



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE  
MANABI**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

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

**TEMA**

**“ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO EN LA  
CALIDAD DE PLANTAS HORTÍCOLAS BAJO SISTEMA DE  
RIEGO PRESURIZADO, LOS BAJOS 2025”**

**AUTOR**

**BAZURTO ALVIA YULEXY NICOLE**

**TUTORA**

**ING. ESPINOZA ZAMBRANO JENIFFER PAULINA, Msc**


**MANABÍ – ECUADOR**

**2025 (1)**

## DECLARACIÓN DEL AUTORÍA

La egresada **BAZURTO ALVIA YULEXY NICOLE**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, señalo que las ideas expuesta en este trabajo investigativo y los resultados obtenidos y conclusiones dentro del contenido de este presente trabajo de investigación titulado **“ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO EN LA CALIDAD DE PLANTAS HORTÍCOLAS BAJO SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO, LOS BAJOS 2025”** es único y correspondiente bajo mi autoría; y que, anticipadamente no ha sido ostentado por calificación personal o por ningún grado; y, que he 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.



---

Bazurto Alvia Yulexy Nicole

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de los estudiantes: BAZURTO ALVIA YULEXY NICOLE legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 192 horas, cuyo tema del proyecto "ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO EN LA CALIDAD DE PLANTAS HORTÍCOLAS BAJO SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO. LOS BAJOS 2025".

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

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

Lugar, 02 de febrero de 2026.

Lo certifico,



Jeniffer Paulina Espinoza Zambrano  
Docente Tutor(a)  
Área: Agropecuaria

## **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 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.

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.

## **Estudio de diferentes tipos de sustrato en la calidad de plantas hortícolas bajo sistema de riego presurizado, Los Bajos 2025**

**Autor:** Yulexy Nicole Bazurto Alvia

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM),

Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías,

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

e1315722791@live.uleam.edu.ec

Manta, Ecuador

### **RESUMEN**

El uso eficiente de los recursos en viveros hortícolas constituye un reto clave en la agricultura sostenible. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la incidencia de diferentes combinaciones de sustratos orgánicos bajo un sistema de riego tecnificado en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), pimiento (*Capsicum annuum*) y pepino (*Cucumis sativus*) en la finca experimental "Los Bajos", durante el año 2025. Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos de sustrato (T0: turba 100 %, T1: 20 % fibra de coco + 80 % lombricompost, T2: 35 % fibra de coco + 65 % lombricompost y T3: 45 % fibra de coco + 55 % lombricompost).

Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, altura de plántula, longitud radicular, diámetro de tallo y análisis económico. Los resultados mostraron que, si bien no hubo diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables, los tratamientos con mezclas orgánicas presentaron un desempeño similar o superior al uso exclusivo de turba, destacando en vigor y uniformidad. La estimación económica evidenció que las combinaciones con materiales locales reducen los costos totales y mejoran la relación beneficio/costo.

Se concluye que el uso de sustratos orgánicos bajo un manejo de riego tecnificado representa una alternativa viable y sostenible para la producción de plántulas hortícolas en ambientes controlados, con potencial para mejorar la rentabilidad y reducir el impacto ambiental de los viveros.

**Palabras claves:** riego tecnificado; producción de plántulas; sustratos orgánicos; horticultura; sostenibilidad.

## **Study of different substrate types on the quality of horticultural plants under pressurized irrigation system, Los Bajos 2025**

### **ABSTRACT**

Efficient resource use in horticultural nurseries is a key challenge for sustainable agriculture. This study aimed to evaluate the effect of different organic substrate combinations under a technified irrigation system on the production of tomato (*Solanum lycopersicum*), pepper (*Capsicum annuum*), and cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings at the "Los Bajos" experimental farm in 2025. A completely randomized design was used with four substrate treatments: T0 (100 % peat), T1 (20 % coconut fiber + 80 % vermicompost), T2 (35 % coconut fiber + 65 % vermicompost), and T3 (45 % coconut fiber + 55 % vermicompost).

Evaluated variables included germination percentage, seedling height, root length, stem diameter, and an economic estimation. Results indicated that although no significant statistical differences were found, organic mixtures exhibited similar or improved performance compared to pure peat, particularly in tomato and pepper seedlings. The economic assessment revealed that the use of local organic substrates reduced production costs and yielded a positive benefit/cost ratio.

In conclusion, combining technified irrigation management with organic substrates represents a viable and sustainable alternative for seedling production in controlled environments, contributing to higher efficiency, profitability, and environmental sustainability.

