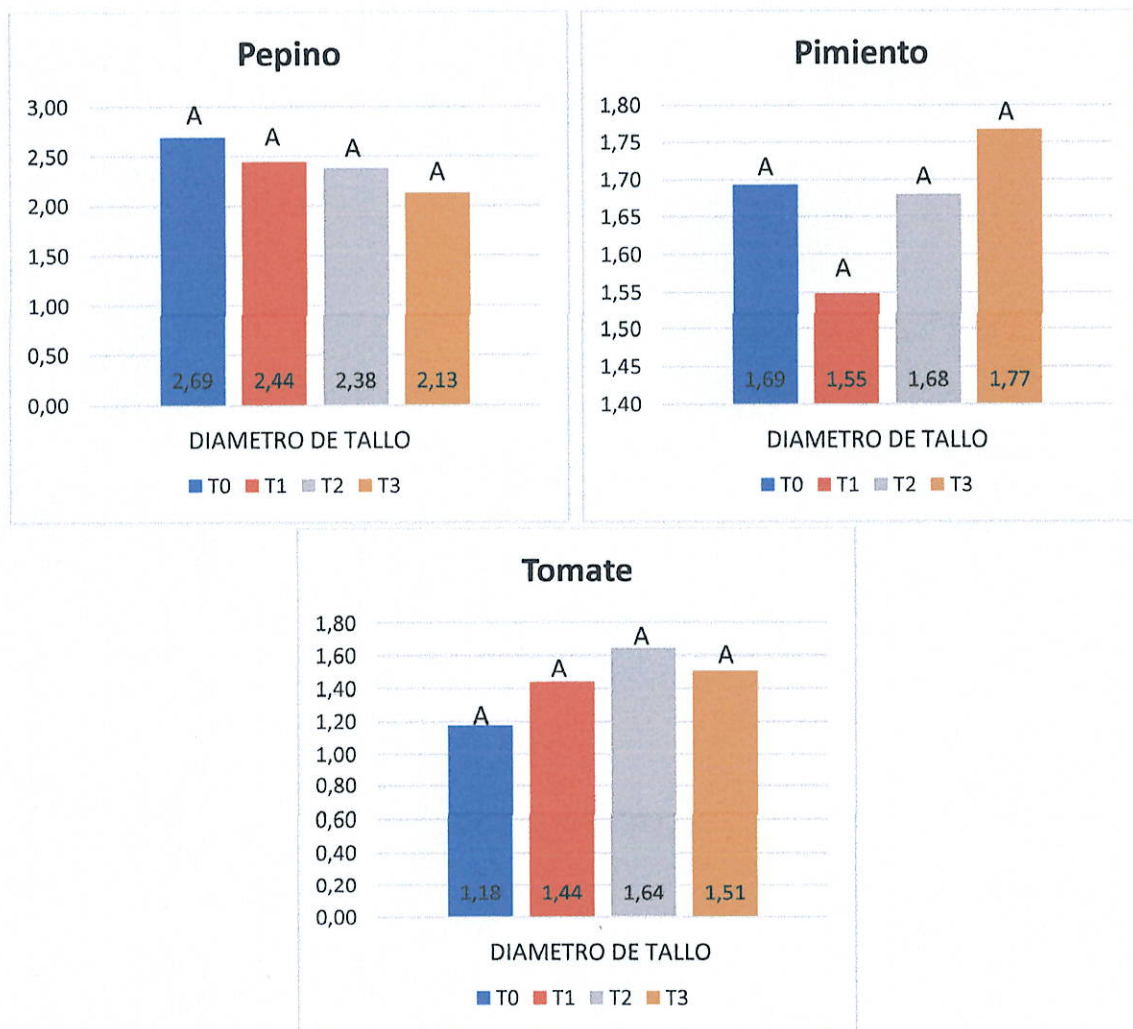
Especie	Tratamiento	Media \pm E.E.	Valor F	CV	P-valor
Pepino	T0	2.69 \pm 0.18 A	1.54	15.29	0.2547
	T1	2.44 \pm 0.18 A	1.54	15.29	0.2547
	T2	2.38 \pm 0.18 A	1.54	15.29	0.2547
	T3	2.13 \pm 0.18 A	1.54	15.29	0.2547
Pimiento	T0	1.69 \pm 0.13 A	0.46	16.13	0.7152
	T1	1.55 \pm 0.13 A	0.46	16.13	0.7152
	T2	1.68 \pm 0.13 A	0.46	16.13	0.7152
	T3	1.77 \pm 0.13 A	0.46	16.13	0.7152
Tomate	T0	1.18 \pm 0.12 A	2.78	16.27	0.0870
	T1	1.44 \pm 0.12 A	2.78	16.27	0.0870
	T2	1.64 \pm 0.12 A	2.78	16.27	0.0870
	T3	1.51 \pm 0.12 A	2.78	16.27	0.0870

Estos resultados se contrastan en la Figura 7. En el caso del pepino, el tratamiento testigo (T0) presentó el mayor diámetro de tallo, con 2,69 mm, mientras que los otros tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron diámetros de 2, 44 mm, 2,38 mm y 2,13 mm, respectivamente. Aunque el tratamiento T0 mostró un valor más alto, las diferencias entre los tratamientos no fueron estadísticamente significativas, lo que indica que el tipo de sustrato no afectó de manera importante el diámetro del tallo en pepino.

Para el pimiento, el tratamiento testigo (T0) también presentó el mayor diámetro de tallo, con 1,69 mm, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron diámetros de 1,55 mm, 1,68 mm y 1,77 mm, respectivamente. Aunque el tratamiento T3 mostró el mayor diámetro de tallo entre los tratamientos con mezcla de sustrato, no hubo una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En el caso del tomate, el tratamiento testigo (T0) presentó el menor diámetro de tallo, con 1,18 mm, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2, T3) mostraron diámetros de 1,44 mm, 1,64 mm y 1,51 mm, respectivamente. A pesar de que los tratamientos T2 y T3 presentaron valores mayores, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

Figura 7. Resultados del análisis estadístico del diámetro del tallo en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.6. Número de hojas verdaderas

