

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema: “Evaluación de sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo invernadero en el Centro Experimental San Francisco UPEC”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Cazar Limaico Bryan Ariel

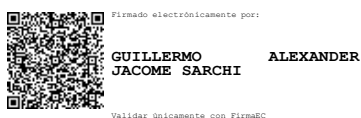
TUTOR: Ing. Jácome Sarchi Guillermo Alexander, MSc.

Tulcán, 2026.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Cazar Limaico Bryan Ariel con el número de cédula 1004277032 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo invernadero en el Centro Experimental San Francisco UPEC"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



---

Ing. Jácome Sarchi Guillermo Alexander MSc.

**TUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## **AUTORÍA DE TRABAJO**

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Cazar Limaico Bryan Ariel y con cédula de identidad número 1004277032 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Cazar Limaico Bryan Ariel

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Cazar Limaico Bryan Ariel declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo invernadero en el Centro Experimental San Francisco UPEC" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Cazar Limaico Bryan Ariel

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer profundamente a mis padres, Wilson Cazar y Carmen Limaico, quienes han sido mi más grande motor todos los días durante toda mi vida, sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible hoy estar culminando la carrera. En este trabajo también se reflejan todo su esfuerzo y apoyo emocional el cual ha sido vital para su culminación. Muchas gracias por haber creído en mí desde el principio, brindándome en todo momento ese aliento necesario impulsándome siempre a continuar, agradezco todos sus sabios consejos en determinados momentos guiándome a tomar las mejores decisiones posible.

A mi hermana Jessica quien me ha acompañado durante toda la carrera desde el primer día, agradezco tu gran ayuda y compañía en cada semestre. Para mi ha sido un privilegio que ambos hubiéramos vivido tantas experiencias este tiempo las cuales estoy seguro hemos disfrutado y aprendido de cada una de ellas. Tu sola presencia ha sido reconfortante siendo el motivo de mi alegría muchas veces. Estoy muy agradecido de todo el apoyo recibido esperando igualmente haberte brindado el mío.

A mi tutor MSc Guillermo Jácome, reconociendo todo el apoyo, esfuerzo, paciencia y conocimiento brindado desde el inicio hasta la finalización de mi tesis. Muy contento de cada consejo y revisión, sirviendo como retroalimentación positiva, sé que todo eso repercutirá en mi vida fuera de la universidad aplicándolo en diferentes contextos.

A todos esos amig@s y compañer@s dentro de la carrera, eternamente agradecido por su ayuda y apoyo en diferentes ocasiones, contento de haber vivido momentos y experiencias las cuales disfruté con todos ustedes.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, institución la cual me formó no solamente en el ámbito académico, sus instalaciones sirvieron como medio esencial para que mi aprendizaje mucho más técnico y profesional. Cada día sus instalaciones crecen, eso me alegra pues servirán para brindar educación de calidad para futuras generaciones. Por último, a los diferentes docentes por todo su conocimiento durante todos estos años, de los cuales pude aprender y tener experiencias gratas.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres y mi hermana por todo el amor y cariño que siempre me brindan. Este logro no solamente es mío sino también de ustedes. Los amo con todo mi corazón.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	18
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	19
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	21
1.4.1. Objetivo General .....	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	21
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	22
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	22
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	26
2.2.1 El cultivo de tomate de árbol.....	26
2.2.2 Origen .....	26
2.2.3 Taxonomía del cultivo .....	26
2.2.4 Morfología .....	26
2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos.....	29
2.2.6 Tomate de árbol variedad Gigante Anaranjado.....	30
2.2.7 Importancia del cultivo .....	31
2.2.8 Manejo Agronómico en etapa de vivero .....	31
2.2.9 Bioinsumos .....	33

2.2.10 Sustratos .....	35
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>37</b>
3.1.1. Enfoque.....	37
3.1.2. Tipo de Investigación .....	37
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>37</b>
3.3.1 Definición de variables.....	37
3.3.2 Operacionalización de variables .....	39
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>41</b>
3.4.1. Área de estudio .....	41
3.4.2 Tratamientos del diseño experimental.....	41
3.4.3 Características del diseño experimental .....	42
3.4.4 Distribución y características del experimento .....	42
3.4.5. Población y muestra de la investigación .....	43
3.4.6. Procedimientos .....	44
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>47</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
4.1.1 Altura de planta.....	48
4.1.2 Diámetro de tallos .....	50
4.1.3 Número de hojas .....	51
4.1.4 Longitud de hoja.....	52
4.1.5 Ancho de hoja .....	53
4.1.6 Peso de la raíz .....	54
4.1.7 Longitud de la raíz principal.....	56
4.1.8 Número de las raíces secundarias .....	57

4.1.9 Análisis costo-beneficio .....	59
<b>4.2 DISCUSIÓN .....</b>	<b>61</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	64
5.2. RECOMENDACIONES .....	64
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Taxonomía del cultivo de tomate de árbol.....	26
Tabla 2.Composición del Biol bovino en la UPEC.....	35
Tabla 3.Operacionalización de variables .....	39
Tabla 4.Tratamientos usados .....	42
Tabla 5.Característica del diseño experimento .....	42
Tabla 6.ANOVA para la altura de planta .....	48
Tabla 7.Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta. Factor bioinsumos y Factor sustratos.....	50
Tabla 8. ANOVA para el diámetro de tallos .....	50
Tabla 9. ANOVA para el número de hojas .....	51
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas. Factor Bioinsumos .....	52
Tabla 11. ANOVA para longitud de hoja .....	53
Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para longitud de hojas. Factor Sustratos .....	53
Tabla 13. ANOVA para el ancho de hoja.....	54

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para el ancho de hojas. Factor Sustratos.....	54
Tabla 15. ANOVA para el Peso de raíz de la planta .....	55
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para el peso de raíz de la planta. Factor bioinsumos y Factor sustratos .....	55
Tabla 17. ANOVA para longitud de raíz principal .....	56
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para longitud de la raíz principal. Factor bioinsumos y Factor sustratos .....	57
Tabla 19. ANOVA para el número de raíces secundarias.....	57
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para el número de raíces secundarias. Factor bioinsumos y Factor sustratos .....	58
Tabla 21. Análisis costo-beneficio para 1000 plantas de tomate de árbol.....	60
Tabla 22. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas ...	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíces del tomate de árbol .....	27
Figura 2. Tallo del tomate de árbol.....	27
Figura 3. Hojas del tomate de árbol .....	28
Figura 4. Inflorescencia del tomate de árbol .....	28
Figura 5. Fruto de tomate de árbol.....	29
Figura 6. Semillas de tomate de árbol.....	29
Figura 7. Fenología del cultivo de tomate de árbol .....	30
Figura 8. Presentación BlueN .....	33

Figura 9. Presentación Resid MG .....	34
Figura 10. Ubicación del experimento .....	41
Figura 11. Distribución del experimento .....	43
Figura 12. Diseño de la unidad experimental .....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	71
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	72
Anexo 3. Análisis de boil bovino UPEC.....	74
Anexo 4. Proceso experimental .....	75
Anexo 5.Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas .....	76
Anexo 6. Script para realizar el análisis estadístico en R studio de un DBCA con arreglo factorial .....	77

## RESUMEN

La producción de plántulas de calidad es el factor determinante para el éxito del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos y bioinsumos sobre el crecimiento morfofisiológico de plantas de tomate de árbol en etapa de vivero. El ensayo se realizó en el Centro Experimental "San Francisco" de la UPEC, bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 6x2, probando seis niveles de bioinsumos (*Methylobacterium symbioticum*, *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, Biol bovino y sus mezclas) y dos tipos de sustratos (Sustrato A: mezcla con vermicompost y cascarilla de arroz, tierra negra y arena; Sustrato B: tierra negra y arena). Los resultados a los 105 días después del trasplante mostraron que no existió interacción significativa para las variables aéreas, pero sí una marcada sinergia en el desarrollo radicular. El tratamiento T1 (*Methylobacterium symbioticum* + Sustrato A) alcanzó la mayor altura de planta con 25.25 cm. Por su parte, la coinoculación de bacterias y micorrizas (T4: *BlueN* + *Resid MG*) generó el mayor impacto en la raíz, logrando un peso de 30.10 g y una longitud de 44.68 cm, superando significativamente al testigo (7.65 g). El Sustrato A demostró ser superior estadísticamente en todas las variables frente al Sustrato B. El análisis económico determinó que el tratamiento T1 fue el más rentable, con una relación beneficio/costo de 4.25 USD. Se concluye que la bioestimulación, combinada con sustratos ricos en materia orgánica, es una estrategia eficiente para obtener plantas vigorosas y reducir costos en vivero.

**Palabras claves:** *Solanum betaceum*, bioinsumos, vivero, rentabilidad.

## ABSTRACT

The production of high-quality seedlings is a determining factor for the successful cultivation of tree tomato (*Solanum betaceum*). The objective of this study was to evaluate the effect of different substrates and bioinputs on the morphophysiological growth of tree tomato plants at the nursery stage. The experiment was conducted at the "San Francisco" Experimental Center of UPEC, under a Completely Randomized Design (CRD) with a  $6 \times 2$  factorial arrangement. Six levels of bioinputs were tested (*Methylobacterium symbioticum*, *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, bovine biol, and their interactions) and two types of substrates (Substrate A: mixture of vermicompost, rice husk, black soil, and sand; Substrate B: black soil and sand). Results 105 days after transplanting showed no significant interaction for above-ground variables; however, a marked synergistic effect was observed in root development. Treatment T1 (*Methylobacterium symbioticum* + Substrate A) achieved the greatest plant height, 25.25 cm. In contrast, the co-inoculation of bacteria and mycorrhizae (T4: BlueN + Resid MG) had the greatest impact on root development, reaching a root weight of 30.10 g and a length of 44.68 cm, significantly surpassing the control (7.65 g). Substrate A was statistically superior to Substrate B in all evaluated variables. Economic analysis indicated that treatment T1 was the most profitable, with a benefit-cost ratio of 4.25 USD. It is concluded that biostimulation combined with substrates rich in organic matter is an efficient strategy to obtain vigorous plants and reduce nursery production costs.

**Keywords:** *Solanum betaceum*, bioinputs, nursery, profitability.

## INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) tiene su origen en Sudamérica; sin embargo, el principal desafío consiste en determinar con precisión el centro o la zona específica de donde proviene. Diversos estudios más recientes han abordado este tema, aunque en sus resultados suelen presentar perspectivas y conclusiones distintas. Por esta razón, en general cuando se describe el origen se toman en cuenta varias zonas andinas subtropicales como Colombia, Chile, Ecuador, Bolivia y Perú (Wang y Zhu, 2020).

La fruta destaca por su valor nutricional favoreciendo la salud cardiovascular debido a su contenido de antioxidantes, contribuye al cuidado visual por su aporte de vitamina A y también apoya el correcto funcionamiento del sistema digestivo (LA NACION, 2023). En los últimos años, este cultivo ha tenido un crecimiento debido a varias razones, una de ellas, un mayor consumo cotidiano, gracias a sus aportes nutricionales o en su implementación como materia primera de otros productos alimenticios. También se destaca por las diferentes investigaciones científicas para estudiar sus propiedades en otros campos, uno de ellos, la reutilización de sus residuos como suplementos, alimentos funcionales, colorantes entre otros (Rosa et al., 2024).

En Ecuador el tomate de árbol se encuentra en el grupo denominado “otras frutas y nueces” contribuyendo con 0,03% en las exportaciones agropecuarias ecuatorianas, el cultivo se concentra en cuatro provincias de la Sierra siendo las destacadas Tungurahua e Imbabura (Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA], 2023). Una de las características principales de este cultivo es su adaptabilidad, su mayor desarrollo se encuentra en zonas con climas templados y altitudes entre 1,500 y 3,000 m.s.n.m, estas condiciones favorecen un crecimiento vigoroso y una producción óptima de frutos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2025). Sin embargo, la sostenibilidad de este cultivo al igual que la de muchos otros se ve amenazada debido al empleo de prácticas intensivas en el control fitosanitario repercutiendo en los costos de producción y provocando un deterioro en la fertilidad de los suelos debido a la pérdida de microbiota benéfica.

Una de las etapas más importantes para el tomate de árbol es su manejo en vivero, ya que de este depende asegurar una buena calidad morfofisiológica al momento del trasplante. Cuando las plantas presentan estrés nutricional, se vuelven más susceptible al ataque bacterias, virus, hongos, obligando al agricultor a usar

plaguicidas y pesticidas (Alltech, 2022). Aunque estos insumos surgen de la necesidad para prevenir y controlar las plagas que atacan a los cultivos, su uso extensivo ha traído problemas tanto para las plantas, los ecosistemas y el ser humano (Rueda, 2023). Frente a esto es necesario la búsqueda e implementación de tecnologías más limpias y eficientes para tratar los cultivos.

Entre una de las alternativas agrícolas más accesibles es el uso de bioinsumos, siendo productos formulados de compuestos biológicos y minerales enfocados en mejorar la productividad, calidad y sanidad de los cultivos, de esta manera minimizando los impactos ambientales (Roblada et al., 2024). El desafío más significativo de estas nuevas prácticas más ecológicas es promover la adopción de bioinsumos logrando que los agricultores sustituyan su forma de cultivar, pasando de sus sistemas tradicionales a otras más sostenibles. Esto último representa una tarea muy difícil pues implica transformar costumbres fuertemente arraigados durante generaciones, por ende, estas nuevas tecnologías son poco valoradas e incluso rechazadas en muchos casos.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos y bioinsumos en el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo condiciones de invernadero en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC. Para ello se emplearon tres bioinsumos: *Methylobacterium symbioticum* (BlueN), *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (Resid MG) y Biol bovino, combinados con dos tipos de sustratos. El sustrato A estuvo conformado por Tierra negra (40%) + Vermicompost (30%) + Cascarrilla de arroz (10%) + Arena fina (20%), mientras que el sustrato B se elaboró con Tierra negra (60%) + Arena fina (40%). Los resultados evidenciaron efectos notables, particularmente en el sistema radicular. La combinación BlueN + Resid MG registró los mayores valores en peso de raíz (30,10 g), longitud de raíz (44,68 cm) y número de raíces secundarias (19,38), seguida de los tratamientos donde los bioinsumos se aplicaron de manera individual; el testigo, sin bioinsumos, presentó los valores más bajos. En cuanto a los sustratos, el sustrato A superó al B en todas las variables evaluadas, probablemente debido a su mayor aporte nutricional y mejor estructura. En conjunto, la interacción entre bioinsumos y sustratos, cada uno con sus propiedades particulares, demostró ser determinante para la obtención de plántulas de alta calidad.