**Keywords:** *technified irrigation; seedling production; organic substrates; horticulture; sustainability.*

## 1. Introducción

La producción de hortalizas constituye una de las actividades agrícolas más relevantes a nivel mundial, tanto por su valor nutricional como por su impacto económico y social. Dentro de este sistema productivo, la fase de semillero resulta determinante, ya que de ella depende, en gran medida, el establecimiento, desarrollo y rendimiento final de los cultivos. Esta etapa inicial exige condiciones ambientales controladas que favorezcan un crecimiento vigoroso y uniforme de las plántulas (García et al., 2024; Sandoval-Castro et al., 2021).

Entre los factores más influyentes durante esta fase se encuentran la calidad del sustrato, el manejo del riego y las características fisicoquímicas del agua utilizada. El tipo de sustrato, en particular, incide directamente en el desarrollo del sistema radicular, la retención de humedad, la aireación y la disponibilidad de nutrientes (Arias et al., 2023; Montilla, 2022). Mezclas como turba, cascarilla de arroz y fibra de coco han demostrado mejorar el vigor y la tasa de germinación de las plántulas (Montilla, 2022). Sin embargo, el uso intensivo de turba genera preocupación ambiental, ya que se trata de un recurso no renovable a corto plazo. Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, como el compost y otros materiales orgánicos (Jaramillo, 2022).

En paralelo, el riego tecnificado se ha consolidado como una estrategia eficiente para optimizar el uso del agua en viveros. Al permitir una aplicación precisa y uniforme, este tipo de sistema reduce el estrés hídrico de las plántulas y minimiza las pérdidas por escurrimiento o evaporación (MAG, 2023). No obstante, su efectividad también depende de la calidad del agua, la cual debe presentar parámetros adecuados como un pH equilibrado, baja salinidad y ausencia de contaminantes que puedan afectar tanto a las plantas como a los componentes del sistema (Bermeo & Matute, 2023).



Además del sustrato y del sistema de riego, otros factores como la temperatura, la humedad relativa, la calidad de la semilla, la incidencia de enfermedades y la disponibilidad de luz también condicionan la calidad del material vegetal producido (Laurente, 2021). Según Cedeño (2025), un buen desarrollo en la etapa de semillero no solo incrementa la tasa de supervivencia tras el trasplante, sino que también mejora el aprovechamiento de insumos durante el resto del ciclo productivo.

En Ecuador, la horticultura se concentra principalmente en la región Sierra, que representa el 86 % de la producción nacional, mientras que la Costa apenas alcanza el 13 % (Venegas-Vera & Pincay-Menéndez, 2024). Esta disparidad evidencia la necesidad de adoptar tecnologías que impulsen el desarrollo hortícola en zonas costeras, aprovechando sus condiciones agroclimáticas favorables. En este sentido, la combinación de riego tecnificado con sustratos alternativos podría constituir una solución viable para mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la seguridad alimentaria en estas áreas.

Diversas investigaciones (Masquelier et al., 2022; Sandoval-Castro et al., 2021; Zambrano, 2024) coinciden en que un manejo integral del semillero, que contemple tanto variables físicas como biológicas, puede incrementar la calidad de las plántulas y reducir los costos de producción. Asimismo, resaltan que la incorporación de tecnologías adecuadas contribuye a disminuir el uso de insumos, mejorar la eficiencia hídrica y reducir las pérdidas por errores en el manejo agronómico.

Aunque existe abundante literatura sobre estos factores, aún es necesario validar su aplicación en contextos locales específicos. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la incidencia de un sistema de riego tecnificado en la producción de plántulas de hortalizas en la finca experimental "Los Bajos", durante el año 2025.

## 2. Metodología (Materiales y métodos)

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes combinaciones de sustratos orgánicos en la producción de plántulas de hortalizas bajo condiciones de vivero. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, aplicando un diseño experimental unifactorial, en el cual se mantuvo constante el sistema de riego (microaspersión) y se variaron las proporciones de sustratos.

### 2.1. Ubicación del experimento

El ensayo se ejecutó en la finca experimental “Los Bajos”, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en la comuna Bajo del Pechiche, cantón Montecristi, provincia de Manabí, Ecuador. Las coordenadas geográficas del sitio son 1°05'11" de latitud sur y 80°40'60" de longitud oeste, con una altitud de 141 m s. n. m (Google Earth, 2024).

### 2.2. Condiciones edafoclimáticas del sitio

Las principales características del sitio se detallan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Condiciones edafoclimáticas del sitio de estudio.