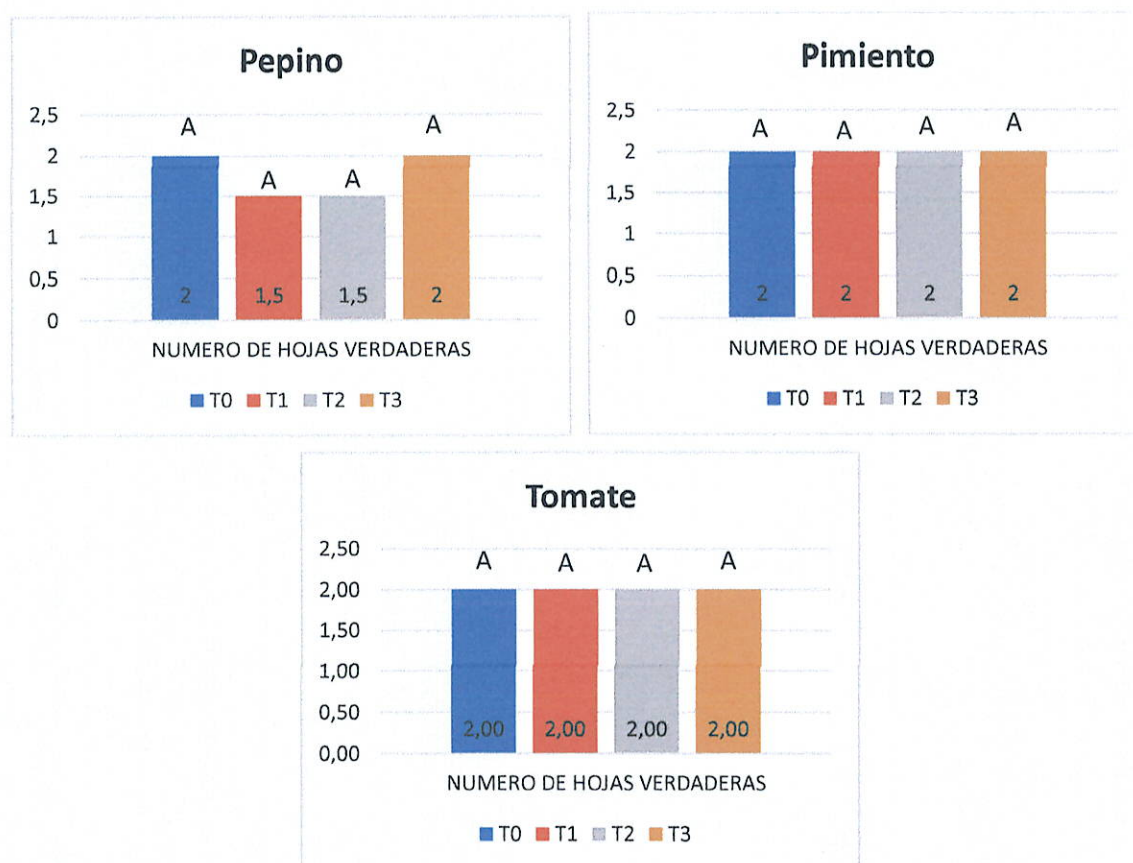
Los resultados sobre el número de hojas verdaderas se observan en la figura 8, e indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las tres especies evaluadas (pepino, pimiento y tomate), como se muestra con ($p < 0,05$). En el caso del pepino, el tratamiento testigo (T0) mostró un promedio de 2 hojas verdaderas, lo mismo que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost (T1, T2 y T3), que también presentaron un promedio de 1,5. y 2 hojas verdaderas. Aunque hubo algunas pequeñas variaciones en el número de hojas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que el tipo de sustrato no influyó significativamente en la formación de hojas verdaderas en el pepino.

Para el pimiento, los resultados fueron similares, con un promedio de 2 hojas verdaderas en todos los tratamientos, incluidos el testigo (T0) y las mezclas de fibra de coco y lombricompost (T1, T2 y T3). Al igual que en el pepino, no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), lo que indica que las variaciones en el sustrato no afectaron el número de hojas verdaderas en pimiento.

En el caso del tomate, todos los tratamientos, incluidos el testigo (T0) y las mezclas (T1, T2 y T3), mostraron un promedio de 2 hojas verdaderas. No hubo variación entre los tratamientos ni diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), lo que sugiere que el sustrato utilizado no tuvo un impacto en la formación de hojas verdaderas en el tomate.

Los resultados generales, para las tres especies evaluadas, el número de hojas verdaderas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Esto indica que la mezcla de sustratos utilizados no afectó de manera considerable la formación de hojas verdaderas en pepino, pimiento y tomate.

Figura 8. Resultados del análisis estadístico del número de hojas verdaderas en las especies evaluadas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3.7. Estimación de costos

El proyecto implicó una inversión significativa en materiales para la construcción del invernadero y el sistema de riego. En cuanto a los materiales para el invernadero, los costos más altos se destinaron a la compra de malla antiafida y malla sarán, con un total de \$186,00 y \$134,15 respectivamente, además de otros materiales como tabloncillos, cañas y cables, que sumaron una inversión importante. El sistema de riego también requirió una inversión considerable, especialmente en la bomba de agua (con un costo de \$214,18) y los componentes asociados, como válvulas, mangueras y cables, cuyo costo total alcanzó los \$1460,22.

Por otro lado, los costos de producción representaron una parte importante del presupuesto. La compra de semillas de tomate, pepino y pimiento sumó un total de \$135,00. También se adquirieron bandejas de germinación, lombricompost, fibra de

coco y turba, lo que contribuyó significativamente a los costos. Aunque estos elementos fueron esenciales para el desarrollo del proyecto, los gastos más altos se encontraron en los materiales para la construcción y el riego, que son fundamentales para el funcionamiento del invernadero.

La mano de obra también representó una parte considerable del presupuesto, con un costo total de \$1,500. Además, los costos indirectos, como el transporte de agua, alimentación y transporte de los involucrados en la tesis, sumaron \$1,630. En total, la inversión global del proyecto fue de \$6,636.35, a cubrir desde la infraestructura hasta los insumos y mano de obra, lo que aseguró el buen desarrollo del experimento y la correcta ejecución del proyecto.

Tabla 8. Estimación de costos del experimento

COSTOS INICIALES				
MATERIALES PARA INVERNADERO	Medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Malla antiafida 16/10 4MX100M	Rollo	60	\$3,10	\$186,00
Malla Ground cover (100GR*M2) (3.20X66mts)- anti maleza	M2	134,4	\$0,67	\$90,05
Malla saran de color negro raschel (4.20x100) al 50%	Rollo	1	\$134,15	\$134,15
Amarra plástica 30cm x 4.8mm Consum blanca en funda de 100 unidades	Funda	2	\$4,00	\$8,00
Tornillo para aglomerado negro de 2" x 6"	Funda	20	\$0,32	\$6,40
Angular P/Esquina 2x5/8 (24 piezas)	Funda	3	3,40	\$10,20