Este estudio buscó identificar la combinación entre sustratos y bioinsumos más eficiente, tanto agronómica como económicamente, para proporcionar a los viveristas del Carchi información confiable sobre su uso en la obtención de plantas de tomate de árbol vigorosas, con sistemas radiculares robustos y preparadas para enfrentar el estrés del trasplante a campo definitivo, promoviendo de esta manera la implementación de alternativas ecológicas en la agricultura.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Estados Unidos tras la revolución verde se desencadenó un nuevo modelo de agricultura masiva gracias a la aplicación de diferentes tecnologías agrícolas, entre ellas los agroquímicos, siendo probados con éxito y expandidos posteriormente al resto de países (Rosales, 2024). Gracias a los excelentes resultados traducidos en altos rendimientos, el uso de fertilizantes químicos, pesticidas, plaguicidas se incrementó exponencialmente con el pasar de las décadas. Todo esto ha provocado diferentes daños como la degradación y aceleración en procesos erosivos del suelo, pérdida de nutrientes, contaminación a fuentes subterráneas de agua (Muñoz et al., 2024). De igual forma la exposición prolongada a diferentes tipos de plaguicidas siendo estas sustancias químicas la causa de efectos nocivos cuando existe un contacto directo con la piel, ingesta o por inhalación produciendo toxicidad crónica, el nivel de daño dependerá del tipo de ingrediente activo (Ahmad et al., 2024).

A pesar de los efectos negativos asociados a la utilización prolongada y excesiva de agroquímicos, en países como Ecuador se siguen manteniendo este tipo de agricultura pese a la existencia de insumos biológicos más amigables con el ambiente. Sin embargo, la adopción de bioinsumos no es visible debido a limitaciones como falta de información, poca distribución local y precios volátiles afectando sobre todo para pequeños agricultores. Coca (2021) menciona que actualmente es imposible mantener niveles de producciones exigentes con una agricultura tradicional o extensiva sin los agroquímicos, por ende, no es viable dejar de utilizar estos productos ya que se han vuelto imprescindibles si se quiere alcanzar a tener cosechas rentables.

Dentro de la provincia del Carchi el monocultivo de papa es una actividad preocupante debido a sus prácticas intensivas, esto se ve reflejado en un aumento en la demanda del uso de agroquímicos debido a los buenos resultados en las producciones.

Estos productos constituyen por si solos una gran inversión inicial debido a sus altos costos, superando en valor a otros insumos agrícolas o incluso la mano de obra afectando a los pequeños-medianos productores cuando no se recupera lo invertido (Suárez et al., 2025).

Las plantas de tomate de árbol pueden surgir como una alternativa de diversificación productiva en Carchi. Sin embargo, su expansión enfrenta varias limitaciones, siendo una de las principales razones los problemas fitosanitarios, como el ataque de hongos "Antracnosis" (*Colletotrichum acutatum*) y *Fusarium sp* apareciendo en cualquier etapa del cultivo (Méndez, 2024). Ante esta problemática las plantas destinadas a campo deben presentar un adecuado vigor, ya que un correcto manejo inicial las hace más tolerantes al estrés después del trasplante haciéndolas menos susceptibles a enfermedades (Agrocalidad, 2015) . Por ende, la alta presencia de enfermedades en los cultivos se vincula a una falta de vigor causada por prácticas deficientes en su etapa dentro de los viveros.

Existen varias condiciones las cuales influyen en la calidad de las plantas, una de ellas es la semilla y otra corresponde a las labores de manejo técnico implementadas por parte del viverista (Ramos y Lombardi, 2020). Por esta razón, aplicar una buena fertilización y sustratos es indispensable. Los sustratos deben cumplir ciertas características como proporcionar una adecuada porosidad, buen drenaje, capacidad retención de agua, todos estos elementos claves para la producción de plantas vigorosas y resistentes listas para el trasplante a campo (Marcalla, 2023). Malas prácticas en el manejo de vivero son bastante recurrentes, esto repercute en la calidad de las plantas producidas. Por esta razón es común observar pérdidas de hasta 30-35 % de la capacidad de producción, lo que incrementa los costos de producción (Carrasco et al., 2024). Esto compromete la sanidad y productividad futura del cultivo una vez establecido en campo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El limitado conocimiento sobre el uso de bioinsumos, junto con prácticas deficientes en el manejo técnico de viveros, condiciona la producción de plantas de tomate de árbol de calidad para su distribución en la provincia del Carchi.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

El tomate de árbol es un cultivo perenne cultivado principalmente en zonas de Sierra centro-norte donde se ha logrado aumentar su superficie cultivada en años recientes. En 2023, se registraron 1,731 has y una producción de 10,919 toneladas métricas (ESPAC, 2023). Este frutal presenta una buena adaptación a diversas zonas, especialmente aquellas con climas fríos y altitudes elevadas (León et al., 2004). Por ello, la provincia del Carchi representa una oportunidad estratégica para reducir el monocultivo de papa, de esta manera promoviendo una diversificación agrícola necesaria, apuntando a un futuro lograr posicionarse en nuevos mercados internacionales como Estados Unidos o países de la Unión Europea.

No obstante, el uso intensificado y en muchos casos irresponsable de nuevas tecnologías agrícolas, ha generado diversos problemas que afectan no solo al ambiente, sino también a los ámbitos socioeconómico y de la salud. Por este motivo es necesario transitar a nuevos métodos de producción más eficientes y sostenibles que buscan reducir dichos impactos y promover una agricultura responsable (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura [FAO], 2009). Esta tendencia plantea retos importantes por ende las industrias han desarrollado insumos biológicos con el objetivo de brindar alternativas con la producción de insumos biológicos los cuales ayudan a minimizar los efectos negativos ocasionados por el uso indiscriminado de agroquímicos (Hidalgo, 2017).

Los bioinsumos muchos de ellos se caracterizan por no dejar residuos tóxicos en el medio ambiente y pueden elaborarse de dos formas comercial o artesanal. Un claro ejemplo de este último, el biol, un abono orgánico foliar caracterizado por su fácil preparación y múltiples beneficios. Gracias a su aplicación se destacan la mejora en el vigor del cultivo, permitiendo mayor tolerancia al ataque de plagas y enfermedades, así como aumentos de hasta 30% la producción en diversos cultivos. (Jácome, 2015). Al momento de su aplicación las hojas absorben aprovechando todos los nutrientes que puede aportar para un mejor desarrollo de forma natural.

Por otro lado, una parte importante de los nuevos productos biológicos se desarrolla en laboratorios, donde profesionales buscan maximizar las producciones agrícolas y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental. Existen todo tipo con diferentes funciones, uno de ellos *Metylobacterium symbiotycum* (BlueN), un producto revolucionario gracias a esta bacteria que ayuda en el proceso de fijación del

nitrógeno, en este caso atmosférico siendo la única de este tipo (Corteva, 2024) En su interior, la bacteria transforma el nitrógeno atmosférico en compuestos asimilables como amonio, los cuales son liberados de forma gradual y sincronizada con la demanda nutricional del cultivo. Este bioinsumo con su innovador funcionamiento mejora el desarrollo y rendimiento del cultivo gracias a la fácil colonización de la bacteria y su rápido modo de acción, al tiempo que reduce la dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos similares, reduciendo los costos de producción.

Otro tipo de bioinsumo empleado son diferentes tipos de micorrizas, en especial los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), para ello tenemos Resid MG siendo un fertilizante que contiene el hongo *Glomus iranicum var. tenuihypharum*, el cual establece una simbiosis funcional con las raíces de la planta. Esta asociación intensifica un mayor crecimiento en la rizosfera gracias a la intensa colonización del hongo induciendo que el sistema radicular sea mucho más profundo y ramificado. Gracias a esta acción se promueve una mayor absorción de agua y nutrientes, así como, un mayor vigor y rendimiento de los cultivos (SPORA, 2024).

Una de las prácticas importantes dentro de vivero es la elaboración del sustrato es fundamental, ya que este brindara los nutrientes necesarios a la para su crecimiento. Existen varios componentes para lo sustratos, entre los más usados tenemos las mezclas que involucran, tierra negra, cascarilla de arroz, arena, compost etc. Estos elementos brindan un adecuado soporte a las plantas, ayudan en la retención y aireación además de brindar los nutrientes necesarios (Pozo y otros, 2023). Además, se puede agregar otros sustratos como el vermicompost mejora la estructura del suelo promoviendo la formación de agregados, aumento en la retención de agua, reduce la compactación favoreciendo la infiltración del agua y el intercambio de gases (Mendoza et al., 2024).

La presente investigación se empeñó en evaluar la combinación de sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Los resultados aportarán conocimiento relevante, no solamente del cultivo sino también sobre el uso de insumos orgánicos en viveros facilitando la producción de plantas vigorosas a través de prácticas sostenibles y a su vez contribuyendo a la diversificación al sector agrónomo en la zona.

## 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo invernadero en el Centro Experimental San Francisco UPEC

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la interacción de los sustratos con los bioinsumos en el desarrollo vegetativo aéreo de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en invernadero.
- Analizar la interacción de los sustratos con los bioinsumos en el crecimiento radicular de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en invernadero.
- Realizar un análisis costo-beneficio para los tratamientos aplicados.

### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo influyen la interacción de diferentes tipos de sustratos con bioinsumos en el desarrollo vegetativo aéreo de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*)?
- ¿Cuál es la influencia de la combinación de diferentes tipos de sustratos con bioinsumos en el crecimiento radicular de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*)?
- ¿Cuál es, en base al análisis costo-beneficio, es el tratamiento más rentable?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Castro (2024), en su investigación de titulada " Efecto de micorrizas en raíces de plántulas de musa aab (subgrupo plátano) dominico hartón en camas de multiplicación". En este estudio se evaluó los posibles efectos de Micorrizas arbusculares sobre plántulas de plátano, las variables evaluadas son diámetro de raíces, longitud de raíces y número de raíces durante los días 58, 83, 112, 125,150 y 182 después de la siembra. La localización del experimento es en la universidad de Caldas, aplicó un DCA. Los tratamientos fueron 3: Micorriza Seca, Micorriza sólida y un testigo. El efecto de la aplicación de micorrizas se vio reflejado en las variables diámetro, número de raíces y peso seco, con diferencias significativas entre los tratamientos. La micorriza seca presentó los mayores valores en peso y diámetro de raíz, y longitud radical para la fase de vivero.

Cruz (2024), en su investigación de titulada "Evaluación del crecimiento y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.), variedad INIAP 180, usando *Methylobacterium symbioticum* como fuente fijadora de nitrógeno en el sector La Argelia de la ciudad de Loja" tuvo como objetivo evaluar crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz. En el ensayo lo estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones. Como resultados relevantes tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento y rendimiento del maíz. La mayor altura de planta (191,88 cm) y diámetro de tallo se registraron cuando la bacteria fue aplicada en dos y tres momentos, debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y reducir la dependencia del nitrógeno del suelo.

Estrada (2022), en su investigación de titulada "Efecto de la aplicación de biol a base de estiércol bovino enriquecido con polvo de roca en el cultivo de ajo (*Allium Sativum* L.), en el Centro Experimental San Francisco, Cantón Huaca". Aplicó un diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones. Las dosis que se evaluaron fueron; dosis 1: 74 cc. biol/L, dosis 2: 93 cc. Biol/L, dosis 3: 150 cc. Biol/L, dosis 4: 168 cc. Biol/L, y el testigo al que se le aplicó fertilizante químico (18-46-0). Las variables

evaluadas fueron: porcentaje de sobrevivencia, altura de la planta, número de hojas, diámetro del bulbo, peso de los bulbos por planta, número de bulbillos por bulbo, rendimiento por parcela. Dentro de los resultados, en altura y número de hojas no se encontraron diferencias estadísticas significativas terminando con valores de 59,12cm y 7,29 respectivamente.

García (2025), en su investigación titulada "Respuesta del retorno del cultivo de banano (*Musa x Paradisiaca*) a la aplicación de *Methylobacterium symbioticum*", desarrollada en la finca "DACRIAN", ubicada en las Malvinas, utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis del biofertilizante *Methylobacterium symbioticum*: T1 (0 g), T2 (1.5 g), T3 (5 g) y T4 (7.5 g). Se evaluaron variables agronómicas como número de hojas, altura del hijo, diámetro del tallo, longitud y ancho de hoja. Los resultados obtenidos mediante análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia mostraron que los tratamientos T2 y T3 presentaron efectos positivos en la mayoría de las variables evaluadas, destacando el tratamiento T3 (5g) por su influencia en el rendimiento y calidad de cultivo. Se concluye que la aplicación de *Methylobacterium symbioticum* mejora el desarrollo vegetativo del banano y representa una alternativa viable para obtener buenos desarrollos en los cultivos, reduciendo la dependencia de fertilizantes convencionales.

Medina et al. (2019), analizó el "efecto de *Methylobacterium extorquens* en el desarrollo del tomate en presencia o ausencia de *Fusarium oxysporum*" tuvo como objetivo evaluar como afecta la presencia o ausencia de la bacteria *Methylobacterium extorquens* en el crecimiento y desarrollo del tomate (*Solanum lycopersicum*. Var SUN 7705) cuando este presente o ausente el hongo fotopatógeno *Fusarium oxysporum*. Para eso empleó un Diseño completamente al azar (DCA) con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Utilizó 6 tratamientos incluyendo un control y un testigo. Entre las variables estudiadas están altura de planta, amplitud foliar, producción de fruto, peso seco total y peso seco raíz. Como resultados obtuvo que los tratamientos que fueron inoculados con *Methylobacterium extorquens* alcanzaron los mejores valores en las variables de estudio a comparación de las que no fueron inoculadas, esto incluso cuando presentaba el hongo *Fusarium oxysporum*. De esta forma concluyendo que La inoculación con *Methylobacterium extorquens*

mejoró variables de crecimiento y rendimiento del tomate y mostró efectos beneficiosos incluso en presencia de *Fusarium oxysporum*. Sin embargo, no indujo una expresión significativa de los genes de defensa analizados bajo las condiciones del estudio.

Montalbo (2018), en su investigación titulada "Utilización de compost y vermicompost como sustitutos parciales de la turba para el desarrollo de especies vegetales mediterráneas". Propuso como objetivo evaluar si el compost y el vermicompost pueden sustituir parcialmente a la turba en sustratos para el cultivo de adelfa (*Nerium oleander* L.), para ello analizó cómo afectan las mezclas a las propiedades del sustrato y al desarrollo de las plantas. El modelo de ensayo consistió en preparar mezclas binarias del sustrato comercial (principalmente turba) con compost o vermicompost en proporciones de 0%, 20%, 40%, 60% y 80% (v:v), usándose la mezcla de 0% como control, y evaluando parámetros físico-químicos del sustrato y la biomasa fresca y seca de parte aérea y raíces de las plantas. Los resultados mostraron que las mezclas con compost o vermicompost presentaron buenas propiedades físicas y que, especialmente en las proporciones de 40%, 60% y 80%, la biomasa de las plantas fue más favorable que en el sustrato control de turba, indicando que estos materiales orgánicos pueden ser alternativas viables para reducir la turba sin perjudicar el crecimiento vegetal.