Características	Valor Promedio
Clima <sup>1</sup>	Tropical semiárido
Temperatura promedio <sup>2</sup>	20 °C – 28 °C
Precipitación media anual <sup>2</sup>	200 – 500 mm
Humedad relativa anual <sup>1</sup>	80 %
Heliofanía anual <sup>2</sup>	600 – 1700 horas
Textura del suelo <sup>3</sup>	Arcilloso
Pendiente <sup>3</sup>	Muy suave (2 – 5 %)
pH del suelo <sup>3</sup>	Ligeramente alcalino

Fuente: <sup>1</sup>Prefectura de Manabí (2024), <sup>2</sup>GAD Montecristi (2023), <sup>3</sup>MAG (2025) .

### 2.3. Especies vegetales evaluadas

Se trabajó con tres especies hortícolas de interés comercial: tomate (*Solanum lycopersicum*), pimiento (*Capsicum annuum*) y pepino (*Cucumis*

*sativus*), empleando un número igual de unidades experimentales por tratamiento para cada especie.

#### **2.4. Tratamientos experimentales**

Se evaluaron cuatro tratamientos basados en diferentes mezclas de sustratos orgánicos, conformados por turba, fibra de coco y lombricompost (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos evaluados.

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición del sustrato</b>
<b>T0</b>	Turba 100%
<b>T1</b>	20% Fibra de coco + 80% Lombricompost
<b>T2</b>	35% Fibra de coco + 65% Lombricompost
<b>T3</b>	45% Fibra de coco + 55% Lombricompost

#### **2.5. Diseño experimental y análisis estadístico**

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por especie hortícola, totalizando 16 unidades experimentales por cultivo (48 en total). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad ( $p \leq 0,05$ ), utilizando el software InfoStat versión estudiantil (2020).

#### **2.6. Manejo del experimento**

##### **Preparación del área y vivero**

Se efectuó la limpieza y nivelación del terreno, instalando un vivero de 7,80 m × 7,40 m, con estructura de caña guadúa y cubierta de malla sarán (50 % de sombra) para reducir la radiación solar directa y evitar el ingreso de fauna no deseada.

### **Preparación y aplicación de sustratos:**

Los sustratos fueron mezclados según las proporciones establecidas para cada tratamiento. El lombricompost y la fibra de coco fueron obtenidos en Agromarket (ULEAM – extensión Manta), provenientes de las fincas experimentales “Los Bajos” y “Lodana”, respectivamente. La turba se adquirió en un vivero local certificado por el MAG.

### **Llenado de bandejas:**

Se usaron bandejas de germinación de 50 cavidades, llenadas de forma homogénea con los sustratos correspondientes y distribuidas aleatoriamente en el vivero.

### **Selección y siembra de semillas:**

Se emplearon semillas comerciales de alta calidad genética (variedades Bonanza y Quadrisem). La siembra se realizó a 2 mm de profundidad para tomate y pimiento, y a 4 mm para pepino, asegurando una adecuada cobertura y contacto con el sustrato.

### **Riego:**

Se instaló un sistema de microaspersión, operado manualmente. Durante la fase inicial, se aplicaron dos riegos diarios (mañana y tarde). Posteriormente, la frecuencia fue ajustada en función de la etapa fenológica de las plántulas. La cantidad de agua suministrada fue igual para todos los tratamientos.

### **Deshierbe y control fitosanitario:**

El deshierbe se efectuó manualmente cada semana. No se aplicaron productos fitosanitarios químicos para evitar interferencias con las variables fisiológicas.

## **2.7. Variables evaluadas**

### **Calidad del agua de riego:**

Se determinó mediante tiras reactivas "Test Strips 3 en 1", que evalúan cloro libre, bromuros, pH y alcalinidad total, siguiendo el procedimiento estándar.

### **Porcentaje de germinación (%):**

El porcentaje de germinación se calculó conforme a la fórmula propuesta por Mendivil-Lugo et al. (2019):

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

### **Altura de plántula (cm):**

Se midió desde la base del tallo hasta la hoja más alta utilizando una cinta métrica. Los resultados fueron expresados en centímetros.

### **Longitud radicular (cm):**

La raíz fue lavada cuidadosamente para medir su longitud desde el cuello hasta el ápice radical, utilizando una regla graduada.

### **Diámetro de tallo (mm):**

Se midió en la base del tallo con un calibrador digital, expresando los resultados en milímetros.

### **Estimación de costos:**

Se calcularon los costos asociados a sustratos, semillas, bandejas, mano de obra e imprevistos, con el propósito de determinar el costo total de producción por tratamiento.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Calidad del agua de riego

La calidad del agua empleada en el sistema de riego se presenta en la Tabla 3. Los análisis realizados mediante tiras reactivas mostraron ausencia de cloro libre y bromuros, un pH ligeramente alcalino (8–9) y una alcalinidad total entre 80 y 100 ppm.