Clavo Ideal de 2" x 9 con cabeza 5 libra	Libra	1	\$6,12	\$6,12
Clavo Ideal de 2" x 12 con cabeza x libra	Libra	2	\$1,06	\$2,12
Bisagra niquelada de 2 1/2" x 2 1/2" Consum set de 3 unidades con tornillos	Set	1	\$3,78	\$3,78
Picaporte para portón Z dorado #4 de 1/2" x 6" sin tornillos	Unidad	1	\$1,96	\$1,96
Tablones de 4 M + un tablon de tiras	Unidad	18	\$20,00	\$360,00
Caña de 9M	Unidad	18	\$5,00	\$90,00
Cable triton 4.2MMx1000mtros	Rollo	1	\$359,99	\$359,99
Agroclear a transparente (5x25mts) CALIBRE 7	M2	1	\$47,15	\$47,15
Guardacabo 11Mm	Unidad	4	\$0,87	\$3,48
Guardacabo 14Mm	Unidad	4	\$1,00	\$4,00
Agroclear a transparente (6x22mts) CALIBRE 8	M2	1	\$64,40	\$64,40
Tornillo para aglomerado negro de 3" x 8"	Funda	20	\$0,47	\$9,40
Tornillo para aglomerado negro de 1" x 8"	Funda	20	\$0	\$7,00
Angular P/Esquina 3x5/8 (24 piezas)	Funda	2	\$6,24	\$12,48
Retenida 140cm 4 unidades	Unidad	1	\$30,00	\$30,00

Plástico negro de 1.5 metro de ancho x metro	Unidad	5	\$0,90	\$4,50
Pirola Plastiempaques #4 de 200 gramos	Unidad	1	1,98	\$1,98
Varilla # 8	Unidad	1	\$7,00	\$7,00
Platina 1/2" x 1/8" x 6 metros de hierro negro	Unidad	1	\$3,00	\$3,00
Iman de Neodimio	Unidad	5	\$1,00	\$5,00
Saco de cemento Holcim fuerte tipo GU 50 kilos	Unidad	2	\$8,00	\$16,00
Piedra ripio	Unidad	5	\$1,00	\$5,00
Arena	Unidad	3	\$1,00	\$3,00
Tempaldor gancho- argolla 3/16P 40kg	Unidad	30	\$0,93	\$27,90
Tempaldor gancho- argolla 3/16P 50kg	Unidad	4	\$1,82	\$7,28
Tensor zinc 3/8" gancho-argolla	Unidad	6	\$3,81	\$22,86
Gancho 2 galvanizado - abierto curvo	Unidad	8	\$0,25	\$2,00
Bolsa con 100 nudos (perros) de hierro p/cable de 1/8"	Unidad	52	\$0,21	\$10,92
Rodela Plana de acero inoxidable de 5/16" (100 unidades)	Fundas	1	\$5,53	\$5,53
Grillete de agarre tipo lira de 1.5 x 5.1 x 4.4 cm; con perno de 0.8 cm de gros.	Unidad	4	\$0,75	\$3,00

Bate piedra	Galon	2	\$24,44	\$48,88
Perno Hexagonal R/G, 2 1/2"X3/8"	Unidad	20	\$0,43	\$8,60
Subtotal				1619,13
MATERIALES PARA SISTEMA DE RIEGO	Unidad/ Medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Valvula de pie roscada Cepex 1 1/2"	Unidad	1	\$22,26	\$22,26
Neplo Polipr. Corrido 1 1/2" perdido	Metro	1	\$0,95	\$0,95
Bushing roscado 1 1/2" x 1 1/4"	Metro	1	\$0,95	\$0,95
Tubo Pvc P Roscable 1 1/4"260Psi	Unidad	1	\$33,83	\$33,83
Codo Poliprop Rosc. 1 1/4" X 90	Unidad	1	\$3,45	\$3,45
Nudo Universal Polipr. 1 1/4"	Unidad	1	\$7,50	\$7,50
Neplo Polipr. Corrido 1 1/4" perdido	Unidad	1	\$1,78	\$1,78
Bomba LEO Centrifuga Inoxidable 1 hp	Unidad	1	\$214,18	\$214,18
Neplo corrido con rosca tipo tuerca de 1 " perdido	Unidad	8	\$0,98	\$7,84
Control automático de presión de bombas para agua, 180°	Unidad	1	\$42,17	\$42,17
Tee Roscable 1" Rival	Unidad	8	\$1,47	\$11,76
Valvula compacta roscada 1"	Unidad	3	\$1,91	\$5,73
Cable Concentrico de 2 x 12 THHN / THWN	Metro	30	\$1,66	\$49,80

Codo roscable hembra de 1 pulgada en 90 grados	Unidad	8	\$1,81	\$14,48
Yee sencilla 1" acero galvanizado	Unidad	1	\$5,60	\$5,60
Tomacorriente Polarizado Sobrepues Marfi Click	Unidad	2	\$2,33	\$4,66
Nudo Universal Polipr. 1"	Unidad	5	\$5,08	\$25,40
Tubo Pvc P Roscable 1" 320Psi	Unidad	3	\$25,30	\$75,90
Cinta teflón 19mm x 15 metros Fiori amarilla	Unidad	3	\$0,54	\$1,62
Polimex pasta de 100cc	Unidad	1	\$12,06	\$12,06
Varilla de cobre 1.8 m	Unidad	1	\$14,69	\$14,69
Union roscada plastica 1 1/4"	Unidad	1	\$0,65	\$0,65
Neplo Polipr. 1" X 6Cm	Unidad	12	\$0,42	\$5,04
Neplo Polipr. 1" X 10Cm	Unidad	1	\$0,51	\$0,51
Bushing roscado 1 1/2" x 1"	Unidad	2	\$0,95	\$1,90
Union Polipr. 1"	Unidad	1	\$1,48	\$1,48
BUSHING POLIPR. 1" A 1/2"	Unidad	4	\$1,31	\$5,24
Neplo corrido con rosca tipo tuerca de 1/2 pulgada	Unidad	1	\$0,43	\$0,43
Valvula de compuerta HG DOUBLE LIN 1/2"	Unidad	2	\$6,55	\$13,10
Cable Concentrico de 2 x 18 THHN / THWN	Metro	30	\$0,91	\$27,30
Manometro con glicerina 6 atm	Unidad	2	\$14,75	\$29,50

Bushing roscado TEFEN 1/2" x 1/4"	Unidad	1	\$2,00	\$2,00
Filtro anillos PEQ 1 1/2" - FLF	Unidad	1	\$44,09	\$44,09
Manguera bicapa 30 psi 1/2" / metro	Metro	5	\$1,02	\$5,10
Adaptador flex pulgadas 1/2"	Unidad	2	\$0,17	\$0,34
Alargue-Extension 1/4"M x 1/4"H	Unidad	1	\$4,31	\$4,31
Terminal 20 mm	Unidad	4	\$0,24	\$0,96
Adaptador macho PN16 Compresion 20 mm X 1/2"	Unidad	4	\$1,59	\$6,36
Manguera 1/2 - 100 metros 90 psi	Rollo	1	\$40,00	\$40,00
Codo plastico cachimba 1/2"	Unidad	4	\$0,82	\$3,28
Nebulizador Rondo Mist	Unidad	48	\$0,61	\$29,28
Valvula antigoteo Conica Hembra / Macho	Unidad	48	\$1,68	\$80,64
Conector Inicial Male 4/7 mm	Unidad	48	\$0,16	\$7,68
Electrovalvula DC/9v 1"HV NPT (46,17PRECIO) INCLUYE DESCUET 37% Y EL IVA 15%	Unidad	2	\$53,09	\$106,18
ESP-9V controlller - 2 zone INCLUYE DESCUENTO 37 % MAS IVA 15%	Unidad	1	\$209,76	\$209,76
Cable Concentrico de 2 x 10 THHN / THWN	Metro	50	\$2,47	\$123,50
Cable flexible 14	Metro	6	\$0,35	\$2,10
Medidor de T°/humed - sens de luz - fecha con relay PROG- TECARU	Unidad	1	\$150,00	\$150,00

