



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto de la bioestimulación con micorrizas en el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

**Trabajo de Integración
Curricular, previo a la obtención
del Título de Ingeniera Agrónoma**

AUTORA:

Daniela Guiselle Morocho Granda

DIRECTORA:

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

Loja - Ecuador

2025

Certificación

Loja, 24 de abril de 2025

Ing. Mirian Irene Capa Morocho. PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la bioestimulación con micorrizas en el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónoma**, de la autoría de la estudiante **Daniela Guiselle Morocho Granda**, con **cédula de identidad Nro.1104931744**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Mirian Irene Capa Morocho. PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

Autoría

Yo, **Daniela Guiselle Morocho Granda**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniela H.' with a stylized flourish above the 'H'.

Cédula de identidad: 1104931744

Fecha: 24 de abril de 2025

Correo electrónico: Daniela.g.morocho@unl.edu.ec

Teléfono: 0967256320

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Daniela Guiselle Morocho Granda**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la bioestimulación con micorrizas en el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con la cuales tenga convenio la Universidad.

La universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja a los veinticuatro días del mes de abril del dos mil veinticinco.

Firma:



Autora: Daniela Guiselle Morocho Granda

Cédula: 1104931744

Dirección: Loja, Ecuador.

Correo electrónico: daniela.g.morocho@unl.edu.ec

Celular: 0967256320

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Mirian Irene Capa Morocho. PhD.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por darme la fuerza y sabiduría para llegar hasta aquí, enseñándome que su tiempo es perfecto, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente en este proceso.

A mis padres Fredy Morocho y Alba Granda, pilares fundamentales en el logro de mis metas. Gracias por su sacrificio constante, gran ejemplo de perseverancia y por haber formado en mí una mujer de bien, por su amor infinito y apoyo incondicional. Sin duda alguna ustedes merecen todo mi esfuerzo, dedicación y amor.

A mis hermanas Andrea y Paulina mis más grandes complementos y regalos de vida, por siempre creer en mí, estar conmigo en cada paso, en cada caída y en cada logro motivándome constantemente, escuchándome y dándome su cariño. La meta no es solo mía es de los cinco.

A mis abuelitos Elenita e Isaías a quienes amo con todo mi corazón, por ser mi refugio, por sus sabios consejos y oraciones que siempre me sostuvieron, por ser mi pilar de amor y sabiduría.

A mi angelito del cielo, mi abuelito Hugo Germán, vives eternamente en mi corazón, sé que siempre me cuidas desde el cielo y estoy segura de que sonríes con orgullo al ver lo lejos que he llegado, Este logro también es para ti.

Dedicada para mí, por la valentía de soñar, el esfuerzo y la dedicación de intentarlo y la determinación para lograrlo. Estoy comenzando a recorrer el camino hacia todo lo anhelado.

Daniela Guiselle Morocho Granda.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron posible la realización de esta investigación:

A Dios y a mi familia por confiar en mí y permitir formarme como profesional.

A la Universidad Nacional de Loja, por brindarme la formación académica y humana necesaria para crecer como profesional. De manera especial, a la Carrera de Agronomía, por ser el espacio donde se forjaron conocimientos, experiencias y aprendizajes que marcaron mi camino.

Extiendo mi sincero agradecimiento a mi directora del trabajo de Integración Curricular Ing. Mirian Irene Capa Morocho. PhD, cuyo acompañamiento, orientación, conocimientos y confianza fueron fundamentales en la elaboración de este trabajo.

Al ingeniero responsable del laboratorio de Sanidad Vegetal Ing. Byron Becerra y la Ing. Beatriz Guerrero responsable del laboratorio de Bromatología quienes con su conocimiento técnico y disposición fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Así mismo a mis compañeros de la carrera y amigos, de manera especial a Nayeli, Lenin y Mary más que mis compañeros de carrera se convirtieron en parte de mi vida, gracias por siempre estar en los momentos de esfuerzo, trabajo y también en los de alegría, por estar presentes en las distintas etapas de este recorrido, con su disposición, cariño y ayuda desinteresada. Todo fue muy valioso tanto en lo académico como en lo personal.

Finalmente agradezco a la empresa EUROAGRO S.A y al Ing. Vinicio Ruilova por permitir llevar a cabo esta investigación. Su apertura y colaboración hicieron posible el desarrollo de esta experiencia práctica y enriquecedora.

Daniela Guiselle Morocho Granda.

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xii
Índice de Anexos	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Generalidades del cultivo de tomate	6
4.2. Importancia del cultivo de tomate.....	6
4.3. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de tomate	7
4.3.2. pH del suelo	7
4.3.3. Temperatura	7
4.3.4. Humedad	7
4.3.5. Horas luz	7
4.4. Fenología del cultivo de tomate	8
4.5. Manejo agronómico.....	8
4.5.1. Trasplante.....	8
4.5.2. Tutorado.....	8
4.5.3. Podas.....	9
4.6. Propiedades nutritivas del tomate	9
4.6.1. Licopeno.....	9
4.6.2. Vitamina.....	9
4.6.3. Acidez titular.....	9
4.6.4. Grados brix.....	9
4.7. Bioestimulación.....	9
4.8. Clasificación de los bioestimulantes de vegetales.....	10
4.9. Bioestimulación con micorrizas	10

4.9.1.	Tipos de micorrizas	10
4.9.2.	Antecedentes de las micorrizas en las plantas	10
5.	Metodología	12
5.1.	Localización del proyecto.	12
5.2.	Tipo de investigación	12
5.3.	Diseño experimental.....	12
5.4.	Material vegetal	13
5.5.	Uso de producto a base de micorrizas.	14
5.6.	Metodología para el primer objetivo: “Evaluar el efecto de la bioestimulación con micorrizas en el suelo y crecimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero” 14	
5.6.1.	pH del suelo	14
5.6.2.	Conductividad eléctrica del suelo	15
5.6.3.	Micorrizas presentes en el suelo	15
5.6.4.	Peso de masa radicular	15
5.6.5.	Contenido de clorofila foliar.	15
5.6.6.	Altura de la planta.....	15
5.6.7.	Días a la floración	15
5.6.8.	Días a la cosecha	16
5.7.	Metodología para el objetivo específico 2: “Determinar la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate aplicando microorganismos en condiciones de invernadero.”.....	16
5.7.1.	Número de frutos por planta	16
5.7.2.	Peso del fruto por planta:	16
5.7.3.	Rendimiento.....	16
5.7.4.	Firmeza del fruto	16
5.7.5.	pH del fruto.....	16
5.7.6.	Sólidos solubles	17
5.7.7.	Tiempo en percha.....	17
5.7.8.	Vitamina C	17
5.7.9.	Proteína	17
5.7.10.	Acidez titulable	17
5.8.	Análisis estadístico.....	17
6.	Resultados.....	18
6.1.	pH del suelo.....	18
6.2.	Conductividad eléctrica del suelo	18

6.4.	Peso de la masa radicular	19
6.5.	Contenido relativo de clorofila.....	20
6.6.	Altura de la planta	20
6.7.	Fenología del cultivo de tomate	21
6.8.	Número de frutos por planta.....	21
6.9.	Peso del fruto por planta.....	22
6.10.	Rendimiento	23
6.11.	Firmeza del fruto	23
6.12.	pH del fruto	24
6.13.	Sólidos solubles.....	24
6.14.	Días de vida útil postcosecha	25
6.15.	Vitamina C	25
6.16.	Proteína.....	26
6.17.	Acidez titulable	26
7.	Discusiones.....	28
8.	Conclusiones	34
9.	Recomendaciones	35
10.	Bibliografía	36
11.	Anexos.....	43

Índice de Figuras

Figura 1. Fenología del cultivo de tomate.	8
Figura 2. Localización del ensayo del tomate bajo invernadero.....	12
Figura 3. Esquema de campo experimental del cultivo de tomate bajo invernadero.	13
Figura 4. pH del suelo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	18
Figura 5. Conductividad eléctrica del suelo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	18
Figura 6. Micorrizas presentes en el suelo a los 99 días después del trasplante en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	19
Figura 7. Peso de masa radicular a los 99 días después del trasplante del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	20
Figura 8. Contenido relativo de clorofila en la hoja de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	20
Figura 9. Altura de la planta en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	21
Figura 10. Días a la floración y cosecha del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	21
Figura 11. Número de frutos por planta del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	22
Figura 12. Peso del fruto por planta del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	22
Figura 13. Rendimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	23
Figura 14. Firmeza del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	23
Figura 15. pH del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	24
Figura 16. Sólidos solubles del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	25
Figura 17. Vida útil postcosecha de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	25
Figura 18. Contenido de vitamina C (mg/100g) en los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	26
Figura 19. Contenido de proteína de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	26
Figura 20. Acidez titulable de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.	27
Figura 21.- Preparación e instalación de trampas cromáticas en el cultivo de tomate.	45
Figura 22.- Manejo fitosanitario del cultivo de tomate.	45

Figura 23.- Fertilización complementaria del cultivo de tomate.....	46
Figura 24.- Implementación de estructura para el tutorado las plantas de tomate.....	46
Figura 25.- Toma de datos de las variables del crecimiento de la planta de tomate.....	46
Figura 26.- Análisis de pH y conductividad del suelo.	47
Figura 27.- Cosecha de los frutos de tomate para el cálculo del rendimiento.	47
Figura 28.- Análisis de las variables de calidad nutricional del fruto de tomate.....	48
Figura 29.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 25 kg/ha.....	48
Figura 30.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 50 kg/ha.....	49
Figura 31.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 100 kg/ha.....	49
Figura 32.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas en el tratamiento testigo.....	49

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas en el cultivo de tomate bajo invernadero.....	13
--	----

Índice de Anexos

Anexo 1.- Análisis de suelo previo a la aplicación de micorrizas en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.....	43
Anexo 2.- Análisis del contenido de vitamina C de los frutos de tomate cultivados bajo condiciones de invernadero en Loja.....	44
Anexo 3.- Preparación del sustrato para el cultivo de tomate.	44
Anexo 4.- Trasplante de las plántulas de tomate.	44
Anexo 5.- Aplicación de las diferentes dosis de micorrizas al cultivo de tomate.	45
Anexo 6.- Manejo técnico del cultivo de tomate.	45
Anexo 7.- Evaluación de variables en el crecimiento, suelo, producción y calidad nutricional del cultivo de tomate.....	46
Anexo 8.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas.	48
Anexo 9.- Certificación por traducción del resumen al idioma inglés.	50

1. Título

Efecto de la bioestimulación con micorrizas en el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

2. Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes mundialmente. Su producción intensiva genera una dependencia de la fertilización química, afectando la calidad del suelo y alimentos. Como alternativa se propone el uso de bioestimulantes, que han demostrado mejorar el crecimiento y la calidad del cultivo. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la bioestimulación con micorrizas en el suelo, crecimiento, producción y calidad nutricional del tomate en condiciones de invernadero. El estudio se llevó a cabo en la Quinta Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en las que se aplicó micorrizas en dosis de: 25 kg/ha, 50 kg/ha y 100 kg/ha y un testigo. La aplicación de micorrizas mejoró significativamente la cantidad de micorrizas en el suelo y disminuyó la conductividad eléctrica del mismo. Además, mejoró el crecimiento de las plantas de tomate, aumentando el peso de la masa radicular y la altura de las plantas en el tratamiento con 50 kg/ha de micorrizas. El número de frutos, peso del fruto y rendimiento incrementó significativamente en un 75.09%, 60.32 % y 61.17 % respectivamente, con la aplicación de micorrizas en dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha. Así mismo, hubo mejora en su firmeza, pH y contenido de sólidos solubles en dosis de 50kg/ha y 100 kg/ha, lo que indica un mayor nivel de azúcares y una mejor calidad organoléptica. También el contenido de vitamina C aumentó con la aplicación de micorrizas en dosis de 25 kg/ha, proteína y días de vida postcosecha aumentó con la aplicación de 100 kg/ha de micorrizas. Este trabajo demuestra que la aplicación de micorrizas podría ser una alternativa para mejorar la producción y calidad nutricional del tomate bajo invernadero en Loja.

Palabras clave: micorrizas, suelo, crecimiento, producción, calidad nutricional, tomate.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most important vegetables worldwide. Its intensive production generates a dependence on chemical fertilization, affecting soil and food quality. As an alternative, the use of biostimulants, which have been shown to improve crop growth and quality, is proposed. In this context, the present research aimed to evaluate the effect of biostimulation with mycorrhizae on soil, growth, production and nutritional quality of tomato under greenhouse conditions. The study was carried out at the La Argelia Experimental Farm of the National University of Loja, under a completely randomized design with four treatments in which mycorrhizae were applied at doses of: 25 kg/ha, 50 kg/ha and 100 kg/ha and a control. The application of mycorrhizae significantly improved the amount of mycorrhizae in the soil and decreased soil electrical conductivity. It also improved the growth of tomato plants, increasing root mass weight and plant height in the treatment with 50 kg/ha of mycorrhizae. The number of fruits, fruit weight and yield increased significantly by 75.09%, 60.32% and 61.17%, respectively, with the application of mycorrhizae at doses of 50 kg/ha and 100 kg/ha. Likewise, there was an improvement in firmness, pH and soluble solids content at doses of 50 kg/ha and 100 kg/ha, indicating a higher level of sugars and a better organoleptic quality. Also, vitamin C content increased with the application of mycorrhizae at a dose of 25 kg/ha, protein and days of post-harvest life increased with the application of 100 kg/ha of mycorrhizae. This work demonstrates that the application of mycorrhizae could be an alternative to improve the production and nutritional quality of tomato under greenhouse in Loja.