Alvarado (2025), en su investigación titulada "Aprovechamiento biotecnológico de las micorrizas arbusculares nativas en tres familias botánicas representativas de cultivos comerciales", utilizó un diseño completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, sumando un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes volúmenes de inóculo micorrízico (75 ml, 150 ml y 300 ml) en combinación con distintos sustratos (turba, arena, mezcla turba-arena y mezcla turba-arena con ácido húmico). Se evaluaron variables como altura de planta, número de hojas, contenido de clorofila, longitud radicular y porcentaje de micorrización. Los resultados mostraron que el consorcio micorrízico nativo tuvo efectos positivos en el desarrollo de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), destacando el tratamiento con 300 ml de inóculo en sustrato turba-arena + ácido húmico, que alcanzó la mayor longitud radicular (12.5 cm) y el mayor porcentaje de micorrización (92 %). Estos resultados evidencian el potencial

de los HMA como biofertilizantes sostenibles para mejorar el crecimiento radicular en cultivos agrícolas.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 El cultivo de tomate de árbol

El cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) o tamarillo conocido así en otros países, es una especie frutal andina cultivada por las diferentes propiedades nutritivas y la versatilidad que aportan los frutos en la alimentación. En los últimos años, su consumo ha experimentado un incremento en el Ecuador, lo que ha impulsado la expansión de áreas de cultivo, especialmente en zonas de clima templado como las provincias localizadas en el centro-norte. (INIAP,2025). Gracias a ello las exportaciones han ido aumentando cada año, en 2023 las exportaciones fueron de 1,145 toneladas distribuidas a diferentes destinos como Estados Unidos (91%), España (6%), Francia (2%), Países bajos y Reino Unido (1%) (SIPA, 2023).

### 2.2.2 Origen

El tomate de árbol es nativo de las regiones tropicales de América del Sur, entre los países de origen están las selvas y bosques en Colombia, Perú, Chile, Ecuador, Bolivia y Brasil, encontrándose en latitudes altas y climas fríos (Romero, 2022). Aunque no se ha encontrado con claridad el centro de origen, gracias a su domesticación y comercialización generó una dispersión hacia diferentes zonas andinas. En la actualidad, este cultivo además de encontrarse en Sudamérica cuenta con presencia en sitios como Nueva Zelanda, México, Costa Rica, Puerto Rico, África oriental, Europa, entre otros (Ramírez y Kallarackal, 2019).

### 2.2.3 Taxonomía del cultivo

**Tabla 1.** Taxonomía del cultivo de tomate de árbol

<b>Categoría</b>	<b>Nombre</b>
Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum betaceum</i>

**Fuente:** (Buono et al., 2018)

### 2.2.4 Morfología

El estudio morfológico del cultivo resulta indispensable para facilitar su manejo agronómico en los diferentes procesos como la adaptación, desarrollo y productividad.

Según León et al., (2004) este tipo de planta muestra las siguientes estructuras y sus respectivas características:

- Raíces: Las raíces pueden alcanzar profundidades de 1 m, la mayor concentración de raíces absorbentes se concentra en los 0,25 cm hasta los 0,50 cm. La profundidad dependerá del tipo de suelo el que permitirá si existe un mayor desplazamiento o no. Existen factores que afectan el sistema radicular como el manejo del cultivo, su fertilización, riego etc.



**Figura 1.** Raíces del tomate de árbol

**Fuente:** (Benavides, 2024)

- Tallo: El tallo es de forma cilíndrica, con alturas variables entre 2-3m, de diámetro entre 6 a 12 cm, normalmente se ramifica en tres ramas donde cada una está en un rango de 1 a 1,5 m de altura. Además, es de color verde con tono oscuro y se torna leñoso en su etapa adulta.



**Figura 2.** Tallo del tomate de árbol

**Fuente:** (Benavides, 2024)

- Hojas: Sus hojas son grandes y forma acorazonada (condiformes) con un color verde oscuro mientras que en el envés es verde más claro, levemente pubescentes, las hojas provenientes del tallo principal alcanzan entre 30 - 40 cm de largo y 15 – 20 cm de ancho.



**Figura 3.** Hojas del tomate de árbol

**Fuente:** (Benavides, 2024)

- Inflorescencia: Aparece en forma de racimo, se desarrollan en las axilas de las hojas o sobre ella, pueden poseer un máximo de 40 flores. Las flores son pequeñas 1,3 a 1,5 cm de diámetro, hermafroditas, de color blanco-rosado. Su polinización es autógama, aunque también puede ser alógama o cruzada debido a las abejas que llegan a las flores abiertas.



**Figura 4.** Inflorescencia del tomate de árbol

**Fuente:** (Benavides, 2024)

- Frutos: El fruto corresponde a una baya con forma semi-ovalada, de tipo no climatérico, suspendido por un pedúnculo largo, poseen una piel y pulpa atractivas a la vista. Su color es variable dependiendo de la variedad, normalmente las tonalidades más comunes son el verde, en su estado inmaduro, hasta rojo, anaranjado y amarillo. Su longitud varía entre 4 a 7cm,

de ancho 2 y 4cm y peso promedio de 40-80 g. La pulpa es de color anaranjado claro, de sabor agridulce.



**Figura 5.** Fruto de tomate de árbol

**Fuente:** (Benavides, 2024)

- **Semillas:** Sus semillas son pequeñas con longitudes de 1 hasta 4 mm, en estado tierno son de color blanquecino, pero mientras transcurre el proceso de maduración se tornan anaranjadas o rojizas, cada semilla se encuentra recubierta en un mucílago gelatinoso. Se pueden encontrar 200 a 300 semillas en promedio por cada fruto, aunque este número puede incrementarse.



**Figura 6.** Semillas de tomate de árbol

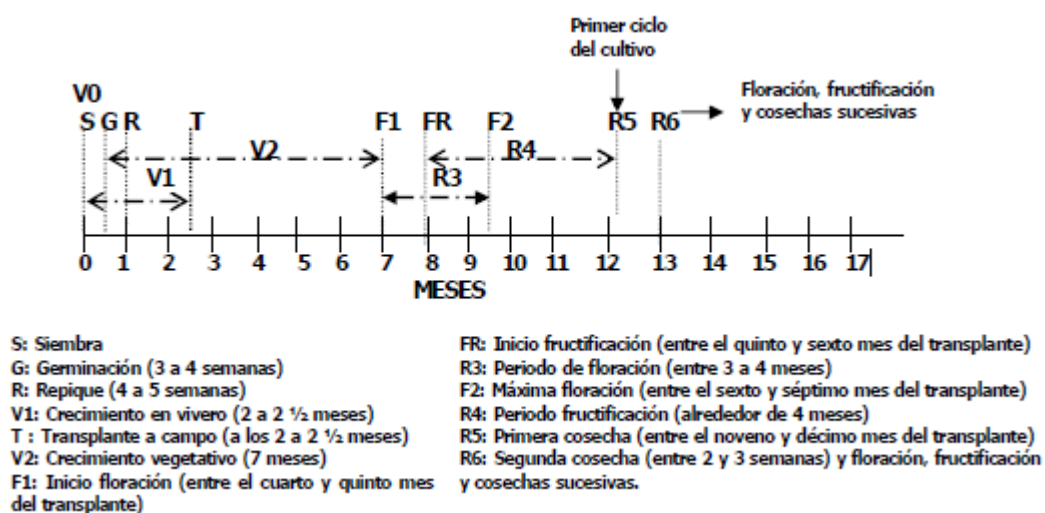
**Fuente:** (Benavides, 2024)

### 2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo se desarrolla óptimamente en climas templados y fríos. Su temperatura ideal se encuentra entre 13 a 20 °C. Con estas condiciones los cultivos entran en etapa productiva a partir de los 10 a 12 meses, en comparación con zonas calurosas las cuales provocan un crecimiento excesivo beneficiando el ataque de plagas y enfermedades. Por el contrario, en zonas con bajas temperaturas (<13 grados) su

crecimiento se retarda por ende el tiempo de cosecha comienza a los 15 meses; a sumado a ello las heladas llegan afectar seriamente al cultivo. (León et al., 2004). Las altitudes son variables ya que se puede cultivar desde los 1000 m.s.n.m aunque la mayor producción evidenciada se da en zonas desde los 2000 hasta los 2500 msnm. Las precipitaciones en las áreas de cultivo son 500 a 1000 mm anuales y una humedad relativa de 60 al 80%. Los suelos recomendados son suelos francos(arcillosos-arenosos), buen drenaje y de niveles adecuados de materia orgánica. Los rangos óptimos del pH del suelo deben ser ligeramente ácidos de 6 a 6,5.

Luego de que han transcurrido entre 45 y 60 días después del trasplante de la plántula a fundas dentro del vivero, las plantas que alcancen alturas aproximadas de 15 a 20 cm indica que están listas para ser llevadas a campo (León et al., 2004). Aunque también este dato puede variar se considera que los fuertes vientos pueden resultar perjudiciales para el cultivo, por eso se recomienda llevar plantas a los terrenos con alturas que lleguen a los 30cm (AGRONOTIPS, 2024)



**Figura 7.** Fenología del cultivo de tomate de árbol

**Fuente:** (Martínez, 2014)

### 2.2.6 Tomate de árbol variedad Gigante Anaranjado

Las plantas de este cultivar comienzan a ramificarse desde 1,40 m de altura y pueden llegar hasta los 3 metros, se recomienda mantener una distancia mínima de siembra entre cada una de 1,6m. Los árboles inician a florecer en los valles subtropicales a los 194 días desde la plantación y se cosechan sus frutos a partir de los 368 días, siendo el genotipo más tardío. En un año de cosecha, este cultivar puede alcanzar producciones de al menos 32,0 t/ha. (León et al., 2004).

Los frutos son de forma ovoide, su cascara al igual que su pulpa son de color anaranjado claro, alcanzan pesos máximos de 220 g, longitud de 7.0 cm, ancho de 6.0 cm, número de semillas aproximadamente 300 y 13,2 grados Brix.

### 2.2.7 Importancia del cultivo

El tomate de árbol es un fruto que sobresale por sus múltiples beneficios al organismo entre ellos: protección la salud del sistema cardiovascular, regular los niveles de glucosa en la sangre, prevención de anemia y fortalecimiento del sistema inmunológico (Almeida, 2023). Es rico en vitamina A y C, minerales como: potasio, hierro y fósforo. Al igual que fibra y de compuestos bioactivos como flavonoides y polifenoles que tienen efectos antioxidantes. Su uso medicinal se lo asocia principalmente en Ecuador y Colombia para tratamientos de afecciones en la garganta y gripe.

En la vida cotidiana, el tomate de árbol es consumido de manera fresca y puede ser un sustituto del tomate común. A nivel agroindustrial se utiliza en la preparación de pasteles, dulces, juegos y jaleas, en algunos casos los frutos son cocinados en almíbar para elaborar postres, mermeladas o conservas. Los residuos y subproductos de los frutos han servido para investigaciones las cuales mencionan grandes proyecciones en su aplicación como colorantes naturales, antioxidantes, suplementos, recomendando más estudios sobre su aprovechamiento en diversas formulaciones poco estudiadas (Rosa et al., 2024)

### 2.2.8 Manejo Agronómico en etapa de vivero

La etapa de vivero es crítica para el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), ya que el objetivo es obtener plantas vigorosas, sanas y con un sistema radicular bien desarrollado que garantice el éxito tras el trasplante definitivo. El manejo en esta fase comprende diversas prácticas culturales que van desde la selección del sustrato hasta la aclimatación.

#### 2.2.8.1 Propagación y Siembra

La propagación del tomate de árbol se realiza generalmente por vía sexual (semillas) para garantizar la longevidad de la plantación y un mejor anclaje, aunque también es posible la vía asexual mediante estacas o injertos. La primera vía se deben seleccionar frutos de plantas madre sanas con buena producción; las semillas extraídas se lavan y desinfectan para retirar el mucílago, se secan bajo sombra,

finalmente son sembradas en semilleros o directamente en bolsas (Torres, 2022) . La germinación suele ocurrir entre los 20 y 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales.

#### 2.2.8.2 Trasplante o repique:

Este proceso se lo realiza cuando las plantas una vez germinadas alcanzan una altura de entre 7 a 10cm, cuenten con dos o tres hojas verdaderas y un buen sistema radicular. Es común el uso de bolsas de polietileno negro (2 kg aproximadamente) con perforaciones basales para el drenaje. El sustrato juega un papel fundamental en el desarrollo inicial por eso se recomienda el uso de mezclas sueltas, bien drenadas y ricas en materia orgánica para evitar encharcamientos que favorezcan enfermedades radicales (Pacheco y Flores, 2025). El sustrato debe ser desinfectado previamente mediante métodos físicos (solarización) o químicos para asegurar la sanidad de las plántulas desde el inicio.

#### 2.2.8.3 Riego y Fertilización

El manejo hídrico debe ser cuidadoso; el tomate de árbol es muy susceptible tanto al déficit como al exceso de humedad. En la etapa de vivero, se sugiere mantener constantemente el sustrato húmedo sobre todo zonas con baja precipitación. El riego debe dirigirse a la base de la planta, evitando mojar el follaje para reducir la incidencia de hongos patógenos como antracnosis (Marcial , 2022). Respecto a la nutrición, si el sustrato es fértil, los requerimientos externos son bajos al inicio; sin embargo, se pueden realizar aplicaciones de fertilizantes foliares o soluciones nutritivas ricas en fósforo para estimular el enraizamiento a partir del primer mes. El tomate requiere de una nutrición equilibrada tanto de macronutrientes (N, P, K), también en micronutrientes (Ca, Mg, Fe, B, Zn) aunque estos últimos en menor cantidad, pero son necesarios para el desempeño óptimo de funciones metabólicas y enzimáticas (Pacheco y Flores, 2025).

#### 2.2.8.4 Control Fitosanitario

Es importante realizar controles preventivos mediante monitores, comúnmente la aparición de plagas y enfermedades se da por varias razones como una deficiencia de nutrientes, aumento o disminución de la humedad relativa. Esto provoca el apareamiento de patógenos que atacan las diferentes estructuras de nuestra planta, por ejemplo, de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) atacando las hojas

formando manchas húmedas de color café (INIAP, s.f). Se recomienda el uso de bioinsumos preventivos (como *Trichoderma* spp.) y, en caso de alta incidencia, la aplicación rotativa de fungicidas cúpricos, siempre respetando los periodos de carencia y registrando las aplicaciones.

### 2.2.9 Bioinsumos

Se considera bioinsumo a todo producto de origen biológico que ha sido obtenido a partir de organismos vivos o de sus derivados, esto incluye a microorganismos, extractos y compuestos bioactivos elaborados mediante procesos biotecnológicos destinados al uso en producciones agrícolas (Arboleda, 2021). Estos productos constituyen un nuevo modelo de desarrollo agrícola cuyo objetivo es brindar alternativas que permitan reducir los impactos negativos derivados por el uso excesivo de agroquímicos.

#### 2.2.9.1 *Metylobacterium symbioticum* (BlueN)

Este producto está compuesto por *Metylobacterium symbioticum* Sb23, corresponde a la única bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico. Su aplicación de manera foliar permite que la bacteria se introduzca a través de los estomas de las hojas situándose en zonas cercanas al cloroplasto. Una vez colonizado, la bacteria captura el nitrógeno (N<sub>2</sub>) presente en el aire y lo transforma en amonio (Stoller, 2025).