Tubo Conduit Pesada 1/2"X3Mt Blanco Pacifico	Unidad	4	\$0,72	\$2,88
Subtotal				\$1460,22

COSTOS DE PRODUCCIÓN				
Material	Unidad/ Medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Semilla de tomate	Onza	3	45,00	45,00
Semilla de pepino	Onza	3	45,00	45,00
Semilla de pimiento	Onza	3	45,00	45,00
Bandejas de germinación	Unidad	35	4,00	140,00
Lombricompost de 1 kg	Unidad	10	4,00	40,00
Fibra de coco	Unidad	10	3,00	30,00
Turba 100%	Unidad	8	5,00	40,00
kit de palas de jardín	Unidad	2	1,00	2,00
Calimetro	unidad	1	40,00	40,00
Subtotal				\$427,00

Mano de obra	Unidad/ Medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Mano de obra de invernadero	unidad	1	1,500	1500,00

Subtotal				1500,00

Costos indirectos	Unidad/ Medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Transporte de tanquero de agua x4	Fletes	4	45,00	180,00
Alimentación/ transporte de tesistas x3 meses	Unidad	3	5,00	1350,00
Transporte de envios	Fletes	1	100	100,00
Subtotal				1630,00
Total de costos				\$6636,35

DISCUSIÓN

En el porcentaje de germinación, se encontró que todos los tratamientos fueron similares a nivel estadístico ($p < 0,05$), con valores de 99 % para T0, 96 % para T1, 98 % para T2 y 98 % para T3. Estos resultados son consistentes con los reportados por Arias et al. (2023), quienes encontraron un porcentaje de germinación de 98,50% en cultivos de vegetales utilizando sustratos orgánicos como la turba y la fibra de coco. Armenta et al. (2020) también obtuvieron un porcentaje de germinación de 95,30% en cultivos de rábanos usando compost, lo que respalda la idea de que los sustratos orgánicos favorecen la germinación sin causar variaciones significativas entre diferentes combinaciones de materiales. Sin embargo, en este estudio no se observaron diferencias notables entre los tratamientos, lo que podría indicar que, bajo ciertas condiciones, los sustratos de fibra de coco y lombricompost no afectan considerablemente el porcentaje de germinación, lo que también fue

señalado por Atzori et al. (2021), quienes no encontraron una mejora significativa en la germinación con sustratos orgánicos sin turba, reportando un 97,40%.

En cuanto al coeficiente de velocidad de germinación, los tratamientos presentaron ligeras diferencias, pero sin diferencias significativas ($p < 0,05$). El tratamiento T0 alcanzó un coeficiente de 4,00 días, mientras que T1, T2 y T3 presentaron 6,00 días. Estos valores son similares a los reportados por Laverde y Muñoz (2021), quienes observaron un coeficiente de 6,20 días para el cultivo de pimiento en sustratos orgánicos. Sin embargo, en el presente estudio no se encontró una mejora notable en la velocidad de germinación de los tratamientos con lombricompost y fibra de coco en comparación con el tratamiento testigo, lo que concuerda con los resultados de Sharma et al. (2022), quienes encontraron que, aunque ciertos sustratos orgánicos pueden mejorar la germinación, su efecto sobre la velocidad de germinación no siempre es tan marcado, reportando una velocidad promedio de 6,15 días en su estudio. En otro estudio, Moreno et al. (2019) también indicaron que el uso de enmiendas orgánicas mejora la germinación, pero la velocidad de germinación no se ve tan afectada, con valores de 6,50 días en comparación con los 5,30 días obtenidos con sustratos comerciales.

En el análisis del crecimiento vegetativo, específicamente en la altura de plántula, el tratamiento testigo (T0) mostró una mayor altura en pepino (7,83 cm), mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron alturas menores de 5,63 cm., 5,73 cm y 6,48 cm, respectivamente. Estos resultados son consistentes con los reportados por Tao et al. (2024), quienes observaron que el uso de enmiendas orgánicas favorece el crecimiento vegetativo de las plantas, aunque no siempre de manera tan significativa, reportando un promedio de 6,50 cm para plantas de tomate con sustratos orgánicos. Para el pimiento, el tratamiento T0 alcanzó 3,75 cm, mientras que los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost obtuvieron 3,70 cm y 3,63 cm. En tomate, los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron alturas promedio de 7,00 cm, superiores a la de T0 (5,00 cm). Este comportamiento es diferente a los resultados reportados por Katiyar et al. (2023), quienes encontraron que el uso de fibra de coco y lombricompost favoreció considerablemente el crecimiento vegetativo, y las plantas de tomate alcanzaron alturas de hasta 8,40 cm en

condiciones similares. Este contraste puede deberse a variaciones en las condiciones experimentales, como el tipo de sustrato o la especie de cultivo, lo cual también ha sido documentado por Sharma et al. (2022), quienes reportaron una altura de plántula de 6,25 cm para tomate cultivado en sustratos con lombricompost.

En cuanto a la longitud radicular, el tratamiento T0 mostró la mayor longitud en pepino (11,93 cm) y tomate (9,80 cm), mientras que los tratamientos con fibra de coco y lombricompost presentaron longitudes menores (7,58 cm, 8,95 cm y 5,13 cm para pepino, y 6,23 cm, 6,30 cm y 7,05 cm para tomate). Los resultados obtenidos son congruentes con los de Moreno et al. (2019), quienes documentaron un desarrollo radicular mayor en cultivos tratados con compost, con una longitud de raíces de 12,50 cm en comparación con los 9,30 cm observados en los tratamientos sin compost. Sin embargo, Cervantes et al. (2022) reportaron una mejora en el crecimiento radicular en sus experimentos con lombricompost y estiércol, alcanzando valores de 15,10 cm para algunas especies, lo que sugiere que la respuesta radicular puede variar dependiendo de la proporción de los sustratos y la especie en estudio. En su trabajo, los cultivos tratados con lombricompost presentaron raíces de 12,70 cm en promedio, un valor superior al reportado en este estudio.