Key words: mycorrhizae, soil, growth, production, nutritional quality, tomato.

3. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum*) pertenece a la familia Solanácea, es una de las hortalizas cultivadas más importantes en el mundo, los dos principales destinos de la producción son de consumo fresco y de industrias teniendo un consumo per cápita de 20.2 kg (Pérez et al., 2020). En el Ecuador el cultivo de tomate de riñón cultivado en condiciones de invernadero es de suma importancia en la región de la Sierra central, particularmente en diferentes zonas de la provincia de Tungurahua en el que se encuentra el 60 % de la producción. Según el III Censo Nacional Agropecuario el área total sembrada es de 3 054 ha y el consumo per cápita es de 4 a 5 kg (Pinchao, 2019).

Esta hortaliza es una fuente significativa de vitaminas, minerales y fibra, que son de mucha importancia para la nutrición y la salud humana; así mismo, tiene diversos nutrientes, ácido ascórbico, vitamina E, flavonoides, ácidos fenólicos y carotenoides, y es la esencial fuente de licopeno para el ser humano (Ceballos & Vallejo, 2018). Por ello la búsqueda de la calidad interna es uno de los principales objetivos del mercado de tomate fresco.

La producción intensiva de los productos vegetales ha provocado una dependencia excesiva de la fertilización química, debido a que es una opción rápida de brindar a las plantas nutrientes esenciales; sin embargo, en su mayoría es poco eficiente, puesto que gran parte del fertilizante aplicado se libera al medio ambiente, se da la escorrentía y muchas veces deja de estar disponibles para las plantas en un periodo corto de tiempo además que genera problemas de inocuidad y deterioro de la calidad de los alimentos, como la acumulación de nitratos en los productos vegetales (Adame - García et al., 2022). Además, los agricultores no emplean productos sostenibles y que mejoren las características físicas y químicas de los suelos lo que repercute en la microflora del suelo, entre los que se destacan los microorganismos eficientes (Saltos, 2022).

A causa de estos problemas se plantea las opciones de utilizar fertilización orgánica, bioestimulantes y microorganismo. Sin embargo, el uso de la fertilización orgánica siempre se asocia con menor rendimiento de los cultivos y, por lo tanto, mayor costo. De tal forma que, la fertilización química no se puede excluir por completo si se pretende una producción considerable de alimentos. Por tal motivo, una alternativa que se puede utilizar es el manejo integrado de nutrientes, que no pretende eliminar por completo la fertilización química de manera inmediata, sino que sugiere el uso de inoculantes microbianos para reducir la cantidad de fertilizantes aplicados (Ye et al., 2020).

Los bioestimulantes microbianos son productos a base de hongos micorrícicos y no micorrícicos, bacterias endosimbióticas y rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal (Calvo et al., 2014). Estos reducen las enfermedades causadas por fitopatógenos, disminuyendo las fuentes de alimento por competencia de espacio y/o nutrientes, producen compuestos antimicrobianos y estimulan los mecanismos de defensa de las plantas entre ellos se encuentra la trichoderma y las micorrizas. También, promueven el crecimiento de las plantas, mejoran la calidad de los frutos y aumentan el rendimiento en los cultivos a través de la producción de fitohormonas y disponibilidad de fosfatos y otros minerales necesarios para el metabolismo de las plantas (Velasco et al., 2019).

Considerando lo anteriormente descrito, aplicar microorganismos benéficos es una alternativa viable y sustentable para las producciones, ya que constituyen un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable. Reducen los insumos externos, mejoran la cantidad y calidad de los recursos internos, así como garantizar mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes minerales (Carrillo et al., 2020).

Lo mencionado anteriormente el uso de micorrizas como bioestimulantes para el suelo, crecimiento y la calidad nutricional del tomate podría ser una solución para el uso excesivo de productos químicos que dañan el microbiota del suelo y es perjudicial para el medio ambiente.

Objetivo general:

- Determinar el efecto de la bioestimulación con micorrizas en el suelo, el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la bioestimulación con micorrizas en el suelo y crecimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero.
- Determinar la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate aplicando micorrizas en condiciones de invernadero.

4. Marco teórico

4.1.Generalidades del cultivo de tomate

El origen del tomate (*Solanum lycopersicum*) está dada en la región Andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Eventualmente desde aquel lugar fue trasladada a América Central y México, en donde se domesticó (López, 2016).

El tomate es una de las hortalizas que tiene una gran diversidad genética, y existen muchas variedades que tienen diferente aspecto, color y sabor, incluso de una demanda que sube continuamente y, con ella su producción y comercialización (Allende et al., 2017).

Los rendimientos mayores a su vez, son resultado de la agregación de altas tecnologías de cultivo, que posibilitan el manejo de los factores climáticos y recursos naturales en conjunto al manejo y prácticas agronómicas del cultivo. Esto permite la gran oferta de tomate en todo el año (Allende et al., 2017).

En Ecuador, el cultivo de tomate tiene una gran rentabilidad, lo que permite que se experimente un sostenido desarrollo, con la incorporación de tecnologías importadas. Se puede cultivar a campo abierto y en invernadero, desde una latitud del nivel del mar hasta una altura de 3200 msnm; en zonas tropicales, valles y en zonas andinas en condiciones de invernadero (Allende et al., 2017).

4.2.Importancia del cultivo de tomate

Estimaciones dadas por la FAO muestran que el tomate es la hortaliza mayormente cultivada y de mucha importancia en el mundo, donde el consumo fresco e industria son los dos principales destinos de producción, logrando en el año 2013; 4.7 millones de ha y una producción de 164 millones de toneladas (t) (Allende et al., 2017).

El consumo *per cápita* se ha intensificado continuamente, de 15.4 kg en 2001 a 20.2 kg en 2011 en todo el mundo; en Estados Unidos de América es de 41 kg. En México, el consumo *per cápita* esta por los 15 kg/año y algunas de las variedades más consumidas son saladette, bola y cereza o cherry (FIRA, 2016).

El tomate es un cultivo temporal en el Ecuador. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo Imbabura es la provincia con mayores cifras si se trata de tomate; teniendo una superficie de 265 ha cultivadas y una producción anual de 19 073 t/año (Vera, 2022).

En la provincia de Carchi se logró 5 112 t en 184 ha cultivadas y Cañar con resultados de 3 515 t en una superficie de 101 ha. El consumo per cápita de tomate riñón en Ecuador es de 5 kg al año por persona (Vera, 2022).

4.3. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de tomate

4.3.1. Suelo

El suelo debe contar con un buen drenaje, con un alto contenido de materia orgánica. En aquellos suelos arcillosos y arenosos, se desarrolla con una profundidad mínima de 40 cm (Allende et al., 2017).

4.3.2. pH del suelo

El pH óptimo del suelo debe oscilar entre 6 y 6.5 para que de esta manera la planta se desarrolle y obtenga los nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden variar desde ligera a medianamente alcalinos hasta ligeramente ácidos. De la misma manera ocurre con la salinidad, del agua de riego como del suelo, incluso en suelos enarenados (Allende et al., 2017).

4.3.3. Temperatura

El tomate es una hortaliza de estación cálida, la temperatura óptima puede variar desde 18 °C hasta los 30 °C, por ende, el cultivo cuando está al aire libre se da en climas templados. Bajas temperaturas de 10 °C afectan directamente a la formación de flores y las temperaturas superiores a 35 °C pueden llegar a afectar el periodo de fructificación. Igualmente, es determinante para la producción la temperatura nocturna, ya que, cuando es inferior a 10 °C empieza a dar problemas en el crecimiento de la planta y frutos, de esta manera ocurre las deformidades (Allende et al., 2017).

4.3.4. Humedad

La humedad necesaria para el buen desarrollo del tomate debe oscilar entre 60 % y 80 %, humedades relativas muy mayores favorecen para que se desarrolle enfermedades fungosas y bacterianas. También está vinculado al agrietamiento de fruto o “rajado”, cuando se presenta un período de estrés hídrico y luego se produce un exceso de humedad en el suelo por riego abundante (Allende et al., 2017).

4.3.5. Horas luz

La luminosidad juega un papel crucial en el cultivo del tomate debido a que los tomates necesitan al menos seis horas de luz solar directa al día para florecer. Estos valores disminuidos pueden tener un efecto perjudicial en este proceso y concepción (Allende et al., 2017).

4.4. Fenología del cultivo de tomate

La variedad y las condiciones climatológicas de la zona donde se establece el cultivo determinan la fenología (Haifa, 2014).



Figura 1. Fenología del cultivo de tomate.

En la figura 1 se muestra la fenología del cultivo de tomate donde presenta cuatro etapas fundamentales en donde inicia con la etapa vegetativa en los primeros treinta a cuarenta y cinco días después de la siembra de la semilla, luego de los cuales las plantas inician su desarrollo continuo. De los 45 a 60 días se presenta la etapa de la floración y cuaje del fruto. El cuaje ocurre cuando la flor fecunda e inicia el proceso de convertirse en fruto. A partir del día 90 el fruto se desarrolla hasta los dos o tres grados de madurez, el crecimiento del fruto y la acumulación de materia seca muestran un ritmo razonablemente constante (López, 2016). Finalmente, en el día 120 se da la cosecha cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas. Después del trasplante, la cosecha se mantenía moviéndose hasta llegar a los 180 a 210 días (Haifa, 2014).

4.5. Manejo agronómico

4.5.1. *Trasplante*

El trasplante debe llevar a cabo durante períodos matutinos cuando el sol no se calienta. Cuidar de que las raíces no tengan espacios con aire al colocar las plántulas en el surco, sino que deben estar en contacto con el suelo; además de tener el riego correspondiente (Mejía, 2022).

4.5.2. *Tutorado*

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida. Se colocan en el centro de cada cama, con una distancia entre postes que oscila entre 2.5 y 3 m. Se recomienda penetrar los postes a una profundidad de 40 cm o 50 cm y una altura de 2.5 m para brindar un mejor soporte a las plantas y facilitar su eventual desarrollo (López, 2016).

4.5.3. Podas

El objetivo es restringir el número de tallos productivos y la cantidad de frutos por planta, con el fin de controlar el desarrollo de la planta y obtener frutos de mayor calidad y con mejor cuajado (López, 2016).

4.6. Propiedades nutritivas del tomate

4.6.1. Licopeno

Existe en la naturaleza como un pigmento liposoluble natural que da a algunas frutas y verduras sus colores rojo y naranja. Está compuesto únicamente por plantas y microorganismos, y una de sus principales funciones es absorber la luz durante la fotosíntesis para proteger a la planta de la fotosensibilización (Cruz et al., 2013).

Una de sus principales fuentes de licopeno es tomate (80-90 %), un producto básico que es se cree que es saludable debido a su Bajo contenido de kilocalorías y grasas como su contenido en fibra, proteínas, vitaminas E, Un C, y potasio. Se utiliza de muchas maneras diferentes alrededor el mundo (Cruz et al., 2013).

4.6.2. Vitamina

Entre las vitaminas que contiene el tomate destacan las del grupo B, A, K, C y E. Los niveles de vitamina C en los diferentes cultivos de tomate varían dependiendo de diversos factores, tales como cambios estacionales, intensidad, duración y calidad de la luz, y según la variedad. Sin embargo, los tomates son una fuente valiosa de vitamina C, incluso cuando estos factores no tienen un impacto (Navarro & Periago, 2016).

4.6.3. Acidez titular

Esta influye en el sabor de la fruta. La acidez general suele variar entre 3.5 y 2.0 g L⁻¹ de azufre y entre 25 y 30 g L⁻¹ de azúcar reductor (Alarcón, 2013).

4.6.4. Grados brix

Este indicador se sitúa entre 4.5 y 7.5 °Brix en la mayoría de las variedades y puede estar afectado por otros elementos como el clima, el riego, el estado de madurez de los frutos y otros. En el caso del puré, este parámetro fluctúa entre 5 y 18 °Brix en pastas y concentrados de tomate (Alarcón, 2013).

4.7. Bioestimulación

El uso de bioestimulantes, que se definen como sustancias o microorganismos aplicados a las plantas, incrementa su absorción y asimilación de nutrientes, su tolerancia al estrés o

mejoran sus características agronómicas, independientemente del contenido de nutrientes que aporten, es una de las alternativas orgánicas para estimular los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. Entre los bioestimulantes más utilizados se encuentran el vermicompost, sus productos lixiviados y los microorganismos eficaces (Ardisana et al., 2020).

4.8. Clasificación de los bioestimulantes de vegetales

Esta dada una clasificación en general de los bioestimulantes considerando características como su naturaleza y su fuente de origen.

Según su naturaleza se clasifican en: naturales que de dentro de este grupo están los compuestos fenólicos, ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados proteicos y dentro del grupo de bioestimulantes con microorganismos se encuentran los *Glomus intraradices*, *Trichoderma atroviride*, *Heteroconium chaetospora*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Micorrizas spp* (García - Morales et al., 2021).

4.9. Bioestimulación con micorrizas

Los hongos que se utilizan más en los biofertilizantes son las micorrizas y los hongos del género *Trichoderma*, las micorrizas son capaces de realizar asociaciones simbióticas con el 90 % de las plantas totales del planeta, aumentando las raíces secundarias y estas a la vez ayudan en la captación del agua y de los nutrientes que están en el suelo, ayudan a la planta a tolerar el estrés que se pueda dar por los cambios bióticos y abióticos y a ser más resistentes a la infección por patógenos (González, 2021).