Si bien estos valores se consideran tolerables para la mayoría de las especies hortícolas, se alejan del rango óptimo recomendado para viveros, que oscila entre 5,5 y 6,3 de pH (MAG, 2023). Una alcalinidad elevada puede disminuir la disponibilidad de micronutrientes como hierro, manganeso y zinc, limitando el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes (Bermeo & Matute, 2023).

**Tabla 3.** Características del agua utilizada para el sistema de riego

Parámetro	Valor
Cloro libre	0 ppm
Bromuros	0 ppm
pH	8 – 9
Alcalinidad total	80 – 100 ppm

**Nota:** Valores obtenidos mediante tiras reactivas “Test Strips 3 en 1” según las especificaciones del fabricante.

#### 3.2. Desarrollo de plántulas de pepino (*Cucumis sativus*)

Los resultados morfológicos de las plántulas de pepino se detallan en la Tabla 4. Se observó una alta tasa de germinación en todos los tratamientos (>96 %), sin diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), lo que indica que las combinaciones de sustrato y el sistema de riego no afectaron negativamente la emergencia.

El tratamiento T0 (100 % turba) presentó los mayores valores en altura (7,83 cm), longitud radicular (11,93 cm) y diámetro de tallo (2,69 mm),

evidenciando un desarrollo morfofisiológico superior. Resultados similares reportaron Masquelier et al. (2022), quienes destacaron que los medios a base de turba y fibra de coco favorecen la acumulación de biomasa en pepino. Asimismo, Atzori et al. (2021), indicaron que los sustratos orgánicos promueven buena germinación, aunque la sustitución completa de turba puede reducir el crecimiento inicial, en concordancia con las observaciones de Montilla (2022).

**Tabla 4.** Variables morfológicas evaluadas en plántulas de pepino

Tratamiento	Germinación (%)	Altura (cm)	Longitud radicular (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T0	99,00 ± 2,35 <sup>a</sup>	7,83 ± 1,60 <sup>a</sup>	11,93 ± 1,82 <sup>a</sup>	2,69 ± 0,18 <sup>a</sup>
T1	96,00 ± 2,35 <sup>a</sup>	5,63 ± 1,60 <sup>a</sup>	7,58 ± 1,82 <sup>a</sup>	2,44 ± 0,18 <sup>a</sup>
T2	99,00 ± 2,35 <sup>a</sup>	5,73 ± 1,60 <sup>a</sup>	8,95 ± 1,82 <sup>a</sup>	2,38 ± 0,18 <sup>a</sup>
T3	98,00 ± 2,35 <sup>a</sup>	6,48 ± 1,60 <sup>a</sup>	5,13 ± 1,82 <sup>a</sup>	2,13 ± 0,18 <sup>a</sup>
<b>CV</b>	<b>4,79</b>	<b>49,83</b>	<b>43,45</b>	<b>15,29</b>
<b>p-valor</b>	<b>0,7805</b>	<b>0,7530</b>	<b>0,1168</b>	<b>0,2547</b>

**Nota:** Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.3. Desarrollo de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum*)

Los porcentajes de germinación de pimiento oscilaron entre 96 % y 98 %, sin diferencias estadísticas (Tabla 5). Esta tendencia coincide con lo reportado por Zambrano (2024), quien obtuvo un promedio de germinación del 97 % en sustratos orgánicos.

Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la longitud radicular, destacándose el tratamiento T0 (turba) con 7,55 cm, lo que refleja un mayor vigor radicular inicial. Arias et al. (2023) señalan que la estructura física del sustrato es determinante para el desarrollo de raíces, más allá de la composición química. Además, Zambrano (2024) observó que el humus mejora la altura de plántulas de pimiento, demostrando el potencial de los sustratos orgánicos bien equilibrados.

**Tabla 5.** Variables morfológicas evaluadas en plántulas de pimienta

Tratamiento	Germinación (%)	Altura (cm)	Longitud radicular (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T0	97,00 ± 1,50 <sup>a</sup>	3,75 ± 0,07 <sup>a</sup>	7,55 ± 0,29 <sup>a</sup>	1,69 ± 0,13 <sup>a</sup>
T1	96,00 ± 1,50 <sup>a</sup>	3,70 ± 0,07 <sup>a</sup>	5,60 ± 0,29 <sup>b</sup>	1,55 ± 0,13 <sup>a</sup>
T2	98,00 ± 1,50 <sup>a</sup>	3,63 ± 0,07 <sup>a</sup>	5,35 ± 0,29 <sup>b</sup>	1,68 ± 0,13 <sup>a</sup>
T3	98,00 ± 1,50 <sup>a</sup>	3,70 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,30 ± 0,29 <sup>b</sup>	1,77 ± 0,13 <sup>a</sup>
<b>CV</b>	<b>3,08</b>	<b>3,64</b>	<b>9,36</b>	<b>16,13</b>
<b>p-valor</b>	<b>0,7505</b>	<b>0,6355</b>	<b>0,0008</b>	<b>0,7152</b>