En el diámetro de tallo, el tratamiento T0 presentó el mayor diámetro en pepino (2,69 mm), mientras que T1, T2 y T3 mostraron 2,44 mm, 2,38 mm y 2,13 mm, respectivamente. En pimiento, T0 alcanzó 1,69 mm, mientras que en tomate T0 presentó 1,18 mm. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que sugiere que las variaciones en el diámetro de tallo no fueron lo suficientemente grandes como para ser estadísticamente relevantes. Estos resultados son similares a los reportados por Masquelier et al. (2022), quienes indicaron que el diámetro del tallo no siempre responde significativamente a los diferentes sustratos, con valores de 2,10 mm para pepino en sus experimentos. Por otro lado, Rayne y Aula (2020) observaron que el estiércol de ganado aplicado como enmienda orgánica en algunas especies mejoró significativamente el diámetro del tallo, con valores de 3,00 mm para tomate, lo que

refuerza la idea de que el tipo de sustrato, así como su proporción y calidad, puede afectar este parámetro.

Asimismo, en el número de hojas verdaderas, todos los tratamientos presentaron 2 hojas para pepino, 2 para pimiento y 2 para tomate, sin diferencias significativas ($p < 0,05$). Este hallazgo es consistente con los resultados reportados por Sánchez et al. (2023), quienes también observaron que el número de hojas no se vio afectado por el tipo de sustrato en sus cultivos, con un promedio de 2,10 hojas en sus experimentos. Paradelo et al. (2024) también encontraron que, aunque los sustratos orgánicos pueden favorecer otros parámetros como la altura o el diámetro del tallo, el número de hojas no se ve tan influenciado por estos factores, con un promedio de 2,00 hojas para las especies evaluadas.

Adicionalmente se mencionan que los resultados de este estudio coinciden en muchos aspectos con la literatura existente, que respalda el uso de sustratos orgánicos como la fibra de coco y lombricompost para mejorar la germinación y el crecimiento de las plantas. Sin embargo, las diferencias no fueron siempre estadísticamente significativas, lo que sugiere que otros factores, como las condiciones ambientales y la interacción con el tipo de sustrato, pueden influir en los resultados. La comparación con estudios anteriores muestra que, aunque los sustratos orgánicos tienen un impacto positivo, su efecto puede variar según la especie y las condiciones experimentales, lo que requiere un análisis más detallado para optimizar el uso de estos materiales en la producción agrícola.

CAPÍTULO IV.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó la incidencia del uso de sustratos en el crecimiento vegetativo de las plántulas durante la etapa de pre-trasplante, donde se observó que, aunque los tratamientos con mezcla de fibra de coco y lombricompost mostraron una ligera mejora en algunas variables como la altura y la longitud radicular, no se encontraron diferencias significativas en comparación con el tratamiento testigo, que usó turba 100%. Los resultados indicaron que, en general, el testigo con turba 100% presentó un desempeño similar o incluso superior en varias de las variables estudiadas, como el crecimiento en pepino y tomate, no obstante, a nivel estadístico las variables altura, % de germinación, diámetro de tallo, número de hojas verdaderas, coeficiente de velocidad de germinación demostraron ser iguales que el uso de turba al 100% de acuerdo a los análisis estadísticos. Por otra parte, el diámetro de tallo mostró diferencias significativas entre los tratamientos, donde el testigo (turba 100%) presentó un diámetro mayor en comparación con los tratamientos con fibra de coco y lombricompost, lo que indica que, aunque los sustratos orgánicos favorecieron algunos aspectos del desarrollo vegetativo, no tuvieron un impacto significativo en todos los parámetros de crecimiento.
- Se determinó que el sustrato testigo (T0) presentó un desempeño superior, principalmente en diámetro de tallo a nivel estadístico, sin embargo, con respecto a los tratamientos con proporción de fibra de coco y lombricompost, el (T3) mostró resultados similares en otras especies, como el tomate y el pimiento. Estos resultados indican que, aunque el tratamiento testigo fue generalmente más efectivo para algunas especies, el sustrato con fibra de coco y lombricompost puede tener un rendimiento competitivo y, en algunos casos, incluso superar al testigo en ciertas características del desarrollo vegetativo en hortalizas en la fase pre-transplante.

- Se realizó la estimación económica de los costos de producción de las plántulas, considerando tanto los materiales utilizados en la construcción del invernadero y el sistema de riego como los costos asociados con la producción de los sustratos y las semillas. La inversión inicial en los materiales del invernadero y el sistema de riego fue significativa, alcanzando un total de \$3,079.35, mientras que los costos de producción para las plántulas fueron de \$427.00.
- Se concluye que el coeficiente de variación (CV) elevado (49.83) observado en el cultivo de pepino corresponde exclusivamente al parámetro de altura de plántula, lo que sugiere una gran variabilidad en esta variable específica. Este resultado puede deberse a la falta de uniformidad en las prácticas de siembra, como la profundidad y la posición de las semillas, ya que estas fueron colocadas de manera vertical en lugar de horizontal. En contraste, los demás parámetros evaluados, como el diámetro de tallo, número de hojas verdaderas y porcentaje de germinación, no mostraron un CV elevado, lo que indica una mayor uniformidad en dichos aspectos.
- Por último, se concluye que se acepta la hipótesis alternativa, que sostiene que al menos uno de los sustratos en la etapa de pre-trasplante muestra diferencias estadísticas significativas en el crecimiento vegetativo y en la producción de plántulas en la finca experimental Los Bajos Montecristi. Esto se demostró en este estudio, donde los tratamientos con sustratos orgánicos, como la fibra de coco y el lombricompost, tuvieron un impacto positivo en diversas variables relacionadas con el crecimiento, a pesar de que algunas diferencias no fueron siempre significativas. Los resultados experimentales indican que la mezcla de estos sustratos tiene un potencial considerable para mejorar el desarrollo de plántulas en comparación con el sustrato convencional utilizado en el testigo, apoyando la hipótesis de que los sustratos orgánicos pueden ser una alternativa válida para optimizar la producción de plántulas en condiciones controladas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realicen otros estudios, utilizando diferentes mezclas entre 35% de fibra de coco y 65% de lombricompost (T2) que fue el que mostró una ligera mejora en algunas variables, por lo tanto, se sugiere probar con dosis mayores de estos sustratos para evaluar su impacto en el crecimiento vegetativo y otros parámetros, variando la concentración de lombricompost y fibra de coco, para encontrar la combinación óptima que supere al uso de turba al 100%.
- Es importante explorar otras mezclas de sustratos, como la combinación de vermicompost con otros materiales como estiércol compostado o biocarbón. Este tipo de mezclas podría mejorar el desarrollo de las plántulas, y se recomienda ampliar los estudios a otras especies de hortalizas como lechuga, zanahoria o cebolla, logrando un mayor alcance y mejor diversidad en resultados.
- Se recomienda llevar el estudio a la siembra en campo para obtener una visión más completa sobre los efectos de los sustratos en el rendimiento de las hortalizas, y así evaluar cómo los sustratos utilizados influyen en el desarrollo de las plantas y su productividad en condiciones reales de cultivo.
- Se recomienda estandarizar las prácticas de siembra, asegurando que las semillas sean colocadas horizontalmente y con una profundidad adecuada, para minimizar la variabilidad en el parámetro de altura de plántula y mejorar la uniformidad en el crecimiento.
- Es necesario realizar estudios adicionales enfocados en evaluar cómo diferentes prácticas de siembra y manejo de cultivos afectan específicamente la altura de la plántula, con el objetivo de reducir el CV en este parámetro sin afectar los demás, que ya presentan una uniformidad aceptable.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, C; Ramírez, L; Arteaga, G; Valarezo, O. 2019. Factibilidad de agro-industrialización del remanente de cosecha de hortalizas en la provincia de Santa Elena (en línea). Revista de las agrociencias La Técnica (21):45-52. Disponible en <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1493/2082>.
- Arias, K; Sulbarán, J; Mendoza, W; Escalona, A; Salas, M del C. 2023. Valorización sostenible de materiales orgánicos como sustratos para cultivos sin suelo en ambientes protegidos de los Andes venezolanos (en línea). Recursos 12(10):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources12100116>.
- Armenta, A; Ayala, R; Fèlix, J; Nava, E; Mendivil, C. 2020. Elaboration of an organic fertilizer type bocashi and its evaluation on germination and growth of radish (en línea). Biotecnia 22(1):17-23. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562020000100017&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-14562020000100017&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Atzori, G; Pane, C; Zaccardelli, M; Cacini, S; Massa, D. 2021. El papel de los sustratos orgánicos sin turba en la gestión sostenible de cultivos sin suelo (en línea). Agronomía 11(6):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061236>.
- Barrios, J. 2019. Germinación de semillas de tres especies de Bursera sobre suelo nativo y un sustrato de vivero de forma In situ y Ex situ (en línea). s.l., Tesis. Materia en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 53-54 p. Disponible en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1099/BAPJRN05T.pdf?sequence=1>.
- Carreira, T; Machado, R; Alves, I; Ferreira, R; Gruda, N. 2023. Medios de cultivo a base de fibra de coco con abono municipal y biocarbón y sus efectos en el