4.9.1. Tipos de micorrizas

Las micorrizas se clasifican por sus características morfológicas del hongo que puede ser la forma o tipo de, además del nivel de penetración que pueda ejercer en la raíz o el tejido, así también como los taxones involucrados. Existen de manera consensuada, dos tipos de micorrizas en cuanto al nivel de penetración de las hifas en las células de la raíz: endomicorrizas y ectomicorrizas. En cuanto a sus formas intermedias están las ectendomicorrizas. Dentro de las endomicorrizas se describen diferentes subtipos: monotrofoide, ericoide, orquideoide y micorrizas arbusculares (Saparrat et al., 2020).

4.9.2. Antecedentes de las micorrizas en las plantas

Se ha realizado estudios donde se inocula el hongo micorrízico *R. intraradices* a plantas de tomate en condiciones de sombra y con un sistema de fertirriego en donde se obtuvo resultados como el incremento del contenido de clorofila, altura de planta y la colonización micorrízica. Además, el mismo inoculante fue capaz de elevar la calidad del fruto, la longitud,

diámetro y peso de fruto en comparación con las plantas que no fueron inoculadas. Hubo un aumento del 30 % en la producción del fruto (Carrillo et al., 2018).

También Schubert et al., (2020) en un estudio realizado denominado “Efectos de la micorrización arbuscular en la calidad del fruto en la producción industrializada de tomate” menciona que el tomate cuando ya ha sido industrializado surge una disminución en los sabores y en la calidad nutricional esto debido al mejoramiento convencional de la especie. Por ende se inoculo con *Rhizophagus irregularis* plantas de tomate cultivadas bajo diferentes concentraciones de fosfato y sustratos que son usados para producir tomates destinados a la industrialización dando como resultados que los frutos rojos de las plantas inoculadas en comparación a las plantas no micorrícicas tienen valores más altos en grados brix además de tener mayor nivel de carotenoides finalmente los aminoácidos libres mostraron cuatro veces más alto en los frutos rojos de las plantas micorrícicas quedando demostrado que la micorrización tiene gran potencial para aumentar el valor o calidad nutricional del tomate en la producción destinada a la industrialización.

5. Metodología

5.1. Localización del proyecto.

La presente investigación se desarrolló en el invernadero de la Quinta Experimental la Argelia, de la Universidad Nacional de Loja, sector la Argelia, cantón y provincia de Loja (Figura 2). Geográficamente, se encuentra ubicado a 04° 02' 19" latitud Sur y 79° 11' 59" longitud Oeste, a una altitud de 2150 m s.n.m. (PDOT Loja, 2014).

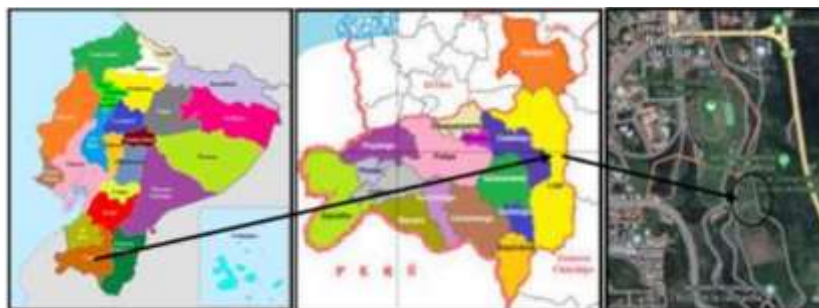


Figura 2. Localización del ensayo del tomate bajo invernadero.

5.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental debido a que se determinó los efectos de la bioestimulación con micorrizas en el cultivo de tomate con diferentes dosis. Tiene un enfoque cuantitativo debido a que se midió las diferentes variables morfológicas, fisiológicas, y nutricionales que posteriormente fueron analizadas estadísticamente. Además, tiene un alcance descriptivo porque se analizó cada variable a medir.

5.3. Diseño experimental

En esta investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA) utilizando diferentes dosis de micorrizas: 50 %, 100 % y 200 % de la dosis recomendada por la empresa responsable del producto Orgevit, donde 50 % corresponde a 25 kg/ha (0.5 g/planta), 100 % corresponde a 50 kg/ha (1 g/planta) y 200 % corresponde a 100 kg/ha (2 g/planta), además de un testigo donde no se aplicó ninguna micorriza, dando un total de 4 tratamientos. Como fuente de micorrizas se usó el producto comercial ORGEVIT, el cual se aplicó al momento de trasplantar. De cada tratamiento se realizó 4 repeticiones, cada unidad experimental está integrada por cinco plantas,5 teniendo como resultado 16 unidades experimentales (Figura 3 y Tabla 1).

El modelo matemático de un solo factor en DCA para este diseño es:

$$Y=U + Ti + Bj + Eij$$

Donde:

Y = variable de respuesta

U = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = error experimental de la unidad j del tratamiento i

Tabla 1. Descripción de los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas en el cultivo de tomate bajo invernadero

Tratamiento	Dosis de micorrizas	Dosis de micorrizas kg/ha	Dosis de micorrizas g/planta
1	Micorrizas 50%	25 kg/ha	0.5 g/planta
2	Micorrizas 100%	50 kg/ha	1 g/planta
3	Micorrizas 200%	100 kg/ha	2 g/planta
4	Testigo 0%	0 kg/ha	0 g/planta

La figura 3 muestra el esquema de campo de los tratamientos, como están ubicados; el color amarillo representa la repetición 1, el color verde representa la repetición 2, el color azul representa la repetición 3 y el color naranja representa la repetición 4, estos están ubicados en un diseño completamente al azar, en donde la unidad experimental es la fila que cuenta con 5 plantas.

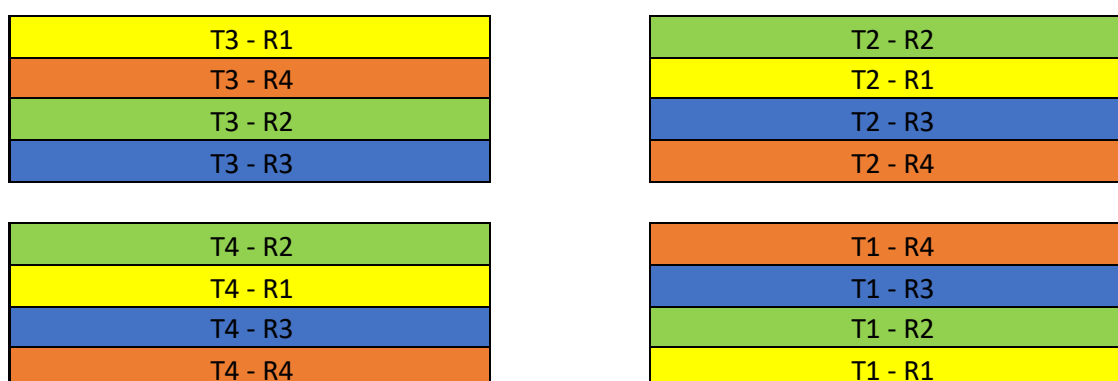


Figura 3. Esquema de campo experimental del cultivo de tomate bajo invernadero.

5.4. Material vegetal

La implementación del cultivo se realizó en el invernadero de la quinta experimental la Argelia, se utilizó tomate híbrido la variedad Bueno que es una de las variedades más usadas

en la zona de estudio. Estas fueron trasplantadas en fundas de 18 x 16 pulgadas con una mezcla de sustrato a base de tierra agrícola, arena y cascara de arroz en una proporción de 2:1:1 respectivamente.

Previo al trasplante, se realizó un análisis químico del sustrato, para lo cual se tomó muestras del sustrato donde se sembró y se envió a realizar un análisis completo del suelo en el laboratorio de NemaLab de esta manera conocer los niveles de fósforo, zinc, cobre, hierro, manganeso, potasio, calcio y magnesio que contiene el sustrato.

La fertilización complementaria se realizó de manera homogénea para todos los tratamientos incluyendo al testigo según los requerimientos por fase fenológica y en base a los resultados del análisis de suelo.

El manejo agronómico y sanitario del cultivo se lo realizó de acuerdo a como se vayan dando los problemas sanitarios.

5.5. Uso de producto a base de micorrizas.

El bioestimulante que se empleó en esta investigación es un producto apto para la agricultura orgánica, certificado por USA – NOP (OMRI), dado para brindar a los agricultores alternativas sostenibles a la fertilización química. Orgevit es un fertilizante orgánico a base de materia seca, materia orgánica total, nitrógeno total, fósforo, potasio, carbón orgánico, magnesio, azufre, calcio, ácidos húmicos y micorrizas las cuales se encuentran en 100 mil esporas por lb. La aplicación de las micorrizas se realizará durante el trasplante del tomate.

5.6. Metodología para el primer objetivo: “Evaluar el efecto de la bioestimulación con micorrizas en el suelo y crecimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero”

Para evaluar la bioestimulación de las micorrizas en el suelo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero” se midió las siguientes variables:

5.6.1. pH del suelo

Se midió el pH es decir la acidez o alcalinidad de la solución del suelo a una escala de 0 a 14, este se lo realizó tomando 20 ml de muestra del suelo y agregar 50 ml de agua destilada, agitar por 5 minutos a 40 rpm, dejar reposar por 30 minutos y luego leer en el potenciómetro previamente estandarizado, este proceso se realizó para cada uno de los tratamientos iniciando la siembra y luego al finalizar el proyecto.

5.6.2. Conductividad eléctrica del suelo

Para determinar el contenido de sales solubles presentes en el suelo se tomó aproximadamente 20 g de suelo y se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó por 5 minutos a 40 rpm y se dejó reposar por 30 minutos y luego se leyó en el equipo previamente estandarizado, este proceso se realizó para cada uno de los tratamientos iniciando la siembra y luego al finalizar el proyecto.

5.6.3. Micorrizas presentes en el suelo

Para medir este parámetro primero se tomó 3 muestras de suelo por cada tratamiento, cada muestra de 453.59 g, en total 12 muestra, estas se llevó al laboratorio de Sanidad Vegetal y se colocó sobre papel aluminio limpiando raíces y piedras, luego se pesó 10 g y se agregó 1000 ml de agua destilada en un vaso de precipitación, esta solución se pasó por el tamiz número 500, 250, 125, 40 posterior lo que queda en el último tamiz se pone en un tubo de ensayo y se agregó el agar que está preparada de 70 g de sacarosa y 30 ml de agua destilada y a continuación se centrifugó por 5 min, finalmente la solución se colocó en una caja de Petri y se contó las micorrizas con ayuda del estéreo.

5.6.4. Peso de masa radicular

Para medir se sacó 3 raíces de cada tratamiento en total 12 raíces, luego se lavó completamente para eliminar la tierra y se pesó en la balanza gramera.

5.6.5. Contenido de clorofila foliar.

Este parámetro se midió con un SPAD -520 plus de la marca KONICA MINOLTA y se realizó tomando como muestra 3 hojas, ubicadas bajo el racimo floral y las hojas intermedias, en el haz de la hoja entre el nervio principal y el borde. Se midió cada 15 días.

5.6.6. Altura de la planta

Esta variable se midió en dos plantas de cada repetición, en total por cada tratamiento se evaluaron 8 plantas, y se realizó con ayuda de un metro desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, la medición fue desde el trasplante cada 15 días hasta el final de la investigación.

5.6.7. Días a la floración

Se contó los días a partir del trasplante hasta la aparición del 50 % de las flores del primer piso productivo de cada uno de los tratamientos.

5.6.8. Días a la cosecha

Se contó los días que pasaron desde el trasplante hasta la primera cosecha de los frutos que hayan logrado la madurez necesaria para ser comercializado.

5.7. Metodología para el objetivo específico 2: “Determinar la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate aplicando microorganismos en condiciones de invernadero.”.

Para determinar la producción del cultivo de tomate aplicando microorganismos en condiciones de invernadero se midió las siguientes variables:

5.7.1. Número de frutos por planta

Se contó manualmente el número de frutos por cada racimo/planta una vez que obtuvieron una madurez fisiológica, primero se realizó por racimos posteriormente se sumó los frutos que tiene cada racimo y se obtuvo número de frutos por planta, las plantas evaluadas por cada repetición fueron 2 dando un total de 8 plantas evaluadas por tratamiento.

5.7.2. Peso del fruto por planta:

Se pesó 10 frutos por planta y se multiplicó por el número de frutos totales de cada planta. Esto se hizo en 2 plantas por cada repetición de cada tratamiento. Su unidad de medida fue kg/planta

5.7.3. Rendimiento

Para calcular el rendimiento, se multiplicó la densidad de la siembra por la producción de los frutos por planta expresada en kg y se dividió para 1 000 obteniendo así los rendimientos en t/ha.

5.7.4. Firmeza del fruto

Para medir esta variable se realizó con un penetrómetro con una punta cónica de 6 mm de diámetro, se midió en la región ecuatorial sobre la cutícula del fruto. Se tomó 12 frutos al azar de cada tratamiento, las lecturas se registraron en Newtons (N).

5.7.5. pH del fruto

Para la evaluación de este parámetro se tomó un fruto por cada repetición, total cuatro frutos por tratamiento, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento: se licuó el fruto, posteriormente se cernió el jugo del tomate para obtener la pulpa de la fruta y finalmente se colocó la punta del electrodo del pH metro en la pulpa del tomate y se registró el valor obtenido.