**Nota:** Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.4. Desarrollo de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Las plántulas alcanzaron una germinación superiores al 96 % en todos los tratamientos, sin diferencias estadísticas (Tabla 6). Este comportamiento coincide con lo descrito por Jaramillo (2022), quien determinó que la reducción parcial de turba no afecta la emergencia del tomate. El tratamiento T0 registró la mayor longitud radicular (9,80 cm), mientras que T2 y T3 presentaron mayores valores en altura y diámetro de tallo. Esta tendencia podría deberse a una compensación fisiológica del crecimiento aéreo frente a la disponibilidad hídrica y física del sustrato. García et al. (2024), Montilla (2022) y Tao et al. (2024), mencionan que las mezclas orgánicas equilibradas mejoran la estructura del sustrato y el balance entre biomasa aérea y subterránea.

**Tabla 6.** Variables morfológicas evaluadas en plántulas de tomate

Tratamiento	Germinación (%)	Altura (cm)	Longitud radicular (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T0	98,00 ± 1,89 <sup>a</sup>	6,35 ± 0,68 <sup>a</sup>	9,80 ± 0,71 <sup>a</sup>	1,18 ± 0,12 <sup>a</sup>
T1	96,00 ± 1,89 <sup>a</sup>	7,48 ± 0,68 <sup>a</sup>	6,23 ± 0,71 <sup>b</sup>	1,44 ± 0,12 <sup>a</sup>
T2	99,00 ± 1,89 <sup>a</sup>	8,08 ± 0,68 <sup>a</sup>	6,30 ± 0,71 <sup>b</sup>	1,64 ± 0,12 <sup>a</sup>
T3	98,00 ± 1,89 <sup>a</sup>	7,95 ± 0,68 <sup>a</sup>	7,05 ± 0,71 <sup>ab</sup>	1,51 ± 0,12 <sup>a</sup>
<b>CV</b>	<b>3,87</b>	<b>18,21</b>	<b>19,30</b>	<b>16,27</b>
<b>p-valor</b>	<b>0,7273</b>	<b>0,3086</b>	<b>0,0122</b>	<b>0,0870</b>

**Nota:** Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



### 3.5. Estimación de costo.

Los costos de producción de plántulas bajo las distintas combinaciones de sustratos se resumen en la Tabla 7. El tratamiento con 100 % turba (T0) fue el más costoso debido al precio del material, mientras que los tratamientos con mayores proporciones de fibra de coco y lombricompost redujeron el costo total hasta en un 15,80 %. Esto demuestra la viabilidad económica de reemplazar parcialmente la turba sin comprometer la calidad de las plántulas.

**Tabla 7.** Costos estimados de producción de plántulas bajo diferentes combinaciones de sustratos

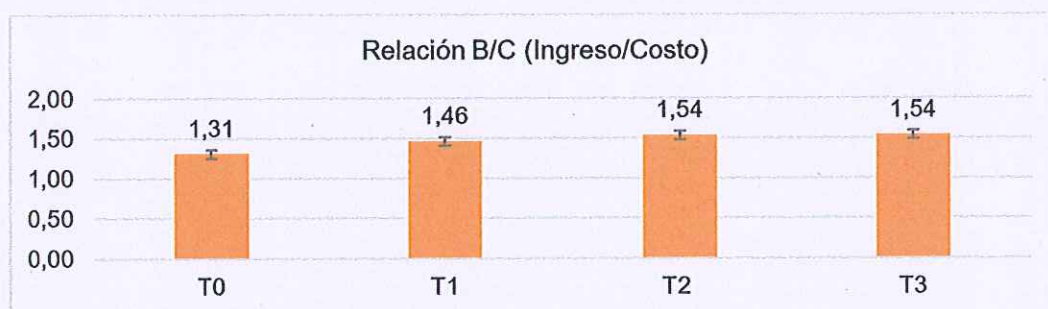
<b>Concepto</b>	<b>T0 (100% turba)</b>	<b>T1 (20% FC + 80% LC)</b>	<b>T2 (35% FC + 65% LC)</b>	<b>T3 (45% FC + 55% LC)</b>
Sustrato por bandeja (kg)	1,50	1,50	1,50	1,50
Turba (\$5/kg)	7,50	0,00	0,00	0,00
Fibra de coco (\$3/kg)	0,00	0,90	1,58	2,03
Lombricompost (\$4/kg)	0,00	4,80	3,90	3,30
Costo sustrato/bandeja (USD)	7,50	5,70	5,48	5,33
Costo total (4 bandejas)	30,00	22,80	21,90	21,30
Semillas	6,00	6,00	6,00	6,00
Bandejas (4 x \$1,75)	7,00	7,00	7,00	7,00
Mano de obra	12,00	12,00	12,00	12,00
Subtotal (USD)	55,00	47,80	46,90	46,30
Imprevistos (10%)	5,50	4,78	4,69	4,63
<b>Costo total producción (USD)</b>	<b>60,50</b>	<b>52,58</b>	<b>51,59</b>	<b>50,93</b>