Su aplicación es recomendada durante las primeras etapas del cultivo; su concentración corresponde a  $3 \times 10^7$  UFC/g recomendando una dosis de 333g/ha (Hortus, 2022). Entre los beneficios sobre su uso son obtener cosechas más rentables gracias al buen aporte de nitrógeno a los cultivos manteniendo un equilibrio nutricional a lo largo de todo su ciclo, de esta manera mejorando las producciones en cantidad y calidad minimizando el impacto ambiental.



**Figura 8.** Presentación BlueN  
**Fuente:** (SPORA, 2024)

### 2.2.9.2 *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (Resid MG)

Es un producto biológico de tipo microgranulado que cuenta con una especie exclusiva de hongo formador de micorizas, *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, con una concentración de 16 propágulos/g. Consiguiendo un mayor desarrollo radicular gracias a la relación simbiótica generada con la planta debido al intercambio de azúcares por parte del hongo a cambio de nutrientes y agua aportado por la planta. En su presentación su dosis recomendada es de 10 kg/ha. Algunas de las ventajas de su aplicación son: aumenta la tolerancia al estrés abiótico, disminuye las pérdidas del CO<sub>2</sub> aumentando su captación y posterior conversión en biomasa fúngica, promueve mayor absorción de agua y nutrientes beneficiando al desarrollo del cultivo (SPORA, 2024).



**Figura 9.** Presentación Resid MG  
**Fuente:** (SPORA, 2024)

### 2.2.9.3 Biol bovino

El biol es un fertilizante foliar (líquido) producido en biodigestores que en su interior se realizan procesos de descomposición anaeróbica de diferentes desechos orgánicos o estiércoles de animales, uno de sus principales beneficios es promover la actividad fisiológica y el desarrollo de las plantas gracias a su fácil asimilación. Este preparado es fuerte en nutrientes como N, P, K, Ca, S. Su aplicación se recomienda en horas de la mañana o por las tardes ya que en estas horas se da una mejor asimilación de nutrientes debido a una mayor apertura de estomas (Pozo , 2019).

Para la presente investigación la elaboración de biol se empleó el uso de un biodigestor de la Finca Experimental San Francisco UPEC donde se depositó estiércol fresco bovino y porciones de agua generalmente de 1:1 o 1:2 facilitando su

fermentación, el biodigestor un sistema cerrado que impide el ingreso de oxígeno y mantiene condiciones anaerobias. Una vez obtenida la mezcla se la almaceno en recipientes herméticos para su uso.

**Tabla 2.** Composición del Biol bovino en la UPEC

<b>Nutrientes</b>	<b>Concentración % p/v</b>
Nitrógeno (N)	0,0195
Fósforo(P)	0,0062
Azufre (S)	0,0248
Potasio (K)	0,2150
Calcio (Ca)	0,4536
Magnesio (Mg)	0,3530
Zinc (Zn)	0,0003
Cobre (Cu)	0,0001
Hierro (Fe)	0,0428
Manganeso (Mn)	0,0031
Boro (B)	0,0001
pH	6.93
Ce	5,28mS/cm

**Fuente:** (LABONORT, 2023).

## 2.2.10 Sustratos

Corresponde a todo material que difiere del suelo tradicional, que sirve como medio y anclaje para que las raíces se desarrollen en fase de vivero estos soportes brindan anclaje, aireación, retención de humedad y nutrientes de forma controlada (Choéz, 2020). Su uso representa una alternativa ambientalmente favorable gracias a su bajo porcentaje de contaminación.

### 2.2.10.1 Componentes de los sustratos en vivero

#### 2.2.10.1.1 Vermicompost

Constituye el resultado del proceso denominado vermicompostaje que consta de la biodegradación de diferentes materiales orgánicos gracias a la acción de las lombrices de tierra y otros microorganismos. Este tipo de abono contiene macro y micronutrientes, mejora la estructura del suelo, potencia la actividad microbiana, mayores porcentajes de germinaciones, favorece el crecimiento radicular y ayuda a las plantas a ser más resistentes al ataque de plagas y enfermedades (Abad y Shafiqi, 2024).

#### 2.2.10.1.2 Cascarilla de arroz

Es un subproducto que debido a su textura favorece la aireación del suelo y mejora el drenaje, evitando la compactación del suelo y apoya el desarrollo radicular también contiene sílice y varios minerales como el potasio y el calcio (BioEspacio,

2023). En las zonas agrícolas se lo emplea mezclada con tierra para macetas, viveros, semilleros etc. Además, la cascarilla de arroz tiene un pH básico, lo que puede ayudar a neutralizar la acidez del suelo. De esta forma su utilización es una opción más amigable con el medio ambiente gracias a que promueve la reutilización de ciertos desechos agrícolas.

#### 2.2.10.1.3 Tierra negra

Este sustrato es de los más accesibles debido a su disponibilidad además en su interior almacena en su interior materia orgánica proveniente de restos vegetales y diferentes microorganismos los cuales ayudan en la descomposición su color oscuro es característico (Velalcázar, 2021). Además, actúa como una esponja que filtra y libera gradualmente los nutrientes según las necesidades de las plantas, siendo su estructura y composición dependerá del tipo que se utilice, por ende el más recomendado es la tierra negra, puesto que su coloración es un buen indicador de la cantidad de materia orgánica que puede albergar en su interior. La tierra negra cuenta con una textura idónea para la retención de agua y facilita que circule adecuadamente entre las raíces de las plantas, favoreciendo su crecimiento.

#### 2.2.10.1.4 Arena

La arena es uno de los elementos más empleado dentro de la preparación de sustratos a nivel de vivero, siendo considerado como el agregado grueso más económico, pero a la vez el más pesado; es baja en nutrientes, así como en capacidad de retención de humedad. Este compuesto es apreciado para realizar enraizamientos de esquejes, así mismo es muy utilizado y apreciado para ofrecer drenaje y aireación a las mezclas. en la agricultura es utilizada en los viveros para combinarla con sustratos que sean orgánicos (Vargas, 2019). Está compuesta por diminutos granos de roca que tienen un tamaño aproximado de 0,02 a 2,0 mm de diámetro.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

Su enfoque fue de carácter cuantitativo, para ello se realizó la medición de diferentes variables numéricas como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, largo y ancho de las hojas, peso de raíz, longitud de raíz, número de raíces secundarias y un análisis costo/beneficio. Con los datos obtenidos se aplicó un análisis estadístico.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental: se aplicó en el ensayo un DCA (Diseño Completamente al Azar) con arreglo factorial 6 x 2, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, contando con un total de 36 unidades experimentales, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente y con una parcela neta de 8 plantas de tomate de árbol. Finalizada la investigación ya con todos los datos recolectados se realizó el análisis estadístico para comprobar o refutar la hipótesis de estudio.

#### 3.2. HIPÓTESIS

H1: La combinación de sustratos y bioinsumos influye positivamente en la producción de plantas de tomate de árbol de calidad durante la etapa de vivero.

H0: La combinación de sustratos y bioinsumos no influye positivamente en la producción de plantas de tomate de árbol de calidad durante la etapa de vivero.

#### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

##### 3.3.1 Definición de variables

Variable independiente:

Bioinsumos:

- *Methylobacterium symbioticum* (1g/litro agua) *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (5g/ planta)
- Biol Bovino al 25%(333 cc/litro)

Sustratos:

- Sustrato A: Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)

- Sustrato B: Tierra negra (60%) + Arena fina (40%)

Variables dependientes:

Desarrollo fenológico del cultivo durante 107 días dentro del vivero:

- Altura de planta
- Diámetro de Tallo
- Número de hojas
- Longitud de Hoja
- Ancho de hoja
- Peso de raíz
- Longitud de raíz principal
- Número de raíces secundarias
- Análisis costo- beneficio

### 3.3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 3.**Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento	
Independiente	Sustratos	Componentes	<p><b>S1:</b> 40% de tierra negra +30% de vermicompost + 10% de cascarilla de arroz + 20% de arena fina.</p> <p><b>S2:</b> 60% de tierra negra + 40% de tierra Negra</p>	Mezcla homogénea	Palas
	Desarrollo fenológico de plantas de tomate de árbol	BlueN ( <i>Methylobacterium symbioticum</i> )	Dosis comercial (1g/ litro de agua). En el momento de trasplante (única aplicación)	Se realizó una mezcla del producto con agua desclorada y se aplicó el producto vía foliar	Bomba de fumigar mochila
		Micorriza ( <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> )	Dosis comercial (5g/planta) (única aplicación). En el momento de trasplante	Aplicación edáfica	Balanza
		Biol bovino	25 % (333 cc / litro agua). Se lo aplicó cada 15 días hasta los 60 días después del trasplante (4 aplicaciones).	Se realizó una mezcla del producto con agua desclorada y se aplicó el producto vía foliar	Bomba de fumigar de mochila
		Altura de planta	La medición en cm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días después del trasplante	Medición desde la base hasta el ápice de la planta	Flexómetro y Libreta de campo
Diámetro del tallo	La medición en mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días después del trasplante	La toma de este dato es colocando el	Calibrador pie de rey y Libreta de campo		

			instrumento en el centro del tallo.	
<b>Dependiente</b>	Número de hojas	La medición en unidades a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días después del trasplante	Conteo manual de cada hoja de las plantas de la parcela neta	Libreta de campo
	Longitud de las hojas	La medición en cm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días después del trasplante	Se tomó el dato desde la base de la hoja hasta el ápice de esta.	Cinta métrica y Libreta de campo
	Ancho de las hojas	La medición en cm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días después del trasplante	Se tomó el dato en la parte central de la hoja.	Cinta métrica y Libreta de campo
	Longitud de la raíz principal	La medición en cm a los 105 días después del trasplante	Se tomó el dato desde el cuello de la raíz hasta la cofia	Cinta métrica y Libreta de campo
	Peso de raíz	La medición en g a los 105 días después del trasplante	Se corto y pesó las raíces de las plantas de la parcela neta	Balanza y Libreta de capo
	Número de raíces Secundarias	La medición en unidades a los 105 días después del trasplante	Conteo manual de raíces en todas las plantas de parcela neta	Libreta de campo
	Costos de producción	Al finalizar la venta de las plantas se analizará en USD los costos finales del ensayo	Se realizó un análisis costo-beneficio de cada tratamiento	Computadora

### **3.4. MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **3.4.1. Área de estudio**

El ensayo se lo realizó en la finca experimental San Francisco perteneciente al Cantón Huaca de la provincia del Carchi, se encuentra a 24 km de Tulcán, a 4 km de Huaca y a 16km de San Gabriel (Peña et al., 2018). El centro experimental se encuentra a una altitud de 2627 m.s.n.m, su temperatura promedio es de 12°C y una precipitación anual de 1250 mm aproximadamente y una humedad relativa de 76%. Sus suelos, principalmente francos arenoso y franco arcilloso-arenoso y franco poseen una excelente capacidad de retención de agua y buen drenaje, lo que los hace ideales para diferentes cultivos (Peña et al., 2018). Se utilizará el invernadero ubicado en la parte superior de la finca para implantar el ensayo.



**Figura 10.** Ubicación del experimento  
**Fuente:** (Earth Google, 2025)

#### **3.4.2 Tratamientos del diseño experimental**

La investigación incluyó un total de 12 tratamientos, cuya descripción detallada se presenta a continuación:

**Tabla 4.**Tratamientos usados

Tratamientos	Factor 1 Bioinsumos	Factor 2 Sustratos	Frecuencia aplicación
T1	BlueN (1g/ litro de agua)		
T2	Resid MG (5g/planta)		
T3	Biol (333cc/litro agua)	A: Tierra negra (40%)	
T4	BlueN + Resid MG (1g/ litro de agua) + (5g/planta)	+Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)	BN: Momento de trasplante
T5	Biol + Resid MG (333cc/litro agua) + (5g/planta)		BIOL: Momento de trasplante. Cada 15 hasta 60 días
T6	Sin bioinsumos		
T7	BlueN (1g/ litro de agua)		
T8	Resid (5g/planta)		RMG: Momento de trasplante
T9	Biol (333cc/litro agua)	B:	
T10	BlueN + Resid MG (1g/ litro de agua) + (5g/planta)	Tierra negra (60%) + Arena fina (40%)	
T11	Biol + Resid MG (333cc /litro agua) + (5g/planta)		
T12	Sin bioinsumos		

**Nota:** BN (BlueN), RMG (Resid MG)

### 3.4.3 Características del diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 6 x 2 con 12 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 36 unidades experimentales, de las cuales se eligieron 8 plantas que componen la parcela neta

**Tabla 5.**Característica del diseño experimento

DCA con arreglo factorial 6x2	Dimensiones
Tratamientos	12
Repeticiones	3
Largo y Ancho del experimento	790m X 7m
Área Total del Experimento	55,30m <sup>2</sup>
Número de unidades experimentales	36
Área de la unidad experimental	0,68 m <sup>2</sup>
Número de plantas por unidad experimental	24
Plantas por parcela neta	8
Número de plantas totales del experimento	864

### 3.4.4 Distribución y características del experimento

El diseño fue completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 6 x 2, tuvo una superficie de 57,95m<sup>2</sup>, estuvo conformado por 12 tratamientos y 3 repeticiones, sumando un total de 36 unidades experimentales, con un espacio de 0.50 m para caminos y entre bloques.

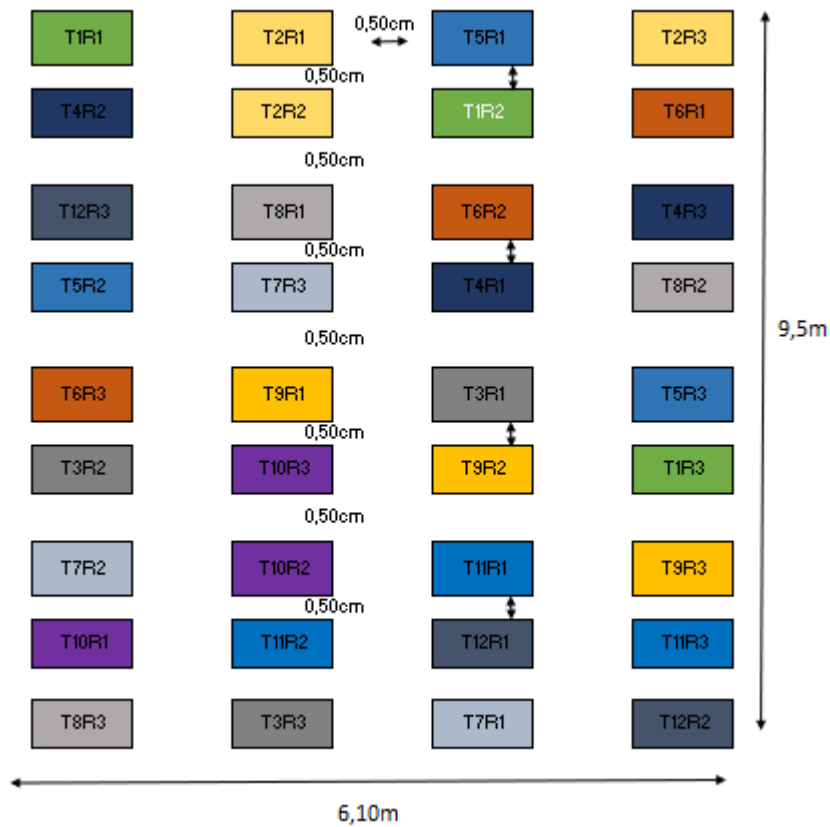


Figura 11. Distribución del experimento

### 3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño que se implementó en el experimento tuvo 36 unidades experimentales, 12 tratamientos y 3 repeticiones, la muestra la constituyo la parcela neta, del centro de cada unidad experimental se tomó 8 plantas para evaluar las diferentes variables de estudio.