crecimiento y algunos parámetros de calidad de las plántulas de lechuga (en línea). *Horticultura* 9(1):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010105>.

ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). 2023. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (en línea). s.l., s.e. p. 55. Consultado 3 jun. 2023. Disponible en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_.

Fierro, N; Jaramillo, L; Jiménez, L. 2018. Capacitaciones en huertos caseros, una alternativa de producción familiar para la etnia Saraguro al sur del Ecuador. +E: *Revista de Extensión Universitaria* 8(8.Ene-Jun):174-186. DOI: <https://doi.org/10.14409/extension.v8i8.ene-jun.7726>.

Gruda, N; Machado, R; Van, E. 2023. ¿Es la agricultura sin suelo una forma sostenible de agricultura? (en línea). *Horticultura* 9(11):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111190>.

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2016). Boletín climatológico anual del Ecuador, 2015 (en línea). Ecuador, s.e. Disponible en http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf.

Islam, S; Reza, N; Ahmed, S; Cho, Y; Noh, D; Chung, S-O. 2024. Cuantificación del estrés del crecimiento de plántulas en función de factores ambientales mediante fusión de sensores y procesamiento de imágenes (en línea). *Horticultura* 10(2):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020186>.

Jaim, H; Kende, Z; Péter, G; Gyuricza, C; Tarnawa, Á. 2022. Impacto de la temperatura y el agua en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) (en línea). *Agronomía* 12(2):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>.

Kale, S; Chauhan, R; Nigam, B; Gosavi, S; Chaudhary, I. 2024. Eficacia de las

nanopartículas para mejorar la fertilidad del suelo y la resistencia ecológica de los cultivos: una revisión exhaustiva (en línea). *Biocatálisis y biotecnología agrícola* 56:10. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103066>.

Katiyar, R; Sundaramurthy, S; Sharma, A; Arisutha, S; Pratap, A; Mishra, S; Ayub, R; Jeon, B; Khan, M. 2023. Vermicompost: una alternativa ecológica y rentable para la agricultura sostenible (en línea). *Sostenibilidad* 15(20):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152014701>.

Kyung, J; Rayhan, A; Jin Hee, A; Yun, Y; Park, S; Na, J; Choi, KY. 2021. Influencia de la composición del sustrato y el tamaño del contenedor en el crecimiento de plantas de portainjerto de manzana propagadas mediante cultivo de tejidos (en línea). *Agronomía* 11(12):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122450>.

Lanuza, O; Peguero, G; Vilchez, S; Casanoves, F. 2021. Efecto del riego y la fertilización sobre la calidad de plántulas forestales con potencial uso para restauración del bosque tropical seco. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 18(43):18-28.

Laverde, C; Muñoz, J. 2021. Producción urbana del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*) con aplicación de abonos foliares y concentraciones de sustratos". s.l., Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi. EC. 82 p.

Li, B; Wei, X; Lu, H; Chen, X; Zhou, X; Yang, F; Zhao, J. 2024. El impacto de las intensidades de la luz en los parámetros fenotípicos de plántulas de pepino en tres etapas de desarrollo (en línea). *Agronomía* 14(3):8. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14030627>.

Luo, Y; Zhang, J; Yan, X; Zhang, M; Wei, S; Yang, H; Shen, Y; Zhang, J; Cheng, J. 2023. Respuesta de las características de crecimiento de las plántulas al tamaño de las semillas y al daño de los cotiledones (en línea). *Bosques* 14(9):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14091905>.

- Masquelier, S; Sozzi, T; Bouvet, J; Bésiers, J; Deogratias, J. 2022. Concepción y Desarrollo de Sustratos a Base de Materias Primas Recicladas (Fibra de Coco y Bagazo) Enriquecidos con Microorganismos del Suelo (Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp.) para el Cultivo Sin Suelo de Tomate (S. (en línea). *Agronomía* 12(4):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040767>.
- Mayo, S; Rodríguez, Á; Lorenzana, A; Gutiérrez, S; Casquero, P. 2020. Influencia de los sustratos en el desarrollo del frijol y en la patogenicidad de *Rhizoctonia solani* JG Kühn (en línea). *Agronomía* 10(5):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10050707>.
- Mejía, P; Ruíz, J; Correa, A; López, M; Salas, M del C. 2022. Efectos de los sustratos de vermicompost y fibras de coco utilizados en el contexto de diversos biofertilizantes sobre los rendimientos de *Cucumis melo* L. y *Solanum lycopersicum* L. (en línea). *Horticultura* 8(5):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050445>.
- Mendoza, E; Plaza, A. 2019. Evaluación química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de sustrato de cáscara de cacao y estiércol bovino (en línea). s.l., Tesis. Ing. Ambiental. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. ESPAM FL.Chone. EC. 67 p. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1279>.
- Mendoza, H. 2023. Evaluación de dos sustratos para la producción de ají (*Capsicum frutescens*. L) variedades cayenne y tabasco en vivero (en línea). s.l., Tesis. Ing. Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. EC. 65 p. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19371/1/13T01096.pdf>.
- Mestanza, C; Véliz, D; Icaza, L; Vásquez, S. 2021. Efecto de la asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula (en línea). *Ciencias Agrarias Cienc Tecn UTEQ* 14(2):9-16. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/497/558>.