### 3.6. Rentabilidad por especie

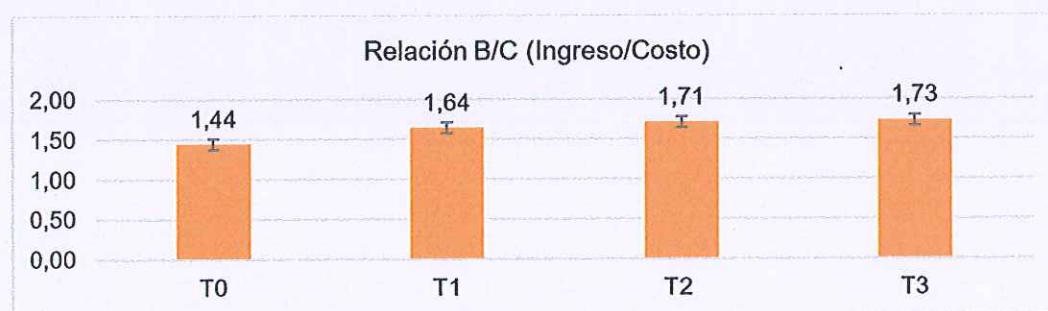
Los resultados económicos estimados se presentan en las Tablas 8, 9 y 10. En los tres cultivos, los tratamientos T2 y T3 registraron la mayor rentabilidad, con relaciones beneficio/costo (B/C) superiores a 1,5. Esto sugiere que el uso combinado de fibra de coco y lombricompost puede reducir costos sin afectar la germinación ni el desarrollo de las plántulas.

**Tabla 8.** Rentabilidad estimada en plántulas de pepino

Concepto	T0	T1	T2	T3
Germinación (%)	99,00	96,00	99,00	98,00
Plántulas vendibles (200)	198	192	198	196
Precio por plántula (USD)	0,40	0,40	0,40	0,40
Ingreso total (USD)	79,20	76,80	79,20	78,40
Costo total (USD)	60,50	52,58	51,59	50,93
<b>Ganancia neta (USD)</b>	<b>18,70</b>	<b>24,22</b>	<b>27,61</b>	<b>27,47</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>1,31</b>	<b>1,46</b>	<b>1,54</b>	<b>1,54</b>

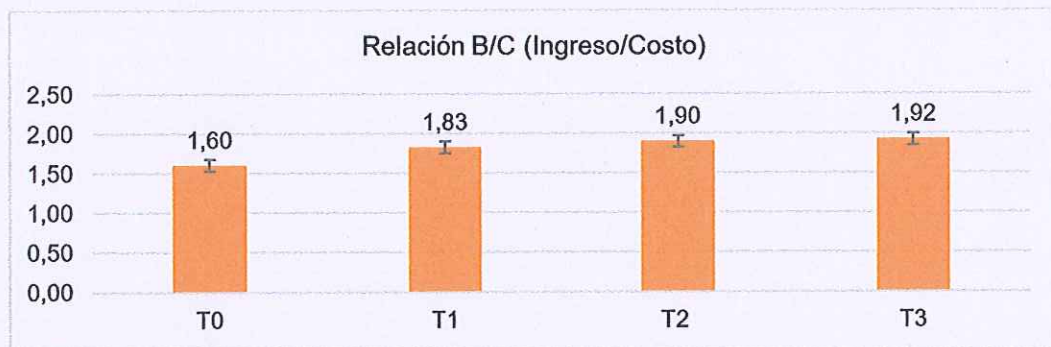
**Figura 1.** Rentabilidad estimada en plántulas de pepino**Tabla 9.** Rentabilidad estimada en plántulas de pimiento