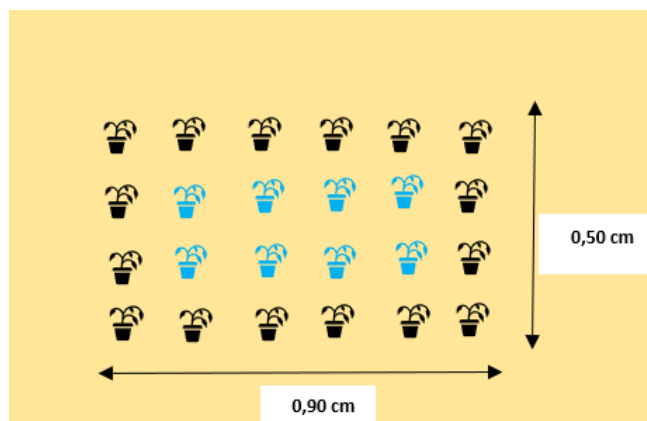


Figura 12. Diseño de la unidad experimental

### 3.4.6. Procedimientos

#### 1. Preparación del sitio

Durante la inspección del área destinada (57.95m<sup>2</sup>) el estudio se efectuó una limpieza manual para dejar despejado la zona. Posteriormente, tras delimitar el espacio de trabajo, debido a la presencia de malezas se aplicó una fumigación con un herbicida para su control.

#### 2. Trazado

El experimento se llevó a cabo dentro de un invernadero ubicado en la finca San Francisco. El lote constó de las dimensiones 9,50 m de largo por 6,10 m de ancho (57,95 m<sup>2</sup>). Se instalaron 36 estacas junto con piola para separar y delimitar cada unidad experimental (36). Además, se habilitaron senderos entre las parcelas, con medidas de 0,50m de ancho por 0,50 m de largo.

#### 3. Preparación y mezcla de sustratos

Una vez que los diferentes componentes para formar los sustratos (tierra negra, vermicompost, cascarilla de arroz, arena) se encuentre en la finca, se procedió a mezclarlos de manera uniforme según las proporciones detalladas en la tabla 4 para obtener los dos tipos de sustratos empelados.

#### 4. Llenado de fundas

Se utilizaron fundas de polietileno, cada una con cuatro orificios en la base para asegurar un drenaje adecuado y prevenir el exceso de humedad. Cada bolsa fue llenada con 1 kg de sustrato, preparado conforme a las proporciones establecidas para cada tratamiento (Tabla 4), asegurando uniformidad y condiciones apropiadas para el desarrollo de las raíces.

#### 5. Trasplante

Se utilizó plántulas de vivero local con un peso aproximado de 1 libra; las fundas de vivero tuvieron una capacidad de 2 kg. En cada unidad experimental previamente delimitada se colocó 24 plantas (6 plantas de largo x 4 de ancho) cada una al lado de la otra.

## 6. Aplicación de bioinsumos

Una vez terminado la ubicación de todas las plantas en cada unidad correspondiente, se realizó directamente una fertilización de 1g/L de *Methylobacterium symbioticum* (BlueN), 5g/planta de *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (Resid MG) ambos de única aplicación al momento inicial y la dosificación de biol (333cc/l) se hizo al momento trasplante, luego cada los 15 días hasta los 60 días (4 aplicaciones).

## 7. Riego

Se aplicó riego al ensayo con una frecuencia de cada dos días, utilizando agua potable proveniente de la propia finca. Para la irrigación se empleó una manguera equipada con un aspersor, lo que permitió suministrar un flujo uniforme y controlado. Este sistema evitó que el chorro de agua pueda generar daños mecánicos en las plantas.

## 8. Deshierbe

El deshierbe se realizó de forma manual cada vez que se evidenció la presencia de malezas, tanto en el interior de las fundas como en los caminos. Esta actividad se ejecutó de manera periódica para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz, garantizando así un crecimiento adecuado y uniforme de las plantas durante todo el ensayo.

### 3.4.7. Variables evaluadas

#### 3.4.7.1. Altura de planta

Se utilizó un flexómetro para medir, en centímetros, la altura desde la base hasta el ápice de cada planta. Esta variable se registró de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta, desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. Las mediciones se efectuaron cada 15 días.

#### 3.4.7.2. Diámetro de tallo

Se empleó un calibrador pie de rey para medir, en milímetros, el diámetro de tallo colocando el instrumento en el centro del tallo de cada planta. Esta variable se midió de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta, desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. Las mediciones se efectuaron cada 15 días.

#### 3.4.7.3. Número de hojas

Se realizó un conteo manual, registrado en una libreta. Esta variable se contó en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta, desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. Las mediciones se efectuaron cada 15 días.

#### 3.4.7.4. Longitud de hojas

Se empleó una cinta métrica para medir, en centímetros, desde la base de la hoja hasta el ápice de cada planta. Esta variable se midió de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta, desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. Las mediciones se efectuaron cada 15 días.

#### 3.4.7.5. Ancho de hojas

Se empleó una cinta métrica para medir, en centímetros, la cinta se colocó en la parte central de la hoja de cada planta. Esta variable se midió de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta, desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. Las mediciones se efectuaron cada 15 días.

#### 3.4.7.6. Longitud de raíz:

Se empleó una cinta métrica para medir, en centímetros, desde el cuello de la raíz hasta la cofia de cada planta. Esta variable se midió de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta. Esta medición se la hizo a los 105 días después del trasplante.

#### 3.4.7.7. Peso de la raíz

Se empleó una balanza para medir, en gramos, se cortó y pesó las raíces de cada planta. Esta variable se midió de manera manual en las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta. Esta medición se la hizo a los 105 días después del trasplante.

#### 3.4.7.8. Numero de raíces secundarias

Se realizó un conteo manual y se registró en una libreta. En esta variable se contó en las raíces secundarias de las ocho plantas seleccionadas de la parcela neta. La medición se la hizo al finalizar el experimento (105ddt).

#### 3.4.7.9. Costos de producción:

Se realizó un análisis costo–beneficio expresado en dólares, en el cual se consideraron los ingresos generados por la venta de las plantas de tomate de árbol y las inversiones

empleadas en cada tratamiento. Los cálculos se efectuaron al finalizar la investigación, permitiendo obtener una valoración precisa de la viabilidad económica de cada tratamiento.

### **3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En el experimento se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 6 x 2, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales. Utilizamos el programa estadístico R Studio y se verificó los supuestos de normalidad a través la prueba de Shapiro y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett para cada variable. Para las variables que cumplieron los supuestos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar posibles diferencias significativas entre los factores y la interacción. Además, aplicamos la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia para la comparación de medias.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1 Altura de planta

El análisis ANOVA aplicado a la altura de planta desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante (ddt). Lo expuesto en la Tabla 6, reveló que no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la primera etapa (15ddt). Existieron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en el factor bioinsumo a los 30, 45, 75, 90 y 105ddt, En cuanto al factor sustrato también se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a los 30, 60 y 105 ddt. La interacción entre bioinsumo y sustrato no mostró significancia estadística ( $p > 0.05$ ) en ninguna de las fechas evaluadas, señalando que ambos factores actuaron de manera independiente. Las medias de altura aumentaron, pasando de 17.28 cm a los 15 días a 24.06cm a los 105 días, reflejando un crecimiento continuo. Además, los coeficientes de variación inferiores al 10% indican una alta precisión experimental.

**Tabla 6.** ANOVA para la altura de planta

F.V	GL	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 4	Altura 5	Altura 6	Altura 7
		(15ddt)	(30ddt)	(45ddt)	(60ddt)	(75ddt)	(90ddt)	(105ddt)
		P-valor						
Bioinsumos	5	0.077	0.038*	0.034*	0.06	0.015*	0.014*	0.00775**
Sustratos	1	0.07	0.033*	0.18	0.04*	0.063	0.145	0.00567**
Bioinsumos + Sustratos	5	0.31	0.48	0.59	0.52	0.18	0.22	0.74
Error	10							
Total	35							
Media (cm)		17.28	18.85	19.89	20.93	22.00	22.84	24.06
C.V (%)		8.75	6.65	7.50	6.53	5.99	6.14	6.47

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1 '.' 1. ''

En la tabla 7, la prueba de Tukey al 5% realizada a los 30, 45, 75, 90 y 105 días después del trasplante (ddt) mostró que los niveles con Biol, Bn y Bio-Mic obtuvieron los mejores resultados especialmente en etapas avanzadas. A los 105 ddt se identificaron tres grupos, el primero conformado por Bio-Mic, Biol y Bn registrando las mayores alturas promedio, alcanzando valores de 24.49 cm, 24.90 cm y 25.25 cm respectivamente, por ende, ubicándose en el grupo "a". Los niveles Mic y Bn + Mic mostraron valores intermedios, clasificándose en el grupo "ab". En conjunto, estos resultados sugieren que la aplicación de bioinsumos, especialmente Bio-Mic, Biol y Bn, favoreció significativamente el crecimiento en altura de las plantas. Por último, el nivel sin bioinsumo presentó las menores alturas promedio (21.60 cm), clasificándose en el grupo "b", lo que evidencia un desarrollo reducido debido a la ausencia de bioestimulación.

Dentro del factor sustrato, el sustrato A presentó las mayores alturas promedio a los 30, 60 y 105 ddt, 19.32 cm, 21.41 cm y 24.85 cm respectivamente, perteneciendo siempre al grupo "a" esto indica un efecto positivo. El sustrato B por su parte registró alturas menores (18.37 cm, 20.44 cm y 23.26 cm) por ende ubicándose en el grupo "b". Estos resultados sugieren que el sustrato A tuvo un impacto más favorable en el crecimiento de las plantas de tomate de árbol debido a su composición, pues es mucho más enriquecido que el sustrato B.

**Tabla 7.** Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta. Factor bioinsumos y Factor sustratos

Factor Bioinsumos	Altura 2 (30ddt)		Altura 3 (45ddt)		Altura 4 (60ddt)		Altura 5 (75ddt)		Altura 6 (90ddt)		Altura 7 (105ddt)	
	Media en cm	Grupos	Media en cm	Grupos	Media en cm	Grupos	Media en cm	Grupos	Media en cm	Grupos	Media en cm	Grupos
M.s. + G.i	18,77	ab	19.89	ab			22,09	ab	22,48	ab	23,70	ab
B + G.i.	19,27	ab	20.58	a			22,76	a	23,99	a	24,49	a
G.i	19,26	ab	20.30	ab			21,86	ab	22,58	ab	24,35	ab
M.s	19,10	ab	20.06	ab			22,51	a	23,49	a	25,25	a
B	19,54	a	20.65	a			22,74	a	23,51	a	24,90	a
S.b	17,15	b	17.83	b			20,03	b	20,94	b	21,60	b
<b>Factor Sustratos</b>												
A	19,32	a			21,41	a					24,85	a
B	18,37	b			20,44	b					23,26	b

**Nota.** *Methylobacterium symbioticum* (M.s), *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* (G.i), Biol bovino (B) Sin bioinsumos (S.b). Sustrato A: ((Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

#### 4.1.2 Diámetro de tallos

En el análisis ANOVA realizado para el diámetro de tallos detallado en la tabla 8, indica que no existió diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) para los Factores de Bioinsumos, Sustratos e Interacción (Bioinsumos + Sustratos) durante los 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días después del trasplante. A pesar de no encontrar significancia estadística, las medias del diámetro de tallo aumentaron de manera progresiva, comenzando con 4.69 mm a los 30 ddt hasta llegar a 8.09 mm a los 105 ddt. El coeficiente de variación se encuentra dentro del rango aceptable reflejando buena confiabilidad en los datos obtenidos durante el experimento.

**Tabla 8.** ANOVA para el diámetro de tallos

F.V	G.L	Diám. 1 (15ddt)	Diám. 2 (30ddt)	Diám. 3 (45ddt)	Diám. 4 (60ddt)	Diám. 5 (75ddt)	Diám. 6 (90ddt)	Diám. 7 (105ddt)
		<b>P-valor</b>						
Bioinsumos	5	0.94	0.97	0.88	0.95	0.92	0.98	0.59
Sustratos	1	0.83	0.22	0.35	0.31	0.48	0.15	0.19
Bioinsumos + Sustratos	5	0.99	0.94	0.95	0.78	0.78	0.96	0.99
Error	10							
Total	35							
Media(mm)		4.69	5.73	6.14	6.72	7	8.06	8.09
C.V (%)		18.59	14.99	17.35	11.43	10.24	10.11	6.67

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1.

#### 4.1.3 Número de hojas

El análisis de varianza aplicado al número de hojas por planta desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante (ddt), presentado en la Tabla 9, mostró diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) a los 45 y 105 ddt en el factor Bioinsumos. Para el factor Sustrato no se identificó diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) en ninguna de los factores evaluados, al igual que en el factor interacción (Bioinsumo + Sustrato). Los resultados mencionan que los factores interacción y sustratos no influyeron sobre el número de hojas debido a que actuaron de manera limitada o independiente. Las medias de número de hojas aumentaron de forma progresiva con el tiempo, pasando de 4.75 hojas a los 15 días hasta alcanzar 5.95 hojas a los 105 días, reflejando un crecimiento vegetativo sostenido. Los coeficientes de variación (CV) son inferiores al 8% reflejando una alta precisión en los datos obtenidos.

**Tabla 9.** ANOVA para el número de hojas por planta

F.V	GL	N.H1 (15ddt)	N.H 2 (30ddt)	N.H3 (45ddt)	N.H4 (60ddt)	N.H5 (75ddt)	N.H6 (90ddt)	N.H7 (105ddt)
		<b>P-valor</b>						
Bioinsumos	5	0.05	0.08	0.031*	0.13	0.06	0.21	0.0116*
Sustratos	1	0.62	0.44	0.79	0.99	0.86	0.57	0.39
Bioinsumo + Sustrato	5	4.75	4.96	5.14	5.34	5.47	5.63	5.95
Error	10	4.98	5.41	5.86	7.15	6.78	7.02	5.28
Total	35							
Media (u)		4.75	4.96	5.14	5.34	5.47	5.63	5.95
C.V (%)		4.98	5.41	5.86	7.15	6.78	7.02	5.28

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

En la tabla 10, la prueba de Tukey al 5% realizada a los 45 y 105 días después del trasplante (ddt) para el número de hojas por planta mostró diferencias estadísticas en el factor bioinsumos los 45 ddt, se identificaron dos grupos estadísticos. El primer grupo, correspondiente a la letra "a", estuvo conformado por los tratamientos B + G.i, M.s, B y S.b, los cuales registraron los mayores promedios de número de hojas, con valores de 5,31; 5,17; 5,31 y 5,18 hojas, respectivamente. Por su parte, los tratamientos M.s + G.i y G.i presentaron los valores más bajos, alcanzando 4,85 y 4,91 hojas, clasificándose en el grupo "b", lo que evidencia un menor desarrollo foliar en esta etapa inicial del cultivo.