- Monsalve, O; Henao, M; Gutiérrez, J. 2021. Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo (en línea). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 22(1):23. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v22n1/es_0122-8706-ccta-22-01-1977.pdf.
- Moreno, C; Moreno, R; Pilamala, A; Molina, J; Cerda, L. 2019. Efecto a mediano plazo de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades químicas de un suelo utilizado para el cultivo de hortalizas con rotación de cereales y leguminosas en un clima semiárido (en línea). *Ciencia y Agricultura* 16(1):31-51. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/5600/560059292003/html/>.
- Moreno, S. 2020. Evaluación de sustratos, para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies (*Theobroma cacao* L), (*Cedrela odorata* L) y (*Clathrotropis brunnea* (en línea). s.l., Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 1-9 p. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35151/smardila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ortiz, N; Garcia, P; Olmos, R; Bárzana, G; Carvajal, M. 2023. La composición del sustrato afecta el crecimiento y los parámetros fisiológicos del arándano (en línea). *Ciencia Horticulturae* 308:11. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111528>.
- Pacheco, J; Ochoa, W; Ordoñez, J; Izquierdo, L. 2018. Diversificación agrícola y crecimiento económico en Ecuador (en línea). *Sostenibilidad* 10(7):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10072257>.
- Paradelo, R; Navarro, J; Glaser, B; Grobelak, A; Kowalska, A; Singh, BR. 2024. Potencial y limitaciones del uso de enmiendas orgánicas provenientes de residuos agrícolas para mejorar las propiedades del suelo (en línea). *Sostenibilidad* 16(1):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16010158>.
- PDOT (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial). 2016. Plan de Desarrollo del cantón Montecristi (en línea, sitio web). Consultado 13 jul. 2021. Disponible

en http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360001010001_PDOT - GR Montecristi_30-12-2016_20-48-10.pdf.

Pincay, W; López, J; Espinosa, K; Durán, C; Lozada, M. 2022. Huertos hortícolas al servicio de la comunidad urbana y rural: una experiencia en el cantón La Maná, subtropical del Ecuador (en línea). *Ciencia & Tecnología* 15(2):24-29. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/584/730>.

Raihan, T; Geneve, R; Perry, S; Rodriguez, C. 2021. Regulación de la transición y el rejuvenecimiento de la fase vegetativa de las plantas: los microARN, un regulador clave (en línea). *Epigenomas* 5(4):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/epigenomes5040024>.

Riikonen, J; Luoranen, J. 2018. Producción de plántulas y rendimiento de las plántulas en el campo (en línea). *Bosques* 9(12):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9120740>.

Ruiz, JL; Salas, M del C. 2019. Evaluación de sustratos orgánicos y microorganismos como herramienta de biofertilización en la producción de cultivos en contenedores (en línea). *Agronomía* 9(11):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9110705>.

Sánchez, A; Salas, M del C; Blanco, M; Sánchez, J; Delgado, M. 2023. Efecto a mediano plazo de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades químicas de un suelo utilizado para el cultivo de hortalizas con rotación de cereales y leguminosas en un clima semiárido (en línea). *Tierra* 12(4):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12040897>.

Sharma, S; Singh, V; Tanwar, H; Singh, V; Kumar, M; Punia, R; Dalal, M; Khan, M; Sangwan, S; Bhuker, A; Dagar, CS; Yashveer, S; Singh, J. 2022. Efecto de las altas temperaturas sobre la germinación, el crecimiento de las plántulas y la actividad enzimática del trigo (en línea). *Agricultura* 12(9):10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12091500>.

- Stafen, C; Kleine, J; Dos Santos, F. 2022. Eventos de señalización para el desarrollo fotomorfogénico de la raíz (en línea). *Trends in Plant Science* 27(12):1266-1282. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.08.002>.
- Tao, W; Wu, Q-Q; Zhang, J; Chang, T; Liu, X-N. 2024. Efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre la estructura de los agregados del suelo y el rendimiento del tomate en la agricultura de instalaciones (en línea). *Plantas* 13(21):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13213064>.
- Vázquez, J; Venn, S. 2021. Semillas y plántulas en un mundo cambiante: una revisión sistemática y un metaanálisis de ecosistemas de gran altitud y gran latitud (en línea). *Plantas* 10(4):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10040768>.
- Villasmil, R; Nava, J; Páez, E; Barrios, E. 2022. Efecto del Manejo Agroecológico sobre el Crecimiento de Plántulas de *Theobroma cacao* L. en Fase de Vivero (en línea). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia* 45(1):16. Disponible en <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A16%3A26761728/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A156267089&crl=c>.
- Youssef, M; AL-Huqail, A; Ali, E; Majrashi, A. 2021. La enmienda orgánica y el mulch mejoraron el crecimiento y la calidad de los frutos de las plantas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) cultivadas en suelos franco limosos (en línea). *Horticulturae* 7(9):26. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090269>.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de pepino

LONGITUD DE RAÍZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD DE RAÍZ	16	0,38	0,22	43,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	96,54	3	32,18	2,42	0,1168
TRATAMIENTO	96,54	3	32,18	2,42	0,1168
Error	159,59	12	13,30		
Total	256,13	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,65590

Error: 13,2994 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	11,93	4	1,82 A
T2	8,95	4	1,82 A
T1	7,58	4	1,82 A
T3	5,13	4	1,82 A

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

Anexo 2. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de pepino

GERMINACIÓN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GERMINACIÓN	16	0,08	0,00	4,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,00	3	8,00	0,36	0,7805
TRATAMIENTO	24,00	3	8,00	0,36	0,7805
Error	264,00	12	22,00		
Total	288,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,84673

Error: 22,0000 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	99,00	4	2,35 A
T2	99,00	4	2,35 A
T3	98,00	4	2,35 A
T1	96,00	4	2,35 A

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

Anexo 3. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de pepino

ALTURA DE PLANTULA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTULA	16	0,09	0,00	49,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,37	3	4,12	0,40	0,7530
TRATAMIENTO	12,37	3	4,12	0,40	0,7530
Error	122,53	12	10,21		
Total	134,90	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,70828

Error: 10,2108 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	7,83	4	1,60 A
T3	6,48	4	1,60 A
T2	5,73	4	1,60 A
T1	5,63	4	1,60 A

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

Anexo 4. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de pepino

NUMERO DE HOJAS VERDADERAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUMERO DE HOJAS VERDADERAS..	16	0,33	0,17	23,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,00	3	0,33	2,00	0,1678
TRATAMIENTO	1,00	3	0,33	2,00	0,1678
Error	2,00	12	0,17		
Total	3,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85705