Concepto	T0	T1	T2	T3
Germinación (%)	97,00	96,00	98,00	98,00
Plántulas vendibles (200)	194	192	196	196
Precio por plántula (USD)	0,45	0,45	0,45	0,45
Ingreso total (USD)	87,30	86,40	88,20	88,20
Costo total (USD)	60,50	52,58	51,59	50,93
<b>Ganancia neta (USD)</b>	<b>26,80</b>	<b>33,82</b>	<b>36,61</b>	<b>37,27</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>1,44</b>	<b>1,64</b>	<b>1,71</b>	<b>1,73</b>

**Figura 2.** Rentabilidad estimada en plántulas de pimiento

**Tabla 10.** Rentabilidad estimada en plántulas de tomate

Concepto	T0	T1	T2	T3
Germinación (%)	97,00	96,00	98,00	98,00
Plántulas vendibles (200)	194	192	196	196
Precio por plántula (USD)	0,50	0,50	0,50	0,50
Ingreso total (USD)	97,00	96,00	98,00	98,00
Costo total (USD)	60,50	52,58	51,59	50,93
<b>Ganancia neta (USD)</b>	<b>36,50</b>	<b>43,42</b>	<b>46,41</b>	<b>47,07</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>1,60</b>	<b>1,83</b>	<b>1,90</b>	<b>1,92</b>



**Figura 3.** Rentabilidad estimada en plántulas de tomate

### 3.7. Análisis general

Los resultados confirman que el tipo de sustrato influye de manera diferenciada según la especie hortícola. Aunque la turba sigue siendo un medio eficaz (Arias et al., 2023; Montilla, 2022), su sustitución parcial por fibra de coco y lombricompost mantuvo la calidad de las plántulas, reduciendo costos y dependencia de materiales no renovables, lo cual respalda lo señalado por Jaramillo (2022) y García *et al.* (2024).

Asimismo, el sistema de riego tecnificado permitió un crecimiento uniforme y controlado, optimizando el uso del agua. Estos hallazgos concuerdan con Sandoval-Castro et al. (2021) y Zambrano (2024), quienes destacan la importancia del manejo integral del vivero y la eficiencia hídrica.

### 3.8. Inversión total del experimento

La implementación del sistema de producción bajo condiciones controladas implicó una inversión total de 6 636,35 USD, distribuida en cinco categorías principales (Tabla 11). La infraestructura del vivero representó el 24,4 % del total, seguida de los costos del sistema de riego (22,0 %) y mano de obra (22,6 %). Los costos indirectos, principalmente transporte y logística, correspondieron al 24,6 %.

**Tabla 11.** Resumen de inversión total del experimento

<b>Categoría</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>% del total</b>
Materiales del invernadero	1 619,13	24,40 %
Sistema de riego tecnificado	1 460,22	22,01 %
Costos de producción	427,00	6,44 %
Mano de obra	1 500,00	22,61 %
Costos indirectos	1 630,00	24,57 %
<b>Total general</b>	<b>6 636,35</b>	<b>100 %</b>

## 4. Conclusiones

El presente estudio demostró que el uso de mezclas de sustratos orgánicos, particularmente aquellas compuestas por fibra de coco y lombricompost, constituye una alternativa eficiente y ambientalmente sostenible frente al uso exclusivo de turba en la producción de plántulas hortícolas. Aunque no se registraron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables fisiológicas, los tratamientos mixtos (T2 y T3) evidenciaron tendencias positivas en especies como tomate y pimiento, destacándose por su buena germinación, desarrollo radicular y uniformidad en el crecimiento.

El tratamiento testigo (turba 100 %) mantuvo valores ligeramente superiores en diámetro de tallo, mientras que las mezclas con mayor proporción de materiales orgánicos mostraron una respuesta favorable en vigor y adaptabilidad, lo que las convierte en opciones viables para viveros que buscan reducir costos y dependencia de insumos importados.

Desde el punto de vista económico, la estimación del beneficio/costo reflejó que los tratamientos con sustratos mixtos presentan un mejor equilibrio entre inversión y rendimiento, con una rentabilidad positiva derivada del bajo costo de materiales locales y la buena aceptación comercial de las plántulas producidas. Esto demuestra que la combinación de sustratos orgánicos y un manejo adecuado del riego puede mejorar la eficiencia productiva sin comprometer la calidad fisiológica del material vegetal.

El uso de sustratos orgánicos, bajo un manejo técnico controlado, representa una estrategia prometedora para la producción de plántulas hortícolas sostenibles en regiones con limitaciones hídricas. Se recomienda continuar con investigaciones que profundicen en la evaluación de diferentes proporciones y combinaciones de materiales orgánicos, así como en su efecto a largo plazo sobre el desempeño en campo tras el trasplante.