5.7.6. Sólidos solubles

Para la evaluación de este parámetro se tomó un fruto por cada repetición, total cuatro frutos por tratamiento, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento: se cortó el tomate por la mitad, se colocó el zumo del tomate en el refractómetro y se registra el valor obtenido para cada muestra.

5.7.7. Tiempo en percha

Se tomó 10 frutos por cada tratamiento y se contó los días desde que el fruto es cosechado a temperatura ambiente hasta observar la aparición de microorganismos o descomposición del mismo cuando ya no es apto para el consumo humano.

5.7.8. Vitamina C

Para la evaluación de estos parámetros se tomó 4 muestras, 1 kg por cada repetición en total 4 kg por tratamiento y se envió al laboratorio del INIAP de Santa Catalina.

5.7.9. Proteína

Para determinar el contenido de proteína del fruto se realizó mediante el método de Kjeldahl en el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Se tomó 5 fruto por repetición en total 20 frutos de cada tratamiento.

5.7.10. Acidez titulable

Para la evaluación de este parámetro se tomó 2 fruto por cada repetición, en total 8 muestras por tratamiento. La acidez titulable se determinó por el método 942.15 de la Association of Official Agricultural Chemical 1997 (A.O.A.C.)

5.8. Análisis estadístico.

Los datos tomados en cada evaluación se procesaron en el programa estadístico InfoStat, donde se realizó un análisis de varianza, además se realizó la prueba de significación de Tukey al 5 % para determinar si existe diferencias entre los cuatro tratamientos.

6. Resultados

6.1. pH del suelo

La figura 4 muestra el pH del suelo del cultivo de tomate, donde nos presenta mediante un análisis estadístico que no tiene diferencias significativas, sin embargo, destacamos que los tratamientos con aplicación de micorrizas a los 167 días después del trasplante se encuentran en el rango óptimo para que el cultivo de tomate se desarrolle de manera adecuada.

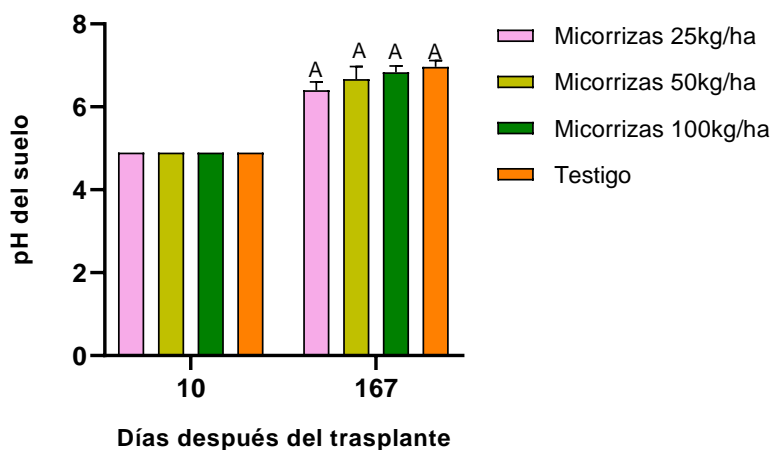


Figura 4. pH del suelo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.2. Conductividad eléctrica del suelo

En la figura 5 muestra la conductividad eléctrica del suelo del cultivo de tomate, donde presenta que existen diferencias significativas a los 167 días después del trasplante, donde el tratamiento micorrizas 25 kg/ha tiene una conductividad eléctrica de 0.22 ds/m mientras que el testigo tiene 0.52 ds/m disminuyendo la conductividad eléctrica en un 136.36 %.

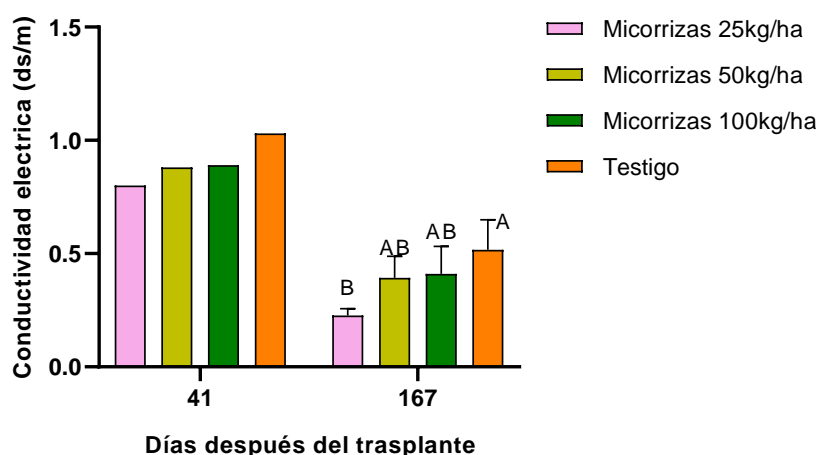


Figura 5. Conductividad eléctrica del suelo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.3. Micorrizas presentes en el suelo

La figura 6 muestra las micorrizas presentes en 1 g de suelo a los 99 días después del trasplante en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero. Se identificó diferencias significativas entre el tratamiento con la aplicación de micorrizas 50 kg/ha y el testigo presentando valores de 216.67 y 27 unidades de micorrizas/g de suelo respectivamente. El tratamiento con la aplicación de micorrizas 50 kg/ha aumento significativamente el número de micorrizas/g de suelo en las plantas de tomate en un 702.48% con respecto al testigo.

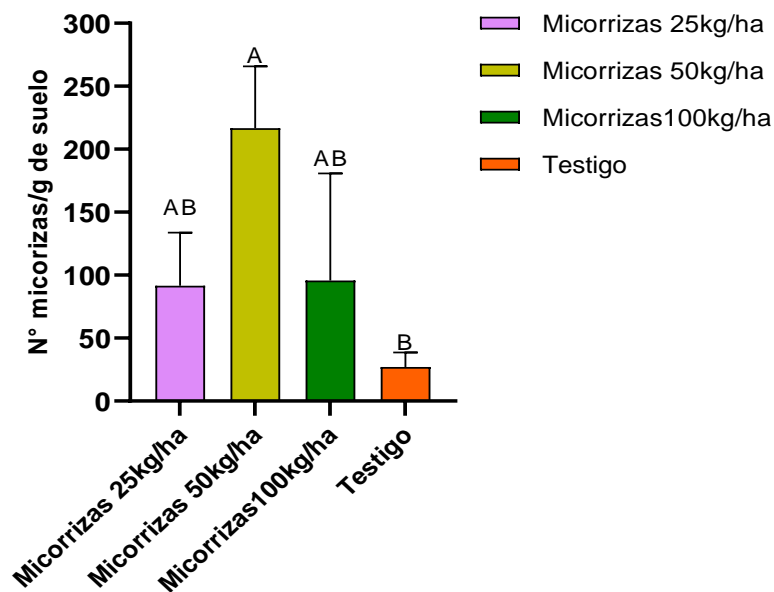


Figura 6. Micorrizas presentes en el suelo a los 99 días después del trasplante en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.4. Peso de la masa radicular

La figura 7 muestra el peso de la masa radicular a los 99 días después del trasplante del cultivo de tomate en condiciones de invernadero, en donde presenta diferencias significativas entre el tratamiento con aplicación de micorrizas 50 kg/ha con un peso de 84.8 g y el testigo con un peso de 43.7 g, El tratamiento con la aplicación de micorrizas 50 kg/ha aumento significativamente el peso de las raíces de las plantas de tomate en un 94.05 % con respecto al testigo.

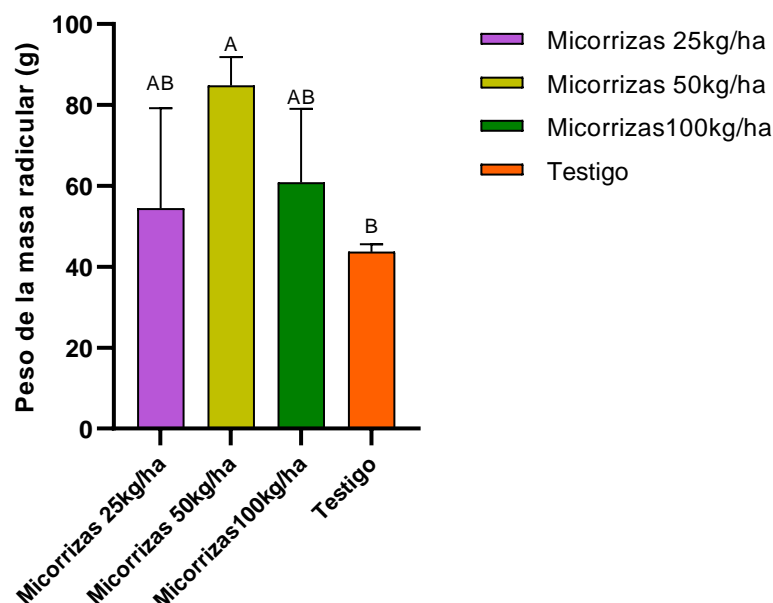


Figura 7. Peso de masa radicular a los 99 días después del trasplante del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.5. Contenido relativo de clorofila

La figura 8 muestra el contenido relativo de clorofila en la hoja de tomate, en donde los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) durante todo el ensayo, con valores de contenido de clorofila similares que oscilaron entre 66.49 y 64 unidades de SPAD. El contenido de clorofila aumenta con el crecimiento de la planta hasta los 99 DDT (maduración-primer cosecha) a partir del cual disminuye progresivamente.

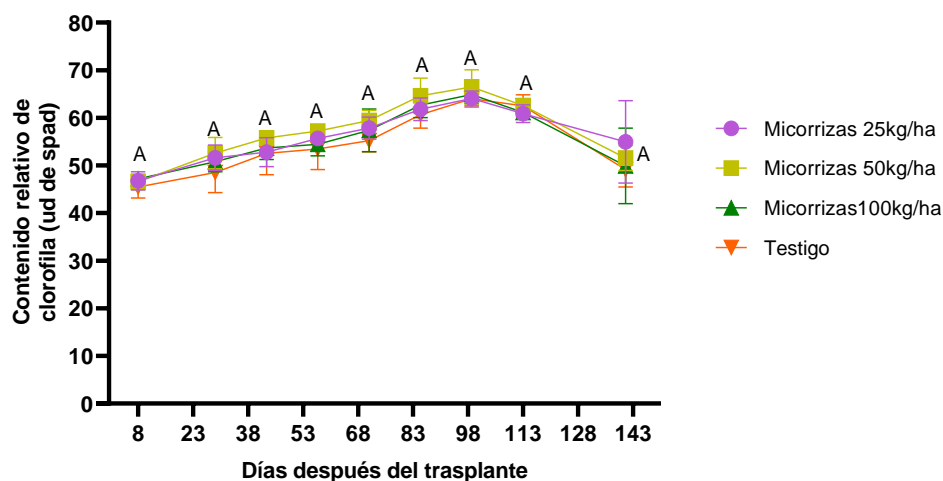


Figura 8. Contenido relativo de clorofila en la hoja de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.6. Altura de la planta

La figura 9 muestra la altura de la planta de tomate hasta el día 140 después del trasplante, donde los diferentes tratamientos no se observó diferencias significativas ($p > 0,05$),

presentando una altura similar, con un intervalo entre 82.5 y 114.63 cm de altura promedio. Sin embargo, al final del ensayo (143 DDT), los tratamientos con micorrizas aumentaron significativamente la altura de las plantas de tomate en un 35.6 % con respecto al testigo.

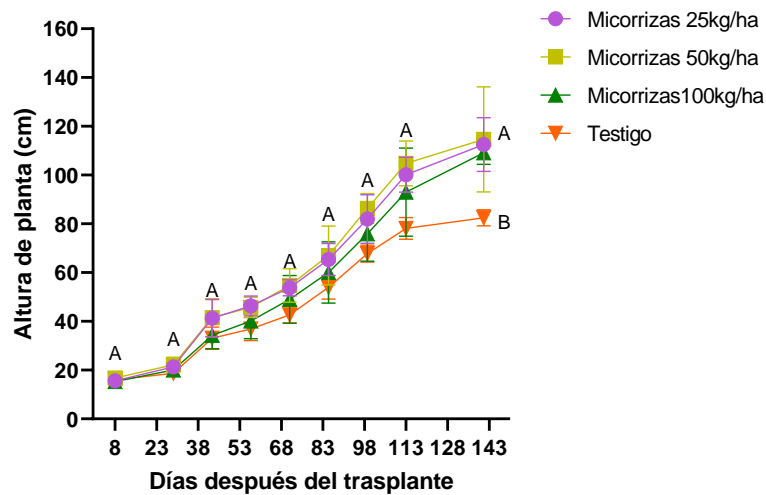


Figura 9. Altura de la planta en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.7. Fenología del cultivo de tomate

La figura 10 nos muestra los días transcurridos desde el trasplante hasta la floración y cosecha de los frutos, destacando que el tratamiento testigo fue el que tuvo mayores días hasta la floración y cosecha, mientras que el tratamiento con la aplicación de micorrizas en dosis de 100 kg/ha mostro una floración y cosecha más temprana.