A los 105 ddt, se identificó tres grupos estadísticos. El primer grupo, clasificado con la letra "a", estuvo conformado únicamente por el tratamiento B + G.i, el cual registró el mayor número promedio de hojas (6,37). Los tratamientos G.i, S.b y B presentaron

valores intermedios de 5,83; 5,85 y 6,12 hojas, respectivamente, ubicándose en el grupo "ab". Finalmente, los tratamientos M.s + G.i y M.s registraron los menores promedios, con 5,71 y 5,79 hojas, clasificándose en el grupo "b", lo que indica un menor efecto sobre el desarrollo foliar en comparación con el tratamiento de mayor desempeño.

**Tabla 10.** Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas por planta. Factor Bioinsumos

Factor Bioinsumos.	Número de hojas 3 (45ddt)		Número de hojas 7 (105ddt)	
	Media en (u)	Grupos	Media en (u)	Grupos
M.s. + G.i.	4,85	b	5,71	b
B + G.i	5,31	a	6,37	a
G.i	4,91	b	5,83	ab
M.s	5,17	a	5,79	b
B	5,31	a	6,12	ab
S.b	5,18	a	5,85	ab

**Nota.** *Methylobacterium symbioticum* (M.s), *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (G.i), Biol bovino (B) Sin bioinsumos (S.b).

#### 4.1.4 Longitud de hoja

En la tabla 11 se indica el análisis de varianzas (ANOVA) aplicada al largo de hoja en las plantas de tomate desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante. El factor Bioinsumos no mostró diferencias estadísticas significativas, con un valor de  $p > 0.05$ . Sin embargo, en el factor sustratos se obtuvo valores altamente significativos ( $p < 0.05$ ) hasta los 30ddt, indicando un efecto positivo sobre el largo de la hoja en etapas iniciales. En contraste, la interacción entre bioinsumos + sustratos no resultó significativa debido a que sus valores fueron  $p > 0.05$  en ninguna de las fechas evaluadas, esto sugiere que la interacción entre ambos factores no influye en el largo de las hojas. Al finalizar el experimento (105 ddt) se obtuvo una media de 13.57cm. Además, el coeficiente de variación fue aceptable para este tipo de diseño experimental.

**Tabla 11.** ANOVA para longitud de hoja

F.V	GL	Long.1 (15ddt)	Long.2 (30ddt)	Long.3 (45ddt)	Long.4 (60ddt)	Long.5 (75ddt)	Long.6 (90ddt)	Long.7 (105ddt)
Bioinsumos	5	0.67	0.53	0.89	0.81	0.34	0.12	0.631
Sustratos	1	0.0396*	0.00351**	0.15	0.12	0.16	0.106	0.104
Bioinsumo + Sustrato	5	0.84	0.36	0.779	0.33	0.25	0.52	0.29
Error	10							
Total	35							
Media (cm)		10.3	10.72	11.33	11.82	12.23	12.7	13.57
C.V (%)		5.74	3.77	3.93	4.74	4.95	4.87	17.42

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Tukey al 5% aplicada al largo de hojas a los 15 y 30 días después del trasplante, presentada en la Tabla 12, mostró que el sustrato A (Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)) registra el mayor promedio con 10.51 y 10.94 cm a los 15 y 30 ddt respectivamente, de esta manera ubicándose en el grupo "a". Por el contrario, el sustrato B obtuvo promedios menores comparados con el primer sustrato alcanzando 10.08 cm y 10.50 cm respectivamente, ubicándose en el grupo "b". Estos valores sugieren que el sustrato A, debido a sus componentes, generó un mayor alargamiento de las hojas en las etapas iniciales del desarrollo vegetativo.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey al 5% para longitud de hojas. Factor Sustratos

Factor Sustratos.	Longitud de hojas 1 (15ddt)		Longitud de hojas 2 (30ddt)	
	Media en (cm)	Grupos	Media en (cm)	Grupos
<b>A</b>	10,51	a	10,94	a
<b>B</b>	10,08	b	10,50	b

**Nota.** Sustrato A: (Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

#### 4.1.5 Ancho de hoja

En la tabla 13 se observa un análisis de varianzas (ANOVA) aplicada para evaluar el ancho de las hojas, considerando los datos desde los 15 hasta los 105 días después del trasplante (ddt). En los resultados se identificó una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en el factor sustrato a los 15 y 60 ddt, en comparación con los demás factores estudiados, bioinsumos e interacción, no se observó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en ninguna de las fechas evaluadas. Los resultados sugieren que tanto los factores bioinsumos e interacción actuaron de manera independiente. Las medias del ancho de hojas aumentaron progresivamente desde 7.88 cm a los 15

días hasta 10.10 cm a los 105 días, reflejando un crecimiento foliar continuo a lo largo del ciclo evaluado. Los coeficientes de variación se mantuvieron dentro de rangos aceptables, 10%, lo que respalda la precisión de los datos obtenidos.

**Tabla 13.** ANOVA para el ancho de hoja

F.V	GL	Ancho.1	Ancho.2	Ancho.3	Ancho.4	Ancho.5	Ancho.6	Ancho.7
		(15ddt)	(30ddt)	(45ddt)	(60ddt)	(75ddt)	(90ddt)	(105ddt)
		<b>P-valor</b>						
Bioinsumos	5	0.14	0.30	0.35	0.46	0.07	0.12	0.43
Sustratos	1	0.021*	0.19	0.36	0.0489*	0.0568	0.28	0.07
Bioinsumo + Sustrato	5	0.68	0.14	0.12	0.48	0.03	0.41	0.48
Error	10							
Total	35							
Media (cm)		7.88	8.33	8.76	9.07	9.37	9.61	10.1
C.V (%)		4.56	3.79	3.55	5.05	5.15	5.97	8.08

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Tukey al 5% aplicada al ancho de hojas a los 15 y 60 días después del trasplante, presentada en la Tabla 14, mostró diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos evaluados. El sustrato A registró el mayor promedio de ancho de hoja a los 15 (8.03 cm) y 60 (9.23 cm) ddt de esta manera ubicándose en el primer grupo "a". El segundo grupo "b" pertenece al sustrato B el cual obtuvo un menor promedio de ancho de hoja 7.73 cm y 8.91 cm respectivamente. En consecuencia, se evidencia que el sustrato A debido a su composición más rica en nutrientes (vermicompost + cascarilla de arroz), promueve un mayor crecimiento foliar en etapa inicial e intermedia del cultivo de tomate de árbol.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 5% para el ancho de hojas. Factor Sustratos

Factor Sustratos.	Ancho de hojas 1 (15ddt)		Ancho de hojas 4 (60ddt)	
	Media en (cm)	Grupos	Media en (cm)	Grupos
<b>A</b>	8,03	a	9,23	a
<b>B</b>	7,73	b	8,91	b

**Nota.** Sustrato A: (Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

#### 4.1.6 Peso de la raíz

En la tabla 15, se indica el análisis de varianzas ANOVA aplicado al peso de la raíz de las plantas de tomate de árbol a los 105 después del trasplante. Lo resultados se observa existe diferencia significativa  $p < 0.05$  tanto para el factor bioinsumos como en el factor sustratos, con p-valores de  $2e-16$  y  $1.1e-07$  respectivamente. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para el factor interacción. La media final

del peso de la raíz fue de 20.75 g. Además, el coeficiente de variación fue de 6.91 respaldando una alta presión experimental.

**Tabla 15.** ANOVA para el Peso de raíz de la planta

F.V	G.L	SUM SQ	MEAN SQ	F VALUE	Peso raíz (105ddt)
Bioinsumos	5	2166.9	433.4	215.724	2e-16***
Sustratos	1	119.2	119.2	59.321	1.1e-07***
Bioinsumo + Sustrato	5	15.7	3.1	1.568	0.2105
Error	24				
Total	32				
Media (g)					20.75
C.V(%)					6.91

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Tukey al 5% aplicada al peso de raíz a los 105 días después del trasplante, presentada en la Tabla 16, donde se identificaron cinco grupos. Los niveles Bn-Mic y Bio-Mic obtuvieron los mejores promedios en el peso de raíz 30.10 g y 28.83 g respectivamente, ubicándose en el grupo "a" indicando un efecto mayor en comparación con el resto. El nivel con Mic pertenece al segundo grupo "b" con 22.72 g, el tercer grupo conformado por los tratamientos Bn y Biol con medias de 18.08 y 15.62 g respectivamente. Por último, el tratamiento Sin Bio fue el peor con un promedio de 7.65 g ubicándose en el cuarto grupo "d". Esto sugiere que la combinación entre bioinsumos con micorrizas fueron más efectivas al momento de promover el desarrollo radicular de las plantas de tomate de árbol en contraste con los niveles individuales o con ausencia de bioinsumos que obtuvieron resultados menores.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey al 5% para el peso de raíz de la planta. Factor bioinsumos y Factor sustratos

Factor Bioinsumos	Peso de raíz (105ddt)	
	Media en (g)	Grupos
M.s. + G.i	30,10	a
B + G.i	28,83	a
G.i.	22,72	b
M.s	18,08	c
B	15,62	c
S.b	7,65	d
<b>Factor Sustratos</b>		
A	22,32	a
B	18,68	b

**Nota.** *Methylobacterium symbioticum* (M.s), *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* (G.i), Biol bovino (B) Sin bioinsumos (S.b). Sustrato A: ((Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

Se evidenció que el sustrato A registró el mayor peso promedio de raíz (22.32 g), ubicándose en el grupo 'a', lo que indica un efecto significativamente superior en comparación con el sustrato B, que presentó un peso menor (18.68 g), clasificándose en el grupo 'b'. Esto nos dice que el sustrato A fue efectivo en el desarrollo radicular del tomate de árbol en comparación con el sustrato B debido a la composición mucho más pobre y simple.

#### 4.1.7 Longitud de la raíz principal

En la tabla 17, se resume el análisis de varianza ANOVA para evaluar el largo de raíz principal en plantas de tomate de árbol a los 105 días después del trasplante. Los resultados muestran una diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) para el factor bioinsumos y sustratos. Estos últimos con p-valor de  $5.09 \times 10^{-8}$  y  $5.67 \times 10^{-6}$  respectivamente. No se observaron diferencias significativas para la interacción ( $p > 0.05$ ). La media final fue de 37.73 cm. Además, el coeficiente de variación de 6.84 es aceptable para este tipo de investigación.

**Tabla 17.** ANOVA para longitud de raíz principal

F.V	G.L	SUM SQ	MEAN SQ	F VALUE	Long. Raíz (105ddt)
Bioinsumos	5	759.0	151.80	22.771	$5.09 \times 10^{-8}$ ***
Sustratos	1	234.8	234.80	35.223	$5.67 \times 10^{-6}$ ***
Bioinsumo + Sustrato	5	87.1	17.42	2.612	0.0532
Error	24				
Total	32				
Media (cm)					37.73
C.V(%)					6.84

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

En la tabla 18, se aplicó la prueba de Tukey al 5% para el factor bioinsumos a los 105 días después del trasplante donde se evidencia cinco grupos diferentes, siendo el primer grupo "a" el mejor el Bn-Mic con un promedio de 44.68 cm, el segundo grupo "b" de Bio-Mic con 41.50 cm, el tercer grupo de Mic con un promedio de 37.50 cm, el cuarto grupo conformado por Bn, Biol con promedios de 36.66 y 36 cm respectivamente y finalmente el último grupo Sin Bio(Sin Bioinsumos) con un promedio de 29.99 cm siendo este último la menor media registrada. Como resultados se evidencia mejores promedios con la combinación de bioinsumos evidenciado en los dos primeros grupos, ambos produciendo un mejor crecimiento radicular en las plantas de tomate.

De igual forma se destaca al sustrato A como el mejor con un promedio de 40.28 cm perteneciendo al primer grupo "a". El sustrato B obtuvo un promedio de 35.17 cm siendo el menor ubicándose en el segundo grupo "b". Estos resultados indican que el sustrato A permitió un desarrollo radicular superior en comparación con el sustrato B, evidenciando su mayor eficiencia para promover el crecimiento de las raíces en tomate de árbol a los 105 días después del trasplante.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey al 5% para longitud de la raíz principal. Factor bioinsumos y Factor sustratos

Factor Bioinsumos	Longitud de raíz p. (105ddt)	
	Media en (cm)	Grupos
M.s. + G.i	44,68	A
B + G.i	41,50	Ab
G.i.	37,50	Bc
M.s	36,66	C
B	36	C
S.b	29,99	d
<b>Factor Sustratos</b>		
A	40,28	a
B	35,17	b

**Nota.** *Methylobacterium symbioticum* (M.s), *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* (G.i), Biol bovino (B) Sin bioinsumos (S.b). Sustrato A: ((Tierra negra (40%) + Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) + Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

#### 4.1.8 Número de las raíces secundarias

El análisis de varianza aplicado al número de raíces secundarias en plantas de tomate de árbol expuesto en la tabla 19, mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores bioinsumos y sustratos ( $p < 0.05$ ). Ambos factores lograron tener una influencia importante para aumentar la formación de raíces secundarias. Por otro lado, el factor interacción no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a los 105 ddt, lo que indica que la combinación de ambos factores no logró influir de manera relevante en desarrollo radicular. La media a los 105 ddt fue de 15.72 unidades. El coeficiente de variación 12.91% es aceptable para este experimento.

**Tabla 19.** ANOVA para el número de raíces secundarias

F.V	G.L	SUM SQ	MEAN SQ	F VALUE	#Raíces.sec. (105ddt)
Bioinsumos	5	265.07	3.01	12.858	6.40e-06***
Sustratos	1	197.64	197.64	47.935	5.95e-07***
Bioinsumo + Sustrato	5	11.22	2.24	0.544	0.741
Error	24				
Total	32				
Media (u)					15.72
C.V(%)					12.91

**Nota.** Significado de los códigos: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1 '.' 1. ' ' 1.

La prueba de Tukey al 5% aplicada al número de raíces secundarias a los 105 días después del trasplante, presentada en la Tabla 20. El nivel Bn-Mic registró el mayor promedio de raíces secundarias con 19.38, integrando en el grupo "a", lo que indica un efecto significativamente superior en comparación con los demás. Los niveles Bio-Mic (18.40) y Mc (16.50) se clasificaron en los grupos intermedios "ab" y "abc", mostrando un efecto moderado en la formación de raíces secundarias. Por el contrario, *Methylobacterium symbioticum* (15.20), Biol (12.99) y Sin Bioinsumos (11.81) presentaron los valores más bajos, ubicándose en los grupos "bcd", "cd" y "d", respectivamente, sin diferencias significativas entre algunos de ellos. Estos resultados sugieren que la combinación de bioinsumos con micorrizas favorece de manera más efectiva el desarrollo de raíces secundarias, mientras que la ausencia de bioinsumos limita el crecimiento radicular en las plantas de tomate de árbol.