Error: 0,1667 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	2,00	4	0,20 A
T3	2,00	4	0,20 A
T2	1,50	4	0,20 A
T1	1,50	4	0,20 A

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

Anexo 5. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de pepino

DIÁMETRO DE TALLO

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
DIÁMETRO DE TALLO	16	0,28		0,10	15,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,63	3	0,21	1,54	0,2547
TRATAMIENTO	0,63	3	0,21	1,54	0,2547
Error	1,63	12	0,14		
Total	2,26	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77354

Error: 0,1358 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	2,69	4	0,18 A
T1	2,44	4	0,18 A
T2	2,38	4	0,18 A
T3	2,13	4	0,18 A

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

Anexo 6. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de pepino

COEFICIENTE DE VELOCIDAD DE GERMINA

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
COEFICIENTE DE VELOCIDAD D..	16	1,00		1,00	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,00	3	4,00	sd	sd
TRATAMIENTO	12,00	3	4,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	12,00	15			

Anexo 7. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de pimiento

LONGITUD DE RAÍZ

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
LONGITUD DE RAÍZ	16	0,74		0,68	9,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,66	3	3,89	11,54	0,0008
TRATAMIENTO	11,66	3	3,89	11,54	0,0008
Error	4,04	12	0,34		
Total	15,70	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,21809

Error: 0,3367 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T0	7,55	4	0,29	A
T3	6,30	4	0,29	B
T1	5,60	4	0,29	B
T2	5,35	4	0,29	B

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

Anexo 8. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de pimiento

GERMINACIÓN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GERMINACIÓN	16	0,09	0,00	3,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,00	3	3,67	0,41	0,7505
TRATAMIENTO	11,00	3	3,67	0,41	0,7505
Error	108,00	12	9,00		
Total	119,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,29799

Error: 9,0000 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T2	98,00	4	1,50	A
T3	98,00	4	1,50	A
T0	97,00	4	1,50	A
T1	96,00	4	1,50	A

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

Anexo 9. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de pimiento

ALTURA DE PLANTULA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTULA	16	0,13	0,00	3,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	3	0,01	0,59	0,6355
TRATAMIENTO	0,03	3	0,01	0,59	0,6355
Error	0,22	12	0,02		
Total	0,25	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28263

Error: 0,0181 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T0	3,75	4	0,07	A
T3	3,70	4	0,07	A
T1	3,70	4	0,07	A
T2	3,63	4	0,07	A

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

Anexo 10. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de pimiento

NUMERO DE HOJAS VERDADERAS

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
NUMERO DE HOJAS VERDADERAS..	16	sd		sd	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	3	0,00	sd	sd
TRATAMIENTO	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	15			

Anexo 11. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de pimiento

DIÁMETRO DE TALLO

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
DIÁMETRO DE TALLO	16	0,10	0,00	0,00	16,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	3	0,03	0,46	0,7152
TRATAMIENTO	0,10	3	0,03	0,46	0,7152
Error	0,87	12	0,07		
Total	0,97	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56618

Error: 0,0727 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T3	1,77	4	0,13 A
T0	1,69	4	0,13 A
T2	1,68	4	0,13 A
T1	1,55	4	0,13 A

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

Anexo 12. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de pimiento

COEFICIENTE DE VELOCIDAD DE GERMINA

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
COEFICIENTE DE VELOCIDAD D..	16	1,00	1,00	0,00	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,00	3	1,00	sd	sd
TRATAMIENTO	3,00	3	1,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	3,00	15			

Anexo 13. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la longitud de raíz de plántulas de tomate

LONGITUD DE RAÍZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD DE RAÍZ	16	0,58	0,48	19,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33,84	3	11,28	5,62	0,0122
TRATAMIENTO	33,84	3	11,28	5,62	0,0122
Error	24,10	12	2,01		
Total	57,94	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,97493

Error: 2,0081 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T0	9,80	4	0,71 A
T3	7,05	4	0,71 A B
T2	6,30	4	0,71 B
T1	6,23	4	0,71 B

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

Anexo 14. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al % de germinación en plántulas de tomate

GERMINACIÓN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GERMINACIÓN	16	0,10	0,00	3,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,00	3	6,33	0,44	0,7273
TRATAMIENTO	19,00	3	6,33	0,44	0,7273
Error	172,00	12	14,33		
Total	191,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,94794

Error: 14,3333 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	99,00	4	1,89 A
T3	98,00	4	1,89 A
T0	98,00	4	1,89 A
T1	96,00	4	1,89 A

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

Anexo 15. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto a la altura en plántulas de tomate

ALTURA DE PLANTULA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTULA	16	0,25	0,06	18,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,40	3	2,47	1,34	0,3086
TRATAMIENTO	7,40	3	2,47	1,34	0,3086
Error	22,16	12	1,85		
Total	29,56	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,85250

Error: 1,8462 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	8,08	4	0,68 A
T3	7,95	4	0,68 A
T1	7,48	4	0,68 A
T0	6,35	4	0,68 A

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

Anexo 16. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al número de hojas verdaderas en plántulas de tomate

NUMERO DE HOJAS VERDADERAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUMERO DE HOJAS VERDADERAS..	16	sd	sd	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	3	0,00	sd	sd
TRATAMIENTO	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	15			

Anexo 17. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al diámetro de tallo en plántulas de tomate

DIÁMETRO DE TALLO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIÁMETRO DE TALLO	16	0,41	0,26	16,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,46	3	0,15	2,78	0,0870
TRATAMIENTO	0,46	3	0,15	2,78	0,0870
Error	0,66	12	0,05		
Total	1,12	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,49230

Error: 0,0550 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	1,64	4	0,12 A
T3	1,51	4	0,12 A
T1	1,44	4	0,12 A
T0	1,18	4	0,12 A

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

Anexo 18. Resultados del análisis de varianza en Infostat con respecto al coeficiente de velocidad de germinación en plántulas de tomate

COEFICIENTE DE VELOCIDAD DE GERMINA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COEFICIENTE DE VELOCIDAD D..	16	1,00	1,00	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,00	3	4,00	sd	sd
TRATAMIENTO	12,00	3	4,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	12,00	15			



Anexo 19. Preparación de sustratos para colocar en las unidades experimentales



Anexo 20. Se establecieron los tratamientos y se realizó el seguimiento de los brotes



Anexo 21. Se analizó el porcentaje de germinación en las tres especies



Anexo 22. Toma de datos de altura en plántulas de pimiento



Anexo 23. Monitoreo en las tres especies evaluadas



Anexo 24. Toma de datos del diámetro del tallo en las tres especies evaluadas



Anexo 25. Área de experimentación y finalización de toma de datos



Anexo 26. Conteo de hojas verdaderas



Anexo 27. Se observa el desarrollo de raíces en los tratamientos evaluados



Anexo 28. Se observa el vivero implementado donde se llevó a cabo la investigación