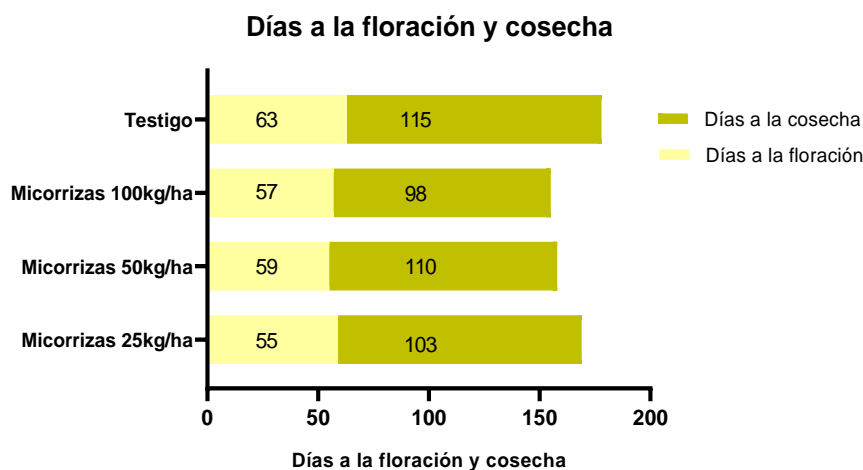


Figura 10. Días a la floración y cosecha del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.8. Número de frutos por planta

La figura 11 muestra el número de frutos planta del cultivo de tomate, en donde presenta diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de micorrizas y el testigo, los

tratamientos con micorrizas presentaron un promedio de 39.208 frutos y el testigo 23.75 frutos, incrementando el número de frutos por planta en un 75.09 %.

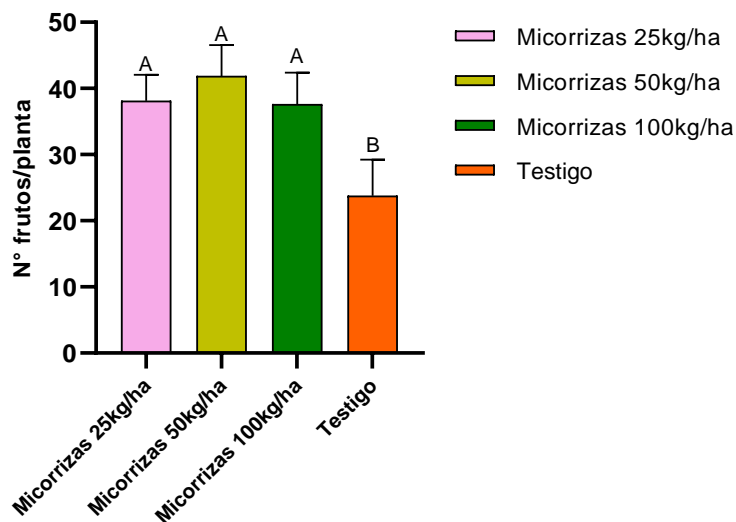


Figura 11. Número de frutos por planta del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.9. Peso del fruto por planta

La figura 12 muestra el peso del fruto por planta del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, en donde presenta diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de micorrizas de 50 y 100 kg/ha en comparación con el testigo, con valores promedios de 2.02 kg/planta en los tratamientos con micorrizas versus 1.26 kg/planta del testigo, mostrando un incremento en el peso de los frutos del 60.32 %.

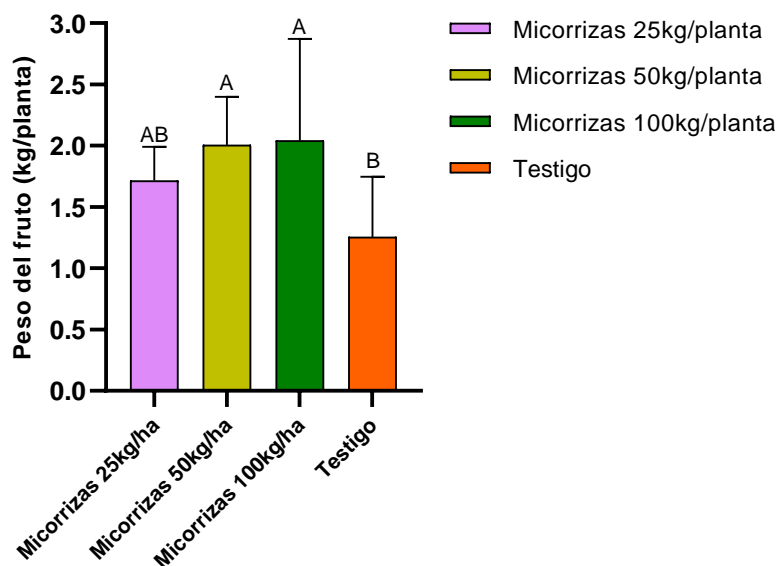


Figura 12. Peso del fruto por planta del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.10. Rendimiento

La figura 13 muestra que hubo un aumento significativo del 61.17 % del rendimiento del cultivo de tomate entre los tratamientos con aplicación de micorrizas 50 y 100 kg/ha en comparación con el testigo. Los tratamientos con micorrizas rendimiento promedio fue de 101.23 t/ha, mientras que con el testigo fue de 62.81 t/ha

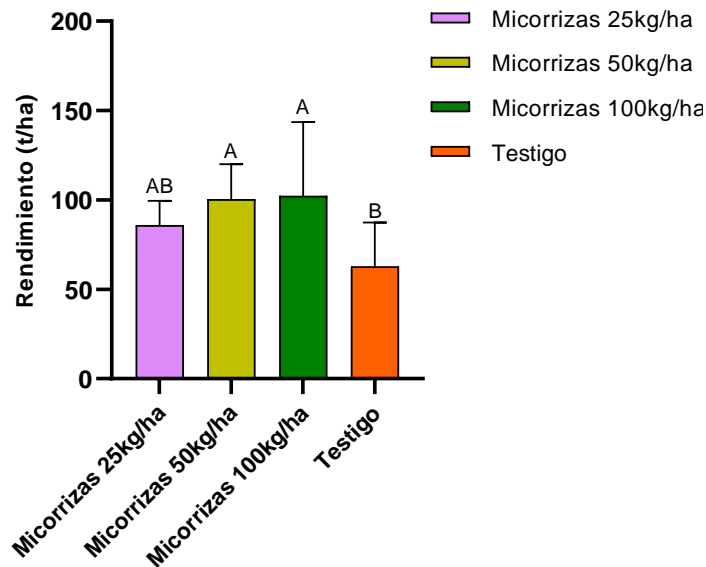


Figura 13. Rendimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.11. Firmeza del fruto

La figura 14 muestra que hubo diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de micorrizas 50 y 100 kg/ha en comparación con el testigo. Mostrando que los tratamientos con micorrizas tuvieron una firmeza del fruto promedio de 43.61 N y el testigo de 32.71 N, en donde aumento significativamente en un 33.32 %.

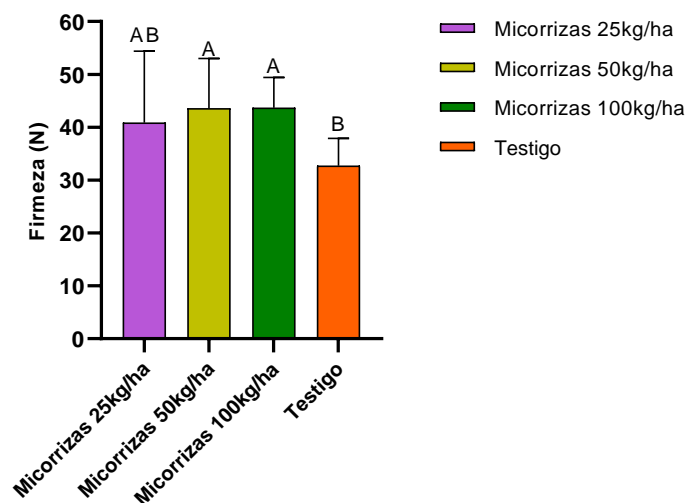


Figura 14. Firmeza del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.12. pH del fruto

La figura 15 presenta que existe diferencias significativas en el pH del fruto entre los tratamientos con aplicación de micorrizas en dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha con un valor promedio de 4.2 en comparación del tratamiento con aplicación de micorrizas en dosis de 25 kg/ha y el testigo que presenta un valor promedio de 3.88, aumentando significativamente en un 8.25 % este parámetro.

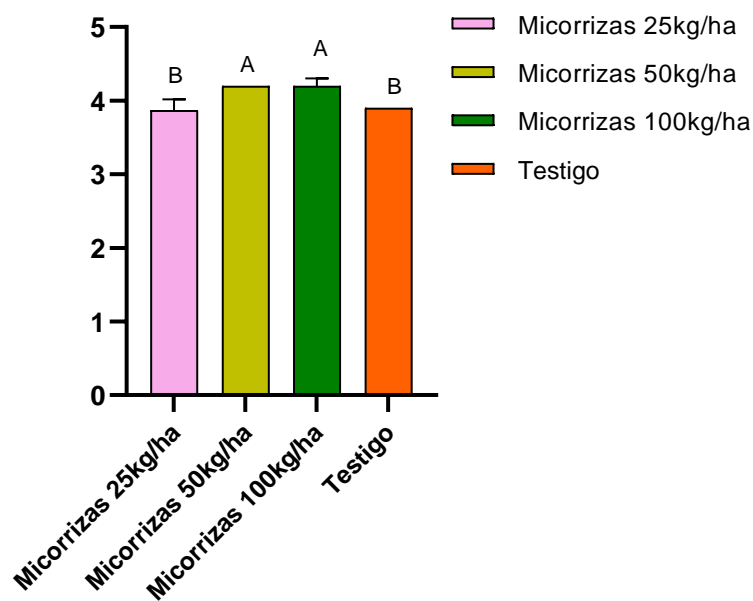


Figura 15. pH del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.13. Sólidos solubles

La figura 16 muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicación de micorrizas 25 y 50 kg/ha en comparación con el testigo, en donde los tratamientos con aplicación de micorrizas presentaron un valor de 7.88 °Bx y el testigo un valor de 5.72 °Bx aumentando significativamente en un 37.76 %. Este resultado indica que la aplicación de micorrizas puede mejorar la calidad del fruto, favoreciendo un mayor contenido de azúcares y compuestos solubles en el fruto de tomate.

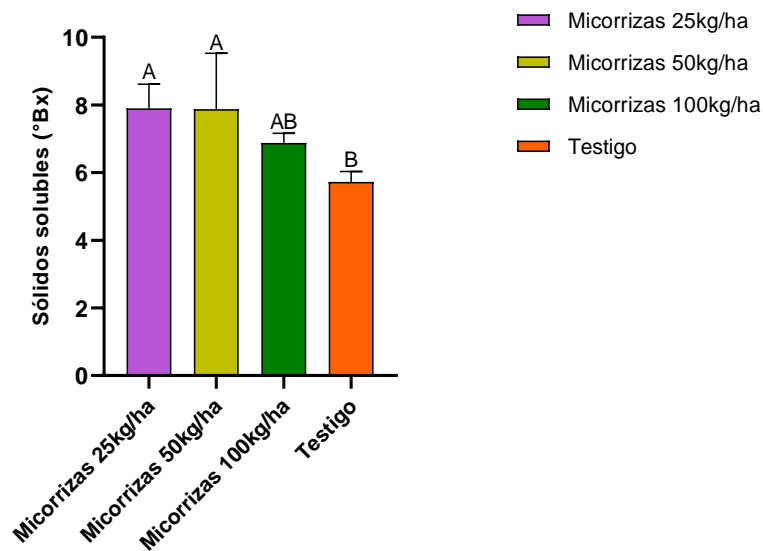


Figura 16. Sólidos solubles del fruto de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.14. Días de vida útil postcosecha

La figura 17 muestra que existe diferencias significativas en la vida útil postcosecha de los frutos de tomate, en donde los frutos de las plantas con dosis de 100 kg/ha presentan mayor vida útil postcosecha, con un promedio 47.8 días en comparación con los frutos de plantas con dosis de 25 kg/ha y del testigo los cuales presentaron una vida útil significativamente menor con un valor promedio de 23.75 días. Aumentando significativamente la vida útil de los frutos en postcosecha en un 101.26 %.

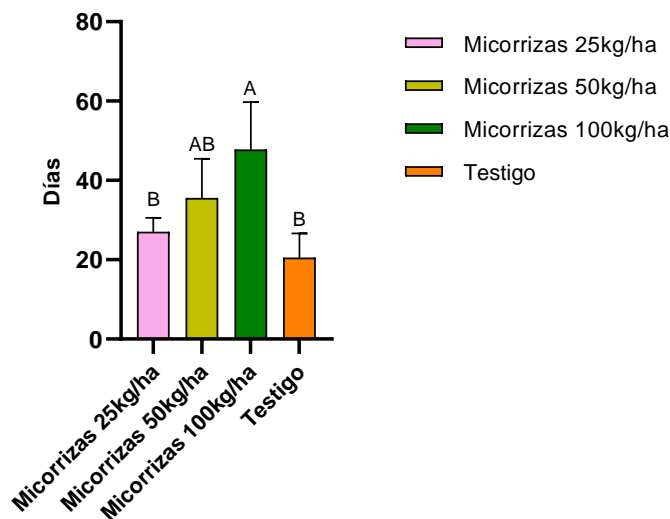


Figura 17. Vida útil postcosecha de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.15. Vitamina C

La figura 18 muestra que existe diferencias significativas en el contenido de vitamina C entre el tratamiento con aplicación de micorrizas en unas dosis de 25 kg/ha en comparación

con el testigo, en donde presentan valores de 34.64 mg/100g y 27.74 mg/100g respectivamente, aumentando en un 24.87 % este parámetro.