Dentro del factor sustratos se indica que el sustrato A registró el mejor promedio de raíces secundarias (18.06), ubicándose en el grupo "a", lo que indica un efecto significativamente superior en comparación con el sustrato B. Por su parte, el sustrato B presentó un menor promedio (13.37), clasificándose en el grupo "b", evidenciando un desarrollo radicular reducido. Estos resultados sugieren que el sustrato A fue más efectivo para favorecer la formación de raíces secundarias en plantas de tomate de árbol, mientras que el sustrato B no obtuvo el mismo rendimiento en crecimiento radicular.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey al 5% para el número de raíces secundarias. Factor bioinsumos y Factor sustratos

Factor Bioinsumos	Número de raíces secundarias (105ddt)	
	Media en (u)	Grupos
M.s. + G.i	19,38	a
B + G.i	18,40	ab
G.i.	16,50	abc
M.s	15,20	bcd
B	12,99	cd
S.b	11,81	d
<b>Factor Sustratos</b>		
A	18,06	a
B	13,37	b

**Nota.** *Methylobacterium symbioticum* (M.s), *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* (G.i), Biol bovino (B) Sin bioinsumos (S.b). Sustrato A: ((Tierra negra (40%) + Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) + Arena fina (20%)), Sustrato B: (Tierra negra (60%) + Arena fina (40%))

#### 4.1.9 Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio para 1000 plantas tomate de árbol que se muestra en la tabla 21 evidenció que el tratamiento T1 (*Methylobacterium symbioticum* + Sustrato A: Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarilla de arroz (10%) +Arena fina (20%)) logró el mayor beneficio directo con 4,25 USD por cada dólar invertido además de tener un costo bajo por tratamiento con un valor de 285,78 USD Sin embargo, el tratamiento 9 (Biol bovino + Sustrato B: Tierra negra (60%) + Arena fina (40%)) tuvo el menor beneficio directo (1,89USD) debido a que su costo por tratamiento (433,14 USD) es uno de los más altos. Cabe destacar que todos los tratamientos en los cuales se utiliza el biol bovino aumenta de manera significativa los costos por tratamiento lo que se traduce con valores menores en beneficio directo a comparación del resto donde se aplica *Methylobacterium symbioticum* y *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*.

**Tabla 21.** Análisis costo-beneficio para 1000 plantas de tomate de árbol

<b>Tratamientos</b>	<b>Precio de Venta (UDS)</b>	<b>Ingreso de ventas (UDS)</b>	<b>Costo por tratamiento (UDS)</b>	<b>Costo beneficio (UDS)</b>	<b>Beneficio directo (UDS)</b>
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> + Sustrato A	1,50	1500	285,78	5,25	4,25
T2 <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Sustrato A	1,50	1500	309,53	4,85	3,85
T3 Biol bovino + Sustrato A	1,50	1500	446,19	3,36	2,36
T4 <i>Methylobacterium symbioticum</i> + <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Sustrato A	1,50	1500	315,78	4,75	3,75
T5 <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Biol bovino+ Sustrato A	1,50	1500	476,19	3,15	2,15
T6 Sin bioinsumos + Sustrato A	1,00	1000	279,53	3,58	2,58
T7 <i>Methylobacterium symbioticum</i> + Sustrato B	1,25	1250	272,72	4,58	3,58
T8 <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Sustrato B	1,50	1500	296,47	5,06	4,06
T9 Biol bovino + Sustrato B	1,00	1000	433,14	2,31	1,89
T10 <i>Methylobacterium symbioticum</i> + <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Sustrato B	1,50	1500	302,72	4,96	3,96
T11 <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> + Biol bovino + Sustrato B	1,50	1500	463,14	3,24	2,24
T12 Sin bioinsumos + Sustrato B	0,80	800	266,47	3,00	2,00

**Nota.** Sin bioinsumos (S.B), Sustrato A: (Tierra negra (40%) +Vermicompost (30%) + Cascarrilla de arroz (10%) +Arena fina (20%), Sustrato B: Tierra negra (60%) + Arena fina (40%)

## 4.2 DISCUSIÓN

En la evaluación del crecimiento aéreo, la aplicación de *Methylobacterium symbioticum* (BlueN) demostró ser determinante para la elongación del tallo. El tratamiento T1 (*Methylobacterium symbioticum*) alcanzó una altura promedio de 25,25 cm a los 105 ddt, diferenciándose estadísticamente del testigo absoluto que registró 21,60 cm. Este resultado guarda una estrecha relación con lo reportado por Medina et al. (2019), quienes registraron alturas finales de 114,2 cm en plántulas tratadas con bacterias del mismo género, atribuyendo este efecto a la capacidad de la bacteria *Methylobacterium* para colonizar la filósfera y sintetizar reguladores de crecimiento como citoquininas, además de su función principal de fijación de nitrógeno atmosférico. De igual forma Cruz (2024), reportó alturas muy superiores (191,88 cm) al utilizar *Methylobacterium symbioticum* en maíz. Confirmando la tendencia positiva en ambos casos, validando la eficacia de la bacteria para promover vigor independientemente del cultivo sobre todo en esta variable.

Por otro lado, en variables como diámetro de tallo, no se encontraron diferencias estadísticas en ninguno de los factores (bioinsumos y sustratos) ni su interacción, terminando con 8,09 mm a los 105ddt. Para la variable altura de planta observamos diferencias estadísticas para ambos factores, siendo los mejores niveles Biol + *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* con seguido del nivel de Biol ambos promedios superiores a 6 hojas por planta. Esto concuerda con la investigación de Estrada (2022), quien, mediante la aplicación de biol obtuvo resultados numéricos similares al nuestro con un promedio final de 7,29 hojas a los 120 días después de la siembra, no obstante, a diferencia de lo observado en nuestro ensayo, dicho autor no reportó diferencias estadísticas.

Tanto en longitud como ancho de hoja solamente se obtuvo diferencia en el factor sustrato, siendo en ambos el mejor sustrato el A, con 10,94 cm de longitud a los 30 ddt, y 9,29 cm de ancho a los 60 ddt. Esto concuerda con la conclusión de Alcívar et al. (2025), donde tras emplear diferentes tipos de sustratos expone la importancia de varios componentes, uno de ellos la cascarilla de arroz ya que demostró ser eficaz durante las primeras etapas fenológicas proporcionando mayor aireación al igual que reducir la compactación del sustrato. Esto se traduce en un mejor desarrollo en el crecimiento de las plantas.

El hallazgo más contundente de esta investigación se evidenció en la biomasa radicular, donde la coinoculación de microorganismos superó a las aplicaciones individuales. El tratamiento T4 (*Methylobacterium symbioticum* + *Glomus iranicum*) logró un peso de raíz de 30.10 g, triplicando prácticamente al testigo (7.65 g) y superando a la aplicación de micorrizas solas (22.72 g).

Estos resultados contrastan parcialmente con Castro (2024), quien en banano determinó que la aplicación de micorriza (*Glomus* sp.) sola era suficiente para maximizar el crecimiento ya que presentó mayores valores sobre el peso, diámetro y longitud radicular en etapa de vivero. El hecho de que nuestro tratamiento combinado (30.10 g) sea superior sugiere un efecto sinérgico: mientras el hongo micorrízico (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) extiende el volumen de suelo explorado para captar agua y fósforo, la bacteria (*Methylobacterium symbioticum*) suministra nitrógeno complementario desde la parte aérea. Esta "doble alimentación" permite a la planta destinar más fotoasimilados a la construcción de raíces y raíces secundarias (19.38 unidades en T4).

Alvarado (2025), sugiere en su estudio sobre hongos micorrízicos arbusculares (HMA), destacó al género *Glomus* sp. Gracias a que tuvo mayor incidencia en el crecimiento de las raíces y en niveles de micorrización, esta última dependerá del tipo de sustrato empleado y la cantidad de HMA. Sin embargo, en otras variables relacionadas al crecimiento no se evidenció el mismo efecto. En base a eso menciona una opción real el uso de estas micorrizas como biofertilizante en el sector agrícola para aumentar la masa radicular.

Respecto al medio de cultivo, el Sustrato A (Tierra negra + Vermicompost + Cascarilla de arroz + Arena) demostró una superioridad estadística constante durante todo el experimento frente al Sustrato B (Tierra + Arena), lo que permitió siempre el sustrato A obtener mejores promedios en todas las variables de estudio.

Esta observación corrobora con Benavides (2024), en su investigación local (UPEC), quien obtuvo excelentes resultados con los tratamientos T1 (S1: 30% de Compost + 40% de tierra negra + 30% de arena de río), T4 (S4: 30% de Ferti-plus + 40% de tierra negra + 30% de arena de río) y T8 (S4: (30% de Ferti-plus + 40% de tierra negra + 30% de arena de río) + 50 gr de micorriza)) sobre todo en desarrollo radicular, cada uno posee un sustrato muy equilibrado y rico en nutrientes. Esto concuerda con la idea de Acosta et al. (2014), donde menciona que al aplicar vermicompost se obtienen

buenas respuestas en variables de crecimiento como altura o diámetro de tallo en diferentes especies debido a que mejora la asimilación y disponibilidad de nutrientes. Además, la aplicación de vermicompost como componente del sustrato dentro de viveros puede ser una opción favorable, esto expuesto en la investigación (Montalbo, 2017) donde analizó el uso de vermicompost como un sustituto de la turba, a través del cumplimiento de parámetros químicos, físicos y físico-químico. Concluyendo que la mezcla de vermicompost obtuvo resultados adecuados en pruebas como capacidad de aireación, densidad aparente, contracción, lo que indica que estos materiales orgánicos funcionan bien como sustitutos parciales de la turba. Además, esta práctica contribuye a la reutilización de residuos orgánicos alineándose con principios de una agricultura sostenible.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- No existió interacción significativa entre factores; actuaron de forma independiente. El Sustrato A superó estadísticamente al B, y la aplicación individual de *Methylobacterium symbioticum* (BlueN) logró la mayor altura de planta (25.25 cm), validando su eficacia para el vigor aéreo
- Se demostró un efecto sinérgico positivo. La coinoculación de *Methylobacterium* + Micorrizas (T4) maximizó el sistema radicular, alcanzando el mayor peso (30.10 g) y longitud (44.68 cm), triplicando el rendimiento del testigo y superando a los insumos por separado.
- El tratamiento T1 (Sustrato A + *Methylobacterium*) fue el más rentable con una relación beneficio-costo de 4.25 USD. Se consolidó como la estrategia más eficiente económicamente, mientras que el uso de Biol redujo la rentabilidad por sus mayores costos operativos.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar protocolos comerciales basados en el uso del Sustrato A junto con *Methylobacterium symbioticum* (T1), dado que esta combinación demostró ser la más eficiente para obtener plantas con la altura ideal de trasplante, maximizando la rentabilidad del viverista con un retorno de 4.25 USD por dólar invertido.
- Adoptar la coinoculación de *Methylobacterium symbioticum* y *Glomus iranicum* (T4) en zonas con suelos pobres o condiciones adversas, ya que esta sinergia garantiza la formación de un sistema radicular robusto (mayor peso y longitud), lo cual es crítico para asegurar la sobrevivencia y el anclaje de la planta post-trasplante.

- Extender la evaluación a la fase de campo, realizando un seguimiento de las plantas tratadas con bioinsumos hasta su etapa productiva, para verificar si la ganancia temprana de biomasa radicular y vegetativa en vivero se traduce efectivamente en un incremento del rendimiento de fruta y precocidad en la cosecha. Utiliza fundas de trasplante de un tamaño adecuado considerando el tamaño del crecimiento de las raíces durante todo el experimento para evitar problemas de enrollamiento.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, Q., & Shafiqi, S. (2024). Vermicompost: Significance and Benefits for Agriculture. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/380681929\\_Vermicompost\\_Significance\\_and\\_Benefits\\_for\\_Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/380681929_Vermicompost_Significance_and_Benefits_for_Agriculture)
- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario [Agrocalidad]. (2023). Guía de buenas prácticas agrícolas para tomate de árbol. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agrocalidad.gob.ec/tomate-de-arbol/#>
- Ahmad, F., Kumar, A., & Ali, W. (2024). Prolonged exposure to low doses of pesticides: Adverse effects on human health. PMC NCBI. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11016626/>
- Almeida, A. (2023). Tomate de árbol: qué beneficios tiene para la salud tomar su jugo en ayunas. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/en-las-redes/tomate-de-arbol-que-beneficios-tiene-para-la-salud-tomar-su-jugo-en-ayunas-nid01112023/>
- Alvarado, J. (2023). Comportamiento agronómico de la cebolla puerro (*Allium porrum*), bajo tres dosis de biol [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio CIA. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20CUJI%20JACKSON%20ADOLFO.pdf>
- Alvarado, M. (2025). Aprovechamiento biotecnológico de las micorrizas arbusculares nativas [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30194/1/UPS-GT006219.pdf>
- Álvarez, J., Restrepo, K., & Taborda, G. (2017). Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos y comerciales en el desarrollo de portainjertos de tomate de árbol. *Acta Agronómica*, 66(2), 185–192. (Autor que faltaba en la lista anterior)
- Arboleda, M. (2021). Tipos de bioinsumos: qué son y para qué sirven. En Tu Finca. <https://entufinca.com/tipos-de-bioinsumos-que-son-y-para-que-sirven/>

- Benavides, J., & Paspuel, G. (2020). Evaluación de sustratos enriquecidos con micorrizas para la propagación de tomate de árbol en la granja San Francisco [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio Digital UPEC. (Autor que faltaba en la lista anterior)
- BioEspacio. (2023). La utilización de la cascarilla de arroz en la agricultura. <https://bioespacio.co/la-utilizacion-de-la-cascarilla-de-arroz-en-la-agricultura/>
- Buono, S., Aguirre, C., Abdo, G., Perondi, H., & Ansonnaud, G. (2018). El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en la producción intensiva. PROCISUR. [https://www.procisur.org.uy/files/documento/206\\_tomate-arbol-PROCISUR.pdf](https://www.procisur.org.uy/files/documento/206_tomate-arbol-PROCISUR.pdf)
- Carrasco, V., Rodríguez, D., Aguilera, M., & Aldrete, A. (2024). Las micorrizas y la producción de planta de calidad en vivero. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/379924127\\_Micorrizas](https://www.researchgate.net/publication/379924127_Micorrizas)
- Castro, M. (2024). Efecto de micorrizas en raíces de plántulas de Musa AAB (subgrupo plátano) Dominico Hartón [Tesis de pregrado, Universidad de Caldas]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/server/api/core/bitstreams/d208851f-22e1-4606-b586-540722990698/content>
- Cisneros, K. (2024). Riesgos por la manipulación de plaguicidas en agricultores de Píllaro [Tesis de pregrado, Universidad Regional Autónoma de Los Andes]. Repositorio Uniandes. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/18467/1/UT-ENF-PDI-042-2024.pdf>
- Coca, M. (2021). Agricultura local sin agroquímicos. Opinión Bolivia. <https://www.opinion.com.bo/opinion/mario-coca-morante/agricultura-local-agroquimicos/20210725193652828607.html>
- Cruz, H. (2024). Evaluación del crecimiento y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) usando *Methylobacterium symbioticum* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6742786f-a4a1-4f3b-88a5-5919ee84e0ab/content>
- Dirección de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales [DIACA]. (2023). Composición química de Biol Bovino. (LABONORT, Laboratorio de Análisis de Alimentos y Aguas).
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2023). Resultados ESPAC 2023. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieyZzMtYjYjctNmEwNi00ZmQ5LTk0NTItNmY2OTk4MjkwMzE5liwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi0iImGFILWY1ZTI1OWJkYTEyXmIj9>



- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2025). Presentación de resultados ESPAC 2024. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/2024/Presentacion\\_de\\_resultados\\_ESPAC\\_2024.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2024/Presentacion_de_resultados_ESPAC_2024.pdf)
- Fernández, M., & Solis, D. (2018). Manual de elaboración de bioinsumos. Centro de Tecnología Agropecuaria. <https://www.paraguayorganico.org.py/wp-content/uploads/2018/11/MANUAL-BIOINSUMOS.pdf>
- García, R. S. (2025). Respuesta del retorno del cultivo de banano (*Musa x Paradisiaca*) a la aplicación de *Methylobacterium symbioticum* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio UG. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96b16360-ab3b-47e9-a780-9d31757e077a/content>
- Hidalgo, J. (2017). La situación de los biocontroladores en el Ecuador [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio UASB. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La%20situacion.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2025). Fichas técnicas del cultivo de tomate de árbol. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/tomate-de-arbol/>
- Jaramillo, J. (2023). Análisis de la producción de vermicompost en diferentes sustratos orgánicos [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9f1cde0c-8324-4210-b20a-9b625b7eb0cd/content>
- Kaur, S., Saini, A., & Gupta, A. (2024). The economic and environmental impacts of monoculture agriculture. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/bookseries/abs/pii/S2452263524000168>
- León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2004). Manual del cultivo de tomate de árbol. Manual No. 56. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/827/4/iniapscm61.pdf>
- Muñoz, J., Capilla, M., Gordillo, X., & Muñoz, J. (2024). Erosión y degradación de suelos en ecosistemas agrícolas. Repositorio BUAP. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/0e326e09-1076-49f5-a2e2-4cdf6329ab8a/content>
- Peña, J., García, J., & Campos, R. (2018). Caracterización agroecológica de la finca San Francisco. Revistas Digitales UPEC. <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/tierrainfinita/article/view/923/2814>

- Pozo, E., Bustamante, T., Ramírez, M., & Romero, J. (2023). Manual de Viveros Forestales (1a ed.). PROAmazonía. <https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2023/09/MANUAL-VIVEROS-FORESTALES.pdf>
- Ramos, A., & Lombardi, I. (2020). Criterios para la producción de plantas de calidad. *Revista Forestal del Perú*, 35(2), 1-15. [https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1581/pdf\\_65](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1581/pdf_65)
- Roblada, S., Gavilanes, L., Gonzáles, M., & González, R. (2024). Experiencias en el uso de bioinsumos para la salud y la regeneración ecosistémica. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/384330709\\_Experiencias\\_en\\_el\\_uso\\_de\\_bioinsumos\\_para\\_la\\_salud\\_y\\_la\\_regeneracion\\_ecosistemica\\_y\\_comunitaria](https://www.researchgate.net/publication/384330709_Experiencias_en_el_uso_de_bioinsumos_para_la_salud_y_la_regeneracion_ecosistemica_y_comunitaria)
- Romero, F., Domínguez, G., & Muñoz, A. (2019). Promoción del crecimiento vegetal en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) mediante la inoculación con *Methylobacterium extorquens*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(1), 120–135. (Autor que faltaba en la lista anterior)
- Rosa, A., Junger, A., Barros, L., & Nunes, J. (2024). Tamarillo fruit (*Solanum betaceum*) and its by-products as sources of bioactive compounds. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11416485/>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA]. (2023). Anuario de estadísticas agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://sipa.agricultura.gob.ec>
- Stoller. (2025). Ficha Técnica BlueN (*Methylobacterium symbioticum*). Stoller Ecuador.
- Suárez, E. (2022). Análisis del desarrollo morfológico y agronómico de plántulas de *Coffea arabica* L. con diferentes sustratos y bioestimulantes [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3897/1/TESIS%20SUAREZ%20CANTOS%20LIPSY%20ALEJANDRA.pdf>
- Suárez, K., Schuldt, M., Farías, B., & Reyes, S. (2025). Análisis de costos de producción en la agricultura post-pandemia. *Identidad Bolivariana*, 4(1), 397–410. <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/view/397/321>
- Symborg. (2024). Manual de uso: Resid MG (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*). Symborg Corporate.
- Valencia, J. (2022). Evaluación del uso de bioinsumos para el control de plagas y enfermedades [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12396>

- Wang, S., & Zhu, F. (2020). The nutritional and pharmacological properties of tamarillo (*Solanum betaceum*): A review. *Journal of Functional Foods*, 64, 103603.
- Ziane, H., Hamza, A., & Hamza, M. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization rates optimize growth and yield of tomato. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 589–596.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**


**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**  
**ACTA**  
**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREFERENCIA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

ESTUDIANTE: <b>LUCE GARCÍA BUSTAMANTE</b>		CARRERA DE ESTUDIO: <b>AGROPECUARIA</b>	
PERIODO ACADÉMICO: <b>2020</b>		CARRERA DE ESTUDIO: <b>AGROPECUARIA</b>	
PRESIDENTE TRIBUNAL: <b>PHD. MOYAN QUINTANA EABRA SEGUINO</b>		DOCENTE TUTOR: <b>MSc. JACOBO ALBERTO GARCÍA ALEXANDER</b>	
DOCENTE: <b>MSc. HERRERA RAMÍREZ CARLOS DAVID</b>			

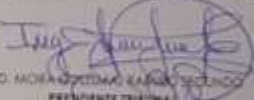
TEMA DEL TIC: **Tratamiento de residuos y biomasa para el crecimiento de plantas de alto valor agregado (cacaos) bajo invernadero en el Campus Experimental San Antonio UPELAC**


Nº	CATEGORÍA	Evaluación Evidencial	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PERSONAL, CRÉDITOS	4.0	
2	PRESENTACIÓN GENERAL	5.0	
3	METODOLOGÍA	5.0	
4	RESUMEN	4.0	Clarificar el resumen de la muestra final de la tesis.
5	DISCUSIÓN	5.0	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	4.0	
7	DEFINICIÓN, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	5.0	Se recomienda mejorar la calidad de los argumentos y vocabulario profesional.
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	4.0	Mejorar el formato y la calidad de la información del TIC.


Calificación final del TIC: **5.30** Por lo tanto, **APRUEBA** la sustentación de la investigación de acuerdo al siguiente artículo:

Art. 34.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones, Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firmo en la ciudad de Tulcan a: **Jueves, 27 de diciembre de 2020**

  
**PHD. MOYAN QUINTANA EABRA SEGUINO**  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**

  
**MSc. JACOBO ALBERTO GARCÍA ALEXANDER**  
**DOCENTE TUTOR**

  
**MSc. HERRERA RAMÍREZ CARLOS DAVID**  
**DOCENTE**

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER**

**ABSTRACT- EVALUATION SHEET**

**NAME:** Cazar Limaico Bryan Ariel  
**DATE:** Lunes, 12 de enero de 2026  
**TOPIC:** "Evaluación de sustratos y bioinsumos para el crecimiento de plantas de tomate de árbol (Solanum betaceum) bajo invernadero en el Centro Experimental San Francisco UPEC"

**MARKS AWARDED**                      **QUANTITATIVE AND QUALITATIVE**

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		

1



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

**Autor:** Cesar Linares Bryan Aniel

**Fecha de recepción del abstract:** Martes 23 de diciembre de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Lunes, 12 de enero de 2026.

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de 9-10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9-10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, este presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.


Atentamente

MSc. Jairo Guevara



**DIRECTOR DE CENTROS ACADÉMICOS Y DE  
FORMACIÓN COMPLEMENTARIA**


Anexo 3. Análisis de biol bovino UPEC




**LABONORT**  
LABORATORIOS NORTE  
Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador tel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Nombre: Centro Experimental San Francisco		Provincia: Carchi	
Ciudad:		Cantón: Tulcan	
Teléfono:		Parroquia: Santa Marta de Cuba	
Fax:		Sitio: Centro Experimental San Francisco	
<b>DATOS DEL LOTE</b>		<b>DATOS DE LABORATORIO</b>	
Sitio: Centro Experimental San Francisco		Nro Reporte.: 11569	
Superficie:		Tipo de Análisis: Completo	
Número de Campo: BIOL BOVINO		Muestra: ORGÁNICA: BIOL	
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso: 2023-08-17	
A Cultivar:		Fecha de Reporte: 2023-08-23	
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>
<b>N</b>	195.0	ppm	
<b>P</b>	61.60	ppm	
<b>S</b>	248.0	ppm	
<b>K</b>	5.50	meq/100 ml	
<b>Ca</b>	11.60	meq/100 ml	
<b>Mg</b>	9.03	meq/100 ml	
<b>Zn</b>	3.16	ppm	
<b>Cu</b>	1.28	ppm	
<b>Fe</b>	427.50	ppm	
<b>Mn</b>	31.08	ppm	
<b>B</b>	1.13	ppm	
<b>pH</b>	6.93		
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>		meq/100 ml	
<b>Al</b>		meq/100 ml	
<b>Na</b>		meq/100 ml	
<b>Ce</b>	5.28	mS/cm	
<b>NO</b>		%	
<b>Ce</b>	<b>Mo</b>	<b>Ca+Mo</b>	<b>Imse/100ml</b>
1.28	1.54	2.75	26.13
<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
1.28	1.54	2.75	26.13
<b>Sum Bases</b>	<b>NTot</b>	<b>Cl</b>	<b>Ardena</b>
<b>Cl</b>	<b>Ardena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>
<b>Clase Textural</b>			

Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
Responsable Laboratorio





#### Anexo 4. Proceso experimental



**Figura 13.** Adecuación del área



**Figura 14.** Mezcla de sustratos



**Figura 15.** Trasplante a fundas



**Figura 16.** Ubicación de plantas



**Figura 18.** Aplicación tratamientos



**Figura 17.** Toma de datos

**Anexo 5.** Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas

**Tabla 22.** Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas

Variables	No.	Normalidad		Homogeneidad de varianzas	
		Prueba de Shapiro		Prueba de Barlett	
		Si	No	Si	No
Altura de planta	1	0,70		0,3847	
	2	0,0912		0,22	
	3	0,91		0,4	
	4	0,41		0,4	
	5	0,63		0,6517	
	6	0,8		0,792	
	7	0,91		0,71	
Diámetro de tallo	1	0,06		0,75	
	2	0,17		0,85	
	3	0,48		0,96	
	4	0,062		0,61	
	5	0,62		0,83	
	6	0,84		0,54	
	7	0,71		0,09	
Número de hojas	1	0,64		0,34	
	2	0,104		0,67	
	3	0,55		0,77	
	4	0,75		0,94	
	5	0,58		0,75	
	6	0,84		0,59	
	7	0,56		0,87	
Longitud de hoja	1	0,34		0,27	
	2	0,74		0,94	
	3	0,27		0,051	
	4	0,61		0,13	
	5	0,65		0,17	
	6	0,42		0,27	
	7	0,40		0,33	
Ancho de hoja	1	0,11		0,4	
	2	0,2		0,55	
	3	0,55		0,73	
	4	0,23		0,17	
	5	0,1		0,4	

---

	6	0,62	0,11
	7	0,3349	0,33
Peso de raíz	1	0.15	0,3447- 0,5667
Longitud de raíz principal	1	0.93	0,2535- 0,5205
Número de raíces secundarias	1	0.38	0,6502- 0,2832

---

**Anexo 6.** Script para realizar el análisis estadístico en R studio de un DBCA con arreglo factorial

```
# Instalar librerías 1 sola vez
install.packages("tidyverse")
# Activar librería
library(agricolae)
# Cargar los datos
dbca=read.delim("clipboard",header=TRUE,
               colClasses=c("factor","factor","factor","numeric"))
attach(dbca)
str(dbca)

summary(dbca)
boxplot(Corte.1 ~ Micro*Fert)
# Ejecutar el ANOVA
anova<- aov(Corte.1~Bloq+Fert*Micro,data=dbca)
summary(anova)
cv.model(anova)
# Supuestos
plot(anova,2)
shapiro.test(residuals(anova))
shapiro.test(anova$residuals)
plot(anova,1)
bartlett.test(Corte.1~Fert,data=dbca)
bartlett.test(Corte.1~Micro,data=dbca)
bartlett.test(Corte.1~interaction(Micro,Fert),data=dbca)
# Tukey para cada factor
```

```

HSD.test(anova, "Fert", console=T)
HSD.test(anova, "Micro", console=T)
24.# Tukey para la interacción
HSD.test(y=Corte.1,
        trt=Micro:Fert,
        DFerror=anova$df.residual,
        MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
        group=TRUE,
        console=TRUE)
#Grafica factores
#PRIMER FACTOR
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(anova, "Fert", console=T)
tukey_e$groups
#Resumir los datos
# Activar libreria
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(Fert) %>%
  summarise(promedio=mean(Corte.1),de=sd(Corte.1),r=length(Corte.1)) %>%
  arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
# Activar libreria
library(ggplot2)
resumen$Fert <- factor(resumen$Fert, levels = resumen$Fert[order(-
resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = Fert, y = promedio)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
  labs(x = "Bioestimulantes", y = "Altura de planta(cm)") +
  theme_classic()
#SEGUNDO FACTOR

```

```

#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(anova, "Micro", console=T)
tukey_e$groups
#Resumir los datos# Activar libreria
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(Micro) %>%
  summarise(promedio=mean(Corte.1),de=sd(Corte.1),r=length(Corte.1)) %>%
  arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
# Activar libreria
library(ggplot2)
resumen$Micro <- factor(resumen$Micro, levels = resumen$Micro[order(-
resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = Micro, y = promedio)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
  labs(x = "Tipo de sustrato", y = "Altura de planta (cm)") +
  theme_classic()
#Grafica interaccion
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(y=Corte.1,
  trt=Micro:Fert,
  DFerror=anova$df.residual,
  MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
  group=TRUE,
  console=TRUE)
tukey_e$groups
#Resumir los datos
# Activar libreria
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(interaction(Micro,Fert)) %>%

```

```

summarise(promedio=mean(Corte.1),de=sd(Corte.1),r=length(Corte.1)) %>%
  arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
# Activar libreria
library(ggplot2)
# Reordenar el factor 'Trat' según el promedio de mayor a menor
resumen$`interaction(Micro, Fert)` <- factor(resumen$`interaction(Micro, Fert)`
      , levels = resumen$`interaction(Micro, Fert)`
      [order(-resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = `interaction(Micro, Fert)`, y = promedio)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
  labs(x = "Tratamientos", y = "Altura de planta (cm)") +
  theme_classic()

```