## 5. Referencias bibliográficas

- Arias, K., Sulbarán, J., Mendoza, W., Escalona, A., & Salas-Sanjuán, M. del C. (2023). **Sustainable Valorization of Organic Materials as Substrates for Soilless Crops in Protected Environments in the Venezuelan Andes.** *Resources*, 12(10), 116. <https://doi.org/10.3390/resources12100116>
- Atzori, G., Pane, C., Zaccardelli, M., Cacini, S., & Massa, D. (2021). **The Role of Peat-Free Organic Substrates in the Sustainable Management of Soilless Cultivations.** *Agronomy*, 11(6), 1236. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061236>
- Bermeo Ortiz, L. A., & Matute Matute, L. G. (2023). **Diseño de un sistema de riego por microaspersión en el cultivo de café (*Coffea canephora*) en el campus La María, Cantón Mocache - Ecuador.** <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/293db22b-981f-4c59-a49e-a4dace9e280e/content>

- Cedeño Alava, W. F. (2025). **Estudio de tres tipos de sustratos en el cultivo del pimiento (*Capsicum, annum*), de variedad 4 puntas, cultivadas en macetas, como alternativa a la agricultura urbana** [Ing. Agropecuario, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6910/1/ULEAM-AGRO-0341.pdf>
- GAD Montecristi. (2023). **Plan Bicentenario “Montecristi, un lugar para vivir, invertir y visitar. Cultura, hábitat saludable y desarrollo sostenible” 2023 – 2027**. <https://montecristi.gob.ec/pdot-vigente/>
- García Velazquez, L. A., Hernández Hernández, C., Santana-Baños, Y., Hernández Carballo, R., & González Moreno, R. (2024). **Comparación morfofisiológica de plántulas de *Solanum lycopersicum* obtenidas con sustrato en bandeja**. *Manglar*, 21(2), 247-251. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.026>
- Google Earth. (2024). **Ubicación del experimento**. Google. <https://earth.google.com/web/>
- Jaramillo Munive, M. J. (2022). **Evaluación de alternativas a la utilización de turba en semilleros de cultivos de ciclo corto bajo invernadero** [Ing. Agrónoma, Universidad de Cuenca]. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3553700e-1571-414b-ad02-50e5a0796976/content>
- Laurente Paico, M. C. (2021). **Producción y trasplante de plantines de hortalizas** [Ing. Agrónoma, Universidad Agraria La Molina]. <https://core.ac.uk/download/pdf/482038677.pdf>
- MAG. (2023). **Manual Vivero Forestales**. <https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2023/09/MANUAL-VIVEROS-FORESTALES.pdf>
- MAG. (2025). **Geoportal del Agro Ecuatoriano**. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

- Masquelier, S., Sozzi, T., Bouvet, J. C., Bésiers, J., & Deogratias, J.-M. (2022). **Conception and Development of Recycled Raw Materials (Coconut Fiber and Bagasse)-Based Substrates Enriched with Soil Microorganisms (Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Trichoderma spp., and Pseudomonas spp.) for the Soilless Cultivation of Tomato (*S. lycopersicum*).** *Agronomy*, 12(4), 767. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040767>
- Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A. D., Ruelas-Ayala, R. D., & Félix-Herrán, J. A. (2019). **Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano//Elaboration of an organic fertilizer type bocashi and its evaluation on germination and growth of radish.** *Biotecnia*, 22(1), 17-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1120>
- Montilla A, R. J. (2022). **Efecto de diferentes sustratos sobre el desarrollo en semillero de plántulas de tomate (*Lycopersicom esculentym* Mill).** *Revista Escandalar Investigativa* , 1(1), 25-41. <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/resi/article/view/1776/1578>
- Prefectura de Manabí. (2024). **Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial: Manabí 2023 - 2027.** <https://www.manabi.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/PDOT-MANABI-2023-2027.pdf>
- Sandoval-Castro, E., Lazcano-Bello, M. I., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., & Díaz-Ruiz, R. (2021). **Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate.** *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 77-88. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>
- Tao, W.-Q., Wu, Q.-Q., Zhang, J., Chang, T.-T., & Liu, X.-N. (2024). **Effects of Applying Organic Amendments on Soil Aggregate Structure and Tomato Yield in Facility Agriculture.** *Plants*, 13(21), 3064. <https://doi.org/10.3390/plants13213064>

Venegas-Vera, J. J., & Pincay-Menéndez, J. D. (2024). **Efectos del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, *Trichoderma* sp y microorganismo eficiente en crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en semillero.** *MQRInvestigar*, 8(1), 3493-3508. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.3493-3508>

Zambrano Dueñas, K. Y. (2024). **Comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*) con tres sustratos orgánicos en *El Carmen*** [Ing. Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].  
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/6410/1/ULEAM-AGRO-0381.pdf>