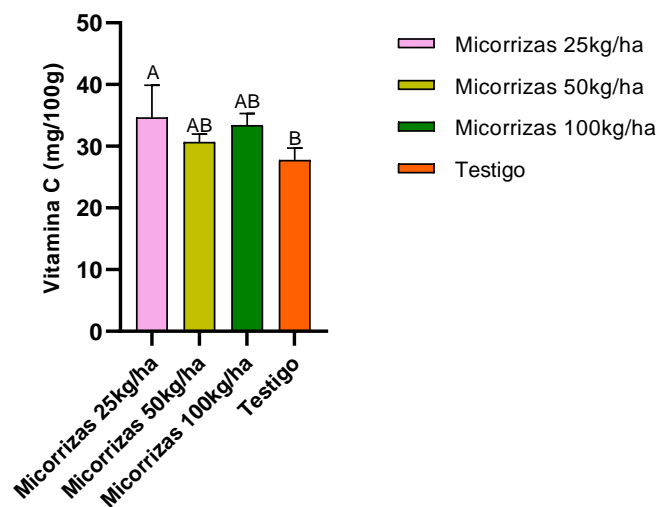


Figura 18. Contenido de vitamina C (mg/100g) en los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.16. Proteína

En la figura 19 se muestra el contenido de proteína en el fruto de tomate bajo diferentes tratamientos con aplicación de micorrizas y el testigo. Se observa que existe diferencias significativas entre el tratamiento con dosis de micorrizas al 100% con 1.15 % de proteína en comparación con el testigo con 0.80 % de proteína, incrementando la proteína en un 43.75 %

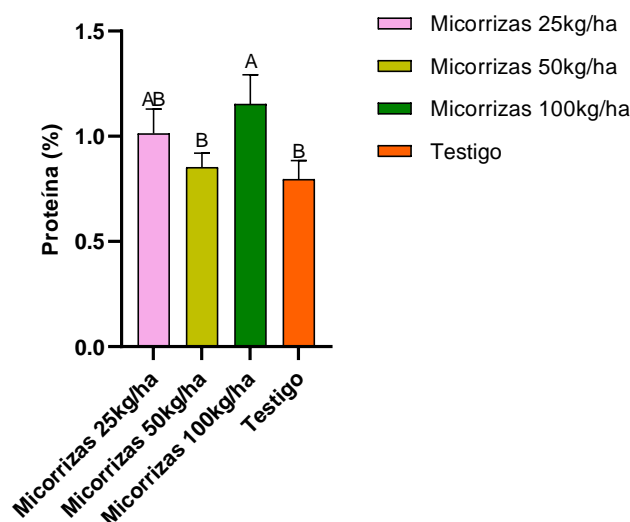


Figura 19. Contenido de proteína de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

6.17. Acidez titulable

En la figura 20 se presentan los resultados de acidez titulable en frutos de tomate, se observa que la acidez titulable varió entre tratamientos, con valores que oscilaron entre 0.49%

y 0.73%, en donde los tratamientos con aplicación de micorrizas en dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha presentan menor acidez titulable en comparación con el testigo y el tratamiento con la dosis más baja de micorrizas 25 kg/ha. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos.

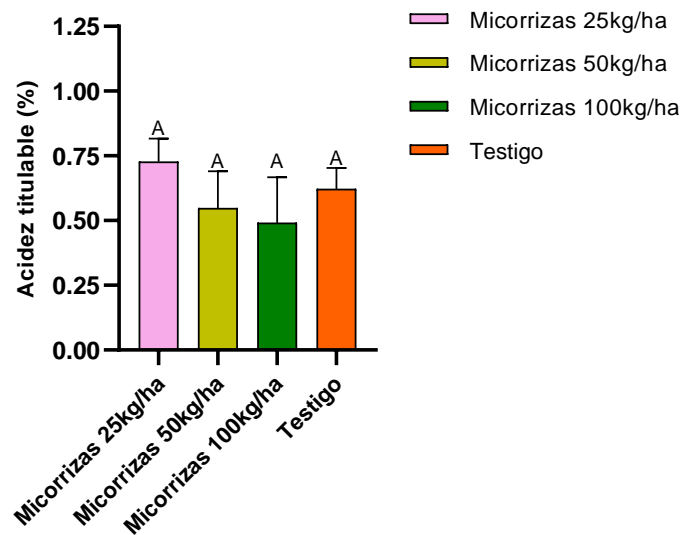


Figura 20. Acidez titulable de los frutos de tomate en condiciones de invernadero en Loja.

7. Discusiones

En este trabajo se analizó el efecto de las micorrizas en la producción y calidad de tomate bajo invernadero. Se determinó un efecto positivo de las micorrizas en las variables de crecimiento, producción y calidad.

El pH del suelo del cultivo de tomate no presentó diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos con aplicación de micorrizas a los 167 días después del trasplante se encuentran en el rango óptimo para que el cultivo de tomate se desarrolle de manera adecuada. En contraste, Gío-Trujillo et al., (2023) mencionan que en su ensayo el pH fue un parámetro del suelo que reportó diferencias significativas durante todo el ciclo del cultivo de calabaza a campo abierto, observando una relación positiva significativa entre el valor de pH y la colonización micorrícica. A niveles intermedios de pH, la materia orgánica del suelo, las reacciones minerales y las reacciones de intercambio ayudan a amortiguar el suelo es decir a estabilizar el pH cuando se agrega un elemento ácido o alcalino al suelo (Caamal, 2020).

La conductividad eléctrica del suelo del cultivo de tomate, presenta diferencias significativas a los 167 días después del trasplante, en donde el tratamiento comuna dosis de 25 kg/ha disminuyendo la conductividad eléctrica en un 136.36 % en comparación con el testigo, lo que sugiere un efecto positivo de la inoculación con micorrizas en la mejora de las propiedades químicas del suelo. Esto puede deberse a que la adición de microorganismos baja la conductividad eléctrica y modifica el tipo de sales dominantes en los suelos (Montaña, 2024). Además, García Fernández (2012) indican que los residuos orgánicos incrementan significativamente en la conductividad eléctrica indistintamente del principio del residuo y la cantidad de dosis aplicada y con el paso del tiempo, las cantidades de conductividad eléctrica se homogenizan en gran medida. Estos resultados discrepan con los de Restrepo García (2018) en donde menciona que, en el municipio de San Pedro de los Milagros, Colombia en el cultivo de rosas, no existió diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de micorrizas y el testigo presentando valores entre 1.67 y 2.13 dS/m.

A la final del ensayo, en cuanto a micorrizas por gramo de suelo el tratamiento con la aplicación de micorrizas 50 kg/ha presentó un mayor número valor de micorrizas/g de suelo en las plantas de tomate en un 87.54 % con respecto al testigo, lo que evidencia la presencia y supervivencia de micorrizas aplicadas en el suelo. Alvarado Carrillo et al., (2014) menciona que las plantas de tomate inoculadas en una estructura tipo casa sombra, en el municipio de Río Bravo, en México, alcanzaron 58 % de colonización micorrícica radical, siendo superior a

las plantas no inoculadas ($p= 0.001$). En algunos municipios de Antioquia, Colombia, se encontró un valor promedio de 363 esporas/g de suelo seco (Restrepo Giraldo et al., 2019).

El tratamiento con la aplicación de micorrizas 50 kg/ha aumento significativamente el peso de la masa radicular de las plantas de tomate en un 48.46 % con respecto al testigo. De igual manera esto coincide con lo reportado por Ramos Otiniano et al., (2021) en donde menciona que aumentó significativamente el peso de la raíz de la planta de tomate cultivada en el invernadero del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo en un 10.7 % en los tratamientos con micorrizas en comparación con el testigo debido a que en los tratamientos de 1.5 y 3 g de aplicación del inóculo se denota un incremento en la variable peso fresco de la raíz con valores de 7.77 y 8.316 g respectivamente con respecto al de 0 g que tuvo un peso de 7.18 gramos. De igual manera, Reyes-Pérez et al., (2020) afirma que la biomasa en las raíces de las plántulas de tomate cultivadas en el invernadero de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo presentó mejor respuesta con diferencias significativas con la utilización de los hongos micorrícicos arbusculares, en comparación con la aplicación de ácidos húmicos y quitosano debido a que este bioproducto logró el mejoramiento de la variable acumulación de biomasa de radicular.

Respecto al contenido de clorofila no existió diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, presentando valores similares que oscilaron entre 64 y 66.49 unidades de SPAD. Cabe destacar que el contenido de clorofila aumenta con el crecimiento de la planta de tomate hasta la maduración-primera cosecha, a partir del cual disminuye progresivamente. Estos resultados difieren con los de Alvarado Carrillo et al., (2014), quienes mencionan que las plantas de tomate inoculadas con micorrizas en una estructura tipo casa sombra, en el municipio de Río Bravo, en México, aumentaron significativamente el contenido de clorofila en un 12 % en comparación con el testigo, con valores promedios de 41.2 en los tratamientos con aplicación de micorrizas y 36.7 en el testigo, dichos valores son más bajos comparados con los de esta investigación.

Respecto a la altura de la planta, al final del ciclo de cultivo, a los 143 días se observó diferencias significativas entre los tratamientos con micorrizas y el testigo, alcanzando una altura promedio máxima de 111.87 cm. Alvarado Carrillo et al., (2014) mencionan que la altura de planta de tomate en una estructura tipo casa sombra, en el municipio de Río Bravo, en México, se incrementó un 12 % con la aplicación de micorrizas comparado con plantas que no fueron inoculadas con micorrizas. Se ha demostrado que los beneficios de simbiosis entre las

micorrizas y la planta, son la promoción de crecimiento vegetal y la protección contra enfermedades (Quiñones-Aguilar et al., 2019).

En cuanto a la fenología del cultivo de tomate el tratamiento con la aplicación de micorrizas en dosis de 100 kg/ha mostro una floración y cosecha más temprana mientras que el testigo fue el que tuvo mayores días hasta la floración y cosecha. Cabrera Ripalda & Tapuy Chimbo (2021) menciona de igual manera que los tratamientos con micorrizas en el recinto Chipe Hamburgo, de la parroquia El Triunfo, perteneciente al cantón La Mana en el cultivo de pimiento tuvieron un menor número de días a la floración en comparación con el tratamiento testigo aludiendo que las micorrizas además de suministrar a la planta de agua, nutrientes y minerales, estimula la producción de flores más temprano. Además, las micorrizas presentan un papel decisivo en la absorción del fósforo mineral, el mismo que está involucrado en varios procesos fisiológicos que afectan desde el crecimiento de raíces hasta la producción de flores y frutos (Franco Navarro, 2025).

La aplicación de micorrizas afecto significativamente a las variables productivas de número de frutos por planta, peso de frutos y rendimiento. El número de frutos planta del cultivo de tomate aumento con la aplicación de micorrizas en un 39.58 % entre en comparación con el testigo. De igual manera, Morales Guevara et al., (2018) indican que en la investigación realizada en el Instituto Nacional de Ciencias en las plantas de tomate micorrizadas Agrícolas, Cuba, en condiciones semicontroladas, superaron significativamente a aquellas que no recibieron ningún tratamiento, mencionando que las micorrizas una vez establecidas la simbiosis con las raíces de las plantas, producen sus hifas lo que constituye un alargamiento de las mismas aportándole en ambos casos un estado hídrico y nutricional más favorable. Así mismo, Ziane et al., (2021) concuerda que la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares ejercen un efecto significativo en el número de frutos de tomate en la localidad de Ben Amar, Argelia, en condiciones mediterráneas, en donde indicó un incremento de 23.60 % entre las plantas inoculadas y no inoculadas con micorrizas.

El peso del fruto por planta y el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero incrementó con aplicación de micorrizas de 50 y 100 kg/ha en comparación con el testigo, con un 37.95 % superior con aplicación de micorrizas versus el testigo. De igual modo, Alarcón et al., (2013) corrobora que en la Universidad de Granma (Cuba), en condiciones semicontroladas, la inoculación de micorrizas arbusculares produjo incrementos significativos en el rendimiento por planta en comparación con el tratamiento control. Lo que corrobora Ziane

et al., (2021) que las plantas de tomate inoculadas con micorrizas tuvieron mayor rendimiento en comparación con las plantas no inoculadas, con un incremento de 8.7 %. De igual manera Alvarado Carrillo et al., (2014) indica que el hongo micorrízico incrementó un 30% la producción de tomate.

En cuanto a las variables de calidad del fruto como firmeza, pH, sólidos solubles, vitamina C y proteína se evidenció un efecto significativo al aplicar micorrizas. La firmeza y pH de los frutos al aplicar micorrizas en dosis de 50 y 100 kg/ha aumentaron significativamente en un 25 % y 8.25 % respectivamente en comparación con el testigo. Estos resultados coinciden con los mencionados por Hernández (2012), en donde cita que en tomate Saladette (*Lycopersicon esculentum*) en campo abierto en General Cepeda, Coahuila los tratamientos con micorrizas obtuvieron un 15 % mayor firmeza y 16.48 % mayor pH con respecto al testigo. De igual modo Terry Alfonso et al., (2018) en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba, señala que los frutos de tomate son más fuertes y de mayor mesocarpio, con inoculación de micorrizas, resaltando la importancia de una nutrición adecuada para el mejor crecimiento de la planta, la composición del fruto y su resistencia durante el periodo de conservación. El pH en un tomate puede variar entre 4.0 y 4.5 si hay un pH más bajo, el sabor del fruto es más agrio o ácido (Yara, 2019).

En cuanto a la cantidad de sólidos solubles, la aplicación de micorrizas en dosis de 25 y 50 kg/ha puede mejorar esta variable en comparación con el testigo, con un aumento del 27.42 %. De igual manera, Schubert et al., (2020) corroboran estos resultados debido a que el análisis realizado en el invernadero del IPB en plantas de tomate mostraron una tendencia al aumento de los valores de grados brix de los frutos rojos de las plantas de tomate micorrizadas. Los hongos micorrízicos generan que las plantas puedan tener una mayor absorción de nutrientes, de esta manera mejora el metabolismo de la planta hospedante, influyendo sobre enzimas que tienen un papel fundamental en la degradación de carbohidratos de la pared celular, así en tal caso pueden producir azúcares simples que incrementa la concentración de sólidos solubles en los frutos (Sánchez-Hernández et al., 2023).

La vida útil postcosecha de los frutos de tomate aumentó significativamente en un 101.26 % en los frutos de las plantas con dosis de 100 kg/ha de aplicación de micorrizas en comparación con los frutos de plantas con dosis de 25 kg/ha y del testigo, deduciendo que a mayor cantidad de micorrizas se alarga la vida útil postcosecha de los frutos debido a que se

mejora firmeza del fruto, además existe una mayor absorción de nutrientes y protección contra patógenos que pueden deteriorar el fruto (Carrillo-Saucedo et al., 2022).

El contenido de vitamina C en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de micorrizas presenta diferencias significativas entre el tratamiento con micorrizas en unas dosis de 25 kg/ha en comparación con el testigo, aumentando en un 24.87 % este parámetro, además de que sugiere una posible tendencia positiva en el incremento de este compuesto con la aplicación de micorrizas. De igual modo, Nedorost & Pokluda (2012) observaron un efecto positivo de la inoculación de micorrizas, aumentando un 20 % el contenido de vitamina C en plantas de tomate cultivadas a campo abierto en macetas en la Facultad de Horticultura de Lednice. Así mismo, Alarcón Zayas (2013) menciona que los valores más altos de vitamina C en plantas de tomate cultivadas a campo abierto en Cuba se obtuvo en los frutos de las plantas que se aplicó micorrizas arbusculares en comparación con las plantas no micorrizadas, determinando que las micorrizas tuvieron una influencia positiva en este parámetro.

En cuanto a proteína en el fruto de tomate existe diferencias significativas entre el tratamiento con dosis de micorrizas al 100% en comparación con el testigo incrementando la proteína en un 43.75 %. Rolin (2022) presenta un valor de 0.51 % en contenido de proteína en el fruto de tomate, siendo menor al valor referencial proporcionado en las tablas del INCAP (2012) (1.20%). Esta diferencia puede deberse por las condiciones y manejo del cultivo, cosecha y post cosecha, así como al modo de preparación de las muestras para el análisis bromatológico. En esta investigación se determinó un valor de 1.15 % de proteína en el tratamiento con aplicación de micorrizas 100 kg/ha, siendo similar al reportado en las tablas de INCAP. Las micorrizas le permiten a la planta hospedero una mejor captación de agua y minerales especialmente los con baja disponibilidad en el suelo como es el caso del fósforo, que es un elemento fundamental en la síntesis de ATP, y este último es necesario para la producción de proteínas (Camargo-Ricalde et al., 2012).

Finalmente, en cuanto a acidez titulable de los frutos de tomate no se encontró un efecto con la aplicación de micorrizas. Cabe destacar que los tratamientos con dosis de micorrizas más baja y el testigo tuvieron mayor contenido de ácido cítrico en comparación con los tratamientos de micorrizas en dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha. Estos resultados no corresponden con los expuestos por Alarcón Zayas (2013) en donde plantea que los frutos de las plantas no micorrizadas de tomate incrementaron significativamente la acidez titulable en comparación con las plantas no micorrizadas. Así mismo, Buhai & Ciulca (2024) mencionan

que la acidez titulable de los frutos de plantas micorrizadas osciló entre 0.46 % mientras que en los frutos de las plantas no micorrizadas la acidez titulable osciló entre 0.546 %, mostrando que la micorrización tuvo un efecto negativo causando una disminución significativa del 15.75 % en comparación con las plantas no micorrizadas.

8. Conclusiones

La aplicación de micorrizas en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en Loja mejora las propiedades del suelo y el crecimiento de las plantas. La conductividad eléctrica del suelo se redujo significativamente con la aplicación de micorrizas en una dosis de 25 kg/ha, mejorando la disponibilidad de nutrientes y una menor acumulación de sales. De igual manera, la aplicación de 50 kg/ha mejoro el crecimiento de las plantas con un aumento de la masa radicular y la altura de las mismas, además se observó un inicio de floración y cosecha temprana.

En cuanto a los parámetros productivos, se registraron incrementos significativos en el número de frutos por planta (75,09%), en el peso total de frutos por planta (60,32%) y en el rendimiento (61,17%) en los tratamientos con aplicación de micorrizas en dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha respecto al testigo. En relación a la calidad del fruto se ha demostrado que los tratamientos con aplicación de micorrizas aumentan la firmeza del fruto (33.32 %) con aplicación de micorrizas en 50 kg/ha y 100 kg/ha, el contenido de solidos solubles (37.76 %) al aplicar micorrizas en dosis de 50 kg/ha y tiempo en percha (101.26 %) al aplicar micorrizas en dosis de 100 kg/ha. Finalmente, la vitamina C se incrementa con el uso de 25 kg/ha de micorrizas.

9. Recomendaciones

Se recomienda utilizar las micorrizas en dosis 50 kg/ha o 100 kg/ha como practica complementaria en el manejo nutricional de la planta debido a que en estas dosis se presentó se obtuvo un mejor crecimiento, rendimiento y calidad nutricional y a la vez disminuir el uso de la fertilización química, además de realizar un análisis de costos y determinar que dosis es más rentable utilizar para el agricultor.

La aplicación de micorrizas se tiene que realizar en etapa temprana o de trasplante, ya que favorece el establecimiento de la simbiosis y permite que las plantas aprovechen los beneficios desde fases iniciales.

Se debe realizar una evaluación de colonización micorrícica y determinar si la inoculación fue efectiva.

Es necesario llevar a cabo esta investigación en distintas zonas agroecológicas debido a que el rendimiento varía de acuerdo a las condiciones ambientales y la adaptación de las micorrizas.

10. Bibliografía

- Adame García, J., Murillo Cuevas, F. D., Cabrera Mireles, H., Villegas Narváez, J., Rivera Meza, A. E., & Vásquez Hernández, A. (2022). Efecto de bioestimulantes microbianos en el tamaño y peso de frutos de chile morrón y jitomate en condiciones protegidas de macrotúnel. *Biotecnia*, 25(1), 81–87. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1772>
- Alarcón, A., Boicet, T., Godefroy, M., Bacilio-Jiménez, M., Ceiro, W., & Bazán, Y. (2013). Efecto de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp. En tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 28(3), 219-223.
- Alarcón Zayas, A. (2013). *Calidad poscosecha del tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización* [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.21908>
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúnez, A., Martínez, J., Corradini, F., Sepúlveda, P., Abarca, P., Guzmán, A., & Felmer, S. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>
- Alvarado Carrillo, M., Díaz Franco, A., & Peña del Río, M. de los Á. (2014). Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(3), 513-518.
- Ardisana, E., Torres, A., Fosado, O., Peñarrieta, S., Solórzano, J., Jarre, V., Medrana, F., & Montoya, J. (2020). *Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador*. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n4/1819-4087-ctr-41-04-e02.pdf>
- Buhai, I. M., & Ciulca, S. (2024). ASSESSMENT THE EFFECT OF GENOTYPE X MYCORRHIZA INTERACTION ON SOME FRUIT QUALITY TRAITS IN TOMATO. *Horticulture*, LXVIII(1).

Caamal, J. (2020, diciembre 10). *Capacidad amortiguadora de los suelos*.

<https://es.scribd.com/document/487691544/4>

Cabrera, G., & Tapuy, J. (2021). *Evaluación de tres dosis de micorrizas en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum) en el cantón la Maná* [Universidad Técnica de Cotopaxi].

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f5a57acc-6442-4d19-9409-7bb54c60ee17/content>

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. In *Plant and Soil* (Vol. 383, Issues 1–2, pp. 3–41). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Camargo-Ricalde, S. L., Montaña, N. M., Rosa-Mera, C. J., & Montaña Arias, S. A. (2012). Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*, 137.

<https://revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Carrillo, M., Franco, A., & Río, M. (2018). Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 513-518. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.954>

Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022).

Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>

Carrillo, Y., Terry, E., & Ruiz, J. (2020). *Efecto de un inóculo microbiano en el crecimiento de plantas de tomate (Solanum lycopersicum L.)*.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-5936202000040000

Ceballos, N., & Vallejo, F. (2018). *Evaluating the Fruit Production and Quality of Cherry Tomato (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) Evaluación de la Producción y Calidad del Fruto del Tomate Cereza Solanum lycopersicum var. cerasiforme*.

Cruz, R., González, J., & Sánchez, P. (2013). *Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno*. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v28n1/02revision02.pdf>

- FIRA. (2016). *Panorama Agroalimentario / Tomate R.*
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf
- Franco Navarro, J. de D. (2025). *Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas.*
studylib.es. <https://studylib.es/doc/5440188/efectos-beneficiosos-de-las-micorrizas-sobre-las-plantas>
- García Fernández, J. J. (2012, diciembre 3). *Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa de compost con separación e origen y sin separación en origen.* repositorio.upct.es. <https://n9.cl/p6hic>
- García - Morales, S., León - Morales, J., & García, V. (2021, diciembre). *Panorama Actual de los Bioestimulantes Agrícolas—Current Overview of Agricultural Biostimulants.*
https://www.researchgate.net/publication/356783790_Panorama_Actual_de_los_Bioestimulantes_Agricolas_-_Current_Overview_of_Agricultural_Biostimulants
- Gío-Trujillo, J., Alvarado-Lopez, C., Pacheco López, N., Alejo, J., Reyes-Ramírez, A., & De la Cruz, J. (2023). *Relación entre la colonización micorrizica y las propiedades del suelo en un cultivo de calabaza.*
- González, G. (2021, junio). *USO DE MICROORGANISMOS COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN Solanum betaceum Cav, Zea mays L, Solanum lycopersicum Mill. BAJO INVERNADERO.*
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/51979/GonzalezMoralesGenoveva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Haifa. (2014). *Recomendaciones para el TOMATE.* https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Tomate_2014.pdf
- Hernández, L. (2012). *Efecto de Micorrizas Sobre la Biomasa y Rendimiento de Tomate Saladette (Lycopersicum esculentum) en Campo Abierto en General Cepeda, Coahuila.*
[Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].

<https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/5744/T19608%20HERNANDEZ%20HERNANDEZ%2C%20LINO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

INCAP. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica./INCAP/ Menchú, MT (ed); Méndez, H. (ed). Guatemala: INCAP/OPS, 2012. 2ª. Edición.

López, L. (2016). *MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>

Navarro, I., & Periago, M. (2016, enero 12). *El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?* El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?

Nedorost, L., & Pokluda, R. (2012). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tomato yield and nutrient uptake under different fertilization levels. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 60, 181-186.

<https://doi.org/10.11118/actaun201260080181>

Montaña, C. (2024, febrero 7). Influencia de los microorganismos en la conductividad eléctrica y pH del suelo. *Metroflor*. <https://www.metroflorcolombia.com/influencia-de-los-microorganismos-en-la-conductividad-electrica-y-ph-del-suelo/>

Morales Guevara, D., Rodríguez Larramendi, L., Dell'Amico Rodríguez, J., Jerez Mompie, E., & Estrada Prado, W. (2018). Efecto de dos bioestimulantes y hongos micorrízicos en plantas de tomate sembradas a altas temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 41-48.

Pinchao, O. (2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA PROGRAMA SEMIPRESENCIAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA SEDE EL ÁNGEL*. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6422/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000201.pdf?sequence=1>

Peréz, F., Arévalo, M., Laura, P., Lobato, R., & Ramírez, M. (2020). *importancia del tomate en ecuador*.

- Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández Cuevas, L. V., López Pérez, L., & Rincón Enríquez, G. (2019). Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de rizósfera de Agave como promotores de crecimiento de papaya. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 163-174. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.397>
- Ramos Otiniano, C. C., Hidalgo Rodríguez, J. E. M., Vera Vega, M. Á., Pedro Huaman, J. J., Rodríguez Seminario, C. E., & Chaman Medina, M. E. (2021). Efecto del NaCl y micorrizas (*Rhizophagus irregularis*) en el crecimiento de “tomate” *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Arnaldoa*, 28(3), 675-692. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28312>
- Restrepo Garcia, J. A. R. (2018). *Efecto de la incorporación de diferentes insumos edáficos sobre la conductividad eléctrica (CE) de un suelo usado en la producción de rosas (Rosa sp.) cv. Freedom, en San Pedro, Antioquia.*
- Restrepo Giraldo, K. J., Montoya Correa, M. I., Henao Jaramillo, P., Gutiérrez, L. A., & Molina Guzmán, L. P. (2019). Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y trópico bajo en Antioquia, Colombia. *Idesia (Arica)*, 37(1), 35-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019005000301>
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T., & Falcón-Rodríguez, A. (2020). Efecto de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en indicadores del crecimiento de dos cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 653-666. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.671>
- Rolin, R. (2022). *Determinación de análisis bromatológico proximal y minerales en tomate verde (Physalis ixocarpa) cultivado en la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas [Univesidad de El Salvador].* <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2894>
- Saltos, J. (2022). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA.* <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13195/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000234.pdf?sequence=1>

- Sánchez-Hernández, G. A., Aceves-Ruiz, E., Aparicio-Juárez, A., Guerrero-Rodríguez, J. de D., Olvera-Hernández, J. I., Hernández-Salgado, J. H., & Álvarez-Calderon, N. M. (2023). Fertilización química e inoculación con Azospirillum y hongos micorrízicos del cultivo de jitomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.991>
- Saparrat, M. C. N., Ruscitti, M. F., & Arango, M. C. (Eds.). (2020). *Micorrizas arbusculares: Biología y aplicaciones en el sector agro-forestal*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/99599>
- Schubert, R., Werner, S., Cirka, H., Rödel, P., Tandron Moya, Y., Mock, H.-P., Hutter, I., Kunze, G., & Hause, B. (2020). Effects of Arbuscular Mycorrhization on Fruit Quality in Industrialized Tomato Production. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7029. <https://doi.org/10.3390/ijms21197029>
- Terry Alfonso, E., Ruiz Padrón, J., & Carillo Soso, Y. (2018). Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 389. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28889>
- Velasco, R., Ruiz, C., Ornelas, P., Olivas, O., Acosta, M., Sepúlveda, A., Zamudio, F., Berlanga, R., Salas-Marina, & Cambero, C. (2019). *Effect of Bacillus strains alone and in interaction with phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality*. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e541>
- Vera, J. (2022). *Efectos de los fungicidas en el control del moho gris Botrytis cinérea en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13162/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000434.pdf?sequence=1>
- Yara. (2019, febrero 27). *Gestionar el sabor del tomate*. Yara Guatemala. <https://www.yara.com.gt/nutricion-vegetal/tomate/gestionar-el-sabor-del-tomate>
- Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z., & Cao, K. (2020). Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56954-2>

Ziane, H., Hamza, N., & Meddad-Hamza, A. (2021). Los hongos micorrízicos arbusculares y las tasas de fertilización optimizan el crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un agroecosistema mediterráneo. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(7), 454-458. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.009>

11. Anexos

Anexo 1.- Análisis de suelo previo a la aplicación de micorrizas en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja.



NEMALAB S.A.
En convenio con el MAG - PRODE y AGRAP
e-mail: nemalab@laparvic.com.ec
NEMALAB KM 1 1/2 CANTAGUA VIA FERREASSEN Y GRUPO MOLINAR EL CAMBIO-ACQUILA EL ORO TEL. (06) 359

29/08/2024
Pág: 1 / 1

Cliente: MICOCHU GRANADA DANIELA GUISALLE
Remite: MICOCHU GRANADA DANIELA
Propiedad: QUINTA EXPERIMENTAL LA ANGUELA
Localización: Sitio Parroquia Cantón Provincia
Cultivo: TOMATE

Documento No: 00062700
Fecha de Muestreo: 16/08/2024
Fecha de Ingreso: 21/08/2024
Fecha de Salida: 29/08/2024

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE SUELO

Cód de Muestra	No de Muestra	pH	pppm										mg / 100g				Relaciones		
			NH ₄	P	Zn	Cu	Fe	Mn	K	Ca	Mg	Cl	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K			
NA174	TOMATE/3183N	4.9 ac	33M	35A	7.7B	2.3M	25.1	A	20.4A	0.47A	4.88B	1.46B	3.21	10.38	3.11	13.29			

Interpretación:

pH	Niveles	Metodología Utilizada
Ac: Acido Lac: Ligeramente ácido Pn: Neutramente Neutro Al: Alcalino	Ac: < 6.5 Lac: 6.5-6.9 Pn: 6.9-7.3 Al: 7.3-8.0 > 8.1	PH: SIEMPRE ACTUAL (3.5) S: B: Fertiliz. de Calcio P: K: Ca: Mg: Otros Modifican NH ₄ : K: Cl: Escarmentamiento Cu: Zn: Mn: Zn: Otros Modifican B: Cianamida Cl: En Fertiliz. de Puro Sulfato Mg: Cianamida de Nitrato

Estos resultados pueden ser sujetos de manipulación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.

Yessica Espinoza
MICO, SISTEMAS MONITORIA S.A.
Jefe del Laboratorio

Gerente Técnico

Secretaria

* Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello original.

NEMALAB
Laboratorio de suelos

FN0000118

Anexo 2.- Análisis del contenido de vitamina C de los frutos de tomate cultivados bajo condiciones de invernadero en Loja.

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
--	--	--	-------------------------

INFORME DE ENSAYO N°: 25-0008

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Srta. NAYELI GIRON

****INSTITUCIÓN:** PARTICULAR

****DIRECCIÓN:** LOJA / LOJA

****ATENCIÓN:** Srta. NAYELI GIRON

FECHA DE EMISIÓN: 04/02/2025

FECHA DE RECEPCIÓN: 28/01/2025

FECHA DE ANÁLISIS: Del 28 de enero al 04 de febrero del 2025

HORA DE RECEPCIÓN: 14:00

ANÁLISIS SOLICITADOS: VITAMINA C

RESULTADOS DE ANÁLISIS								
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	R I	R II	RESULTADO	UNIDAD
Vitamina C	Tomate muestra 1	25-0034	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	30,62	34,52	32,57	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 2	25-0035	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	33,71	34,72	34,22	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 3	25-0036	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	32,28	29,28	30,77	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 4	25-0037	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	31,04	30,12	30,58	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 5	25-0038	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	27,37	25,18	26,28	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 6	25-0039	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	29,66	28,74	29,20	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 7	25-0040	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	39,12	37,49	38,31	mg/ 100g
Vitamina C	Tomate muestra 8	25-0041	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	27,3	24,41	25,86	mg/ 100g
Vitamina C	Pimiento muestra 9	25-0042	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	146,52	143,19	144,86	mg/ 100g
Vitamina C	Pimiento muestra 10	25-0043	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	39,04	41,60	40,32	mg/ 100g
Vitamina C	Pimiento muestra 11	25-0044	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	162,59	157,88	160,24	mg/ 100g
Vitamina C	Pimiento muestra 12	25-0045	MO-LSAIA-10	Reflectométrico	185,85	178,37	182,11	mg/ 100g

Página 1 de 1

Anexo 3.- Preparación del sustrato para el cultivo de tomate.



Anexo 4.- Trasplante de las plántulas de tomate.



Anexo 5.- Aplicación de las diferentes dosis de micorrizas al cultivo de tomate.



Anexo 6.- Manejo técnico del cultivo de tomate.



Figura 21.- Preparación e instalación de trampas cromáticas en el cultivo de tomate.



Figura 22.- Manejo fitosanitario del cultivo de tomate.



Figura 23.- Fertilización complementaria del cultivo de tomate.



Figura 24.- Implementación de estructura para el tutorado las plantas de tomate.

Anexo 7.- Evaluación de variables en el crecimiento, suelo, producción y calidad nutricional del cultivo de tomate.



Figura 25.- Toma de datos de las variables del crecimiento de la planta de tomate.



Figura 26.- Análisis de pH y conductividad del suelo.



Figura 27.- Cosecha de los frutos de tomate para el cálculo del rendimiento.



Figura 28.- Análisis de las variables de calidad nutricional del fruto de tomate.

Anexo 8.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas.

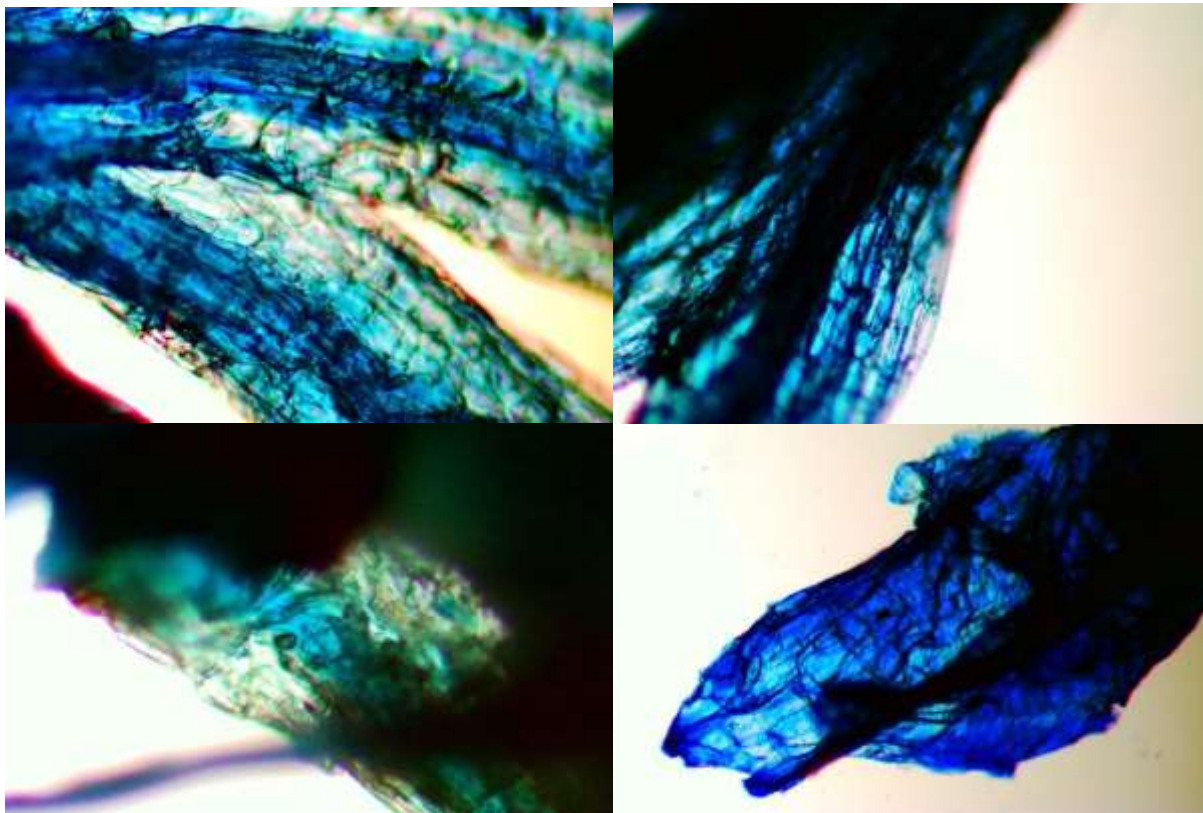


Figura 29.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 25 kg/ha.

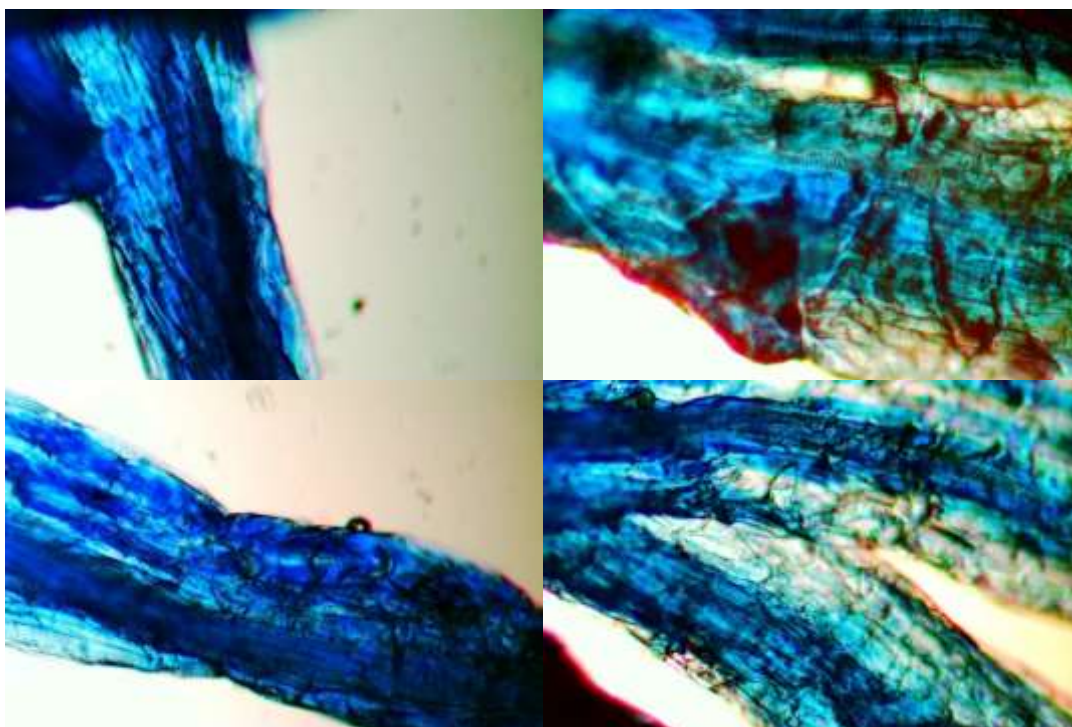


Figura 30.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 50 kg/ha.

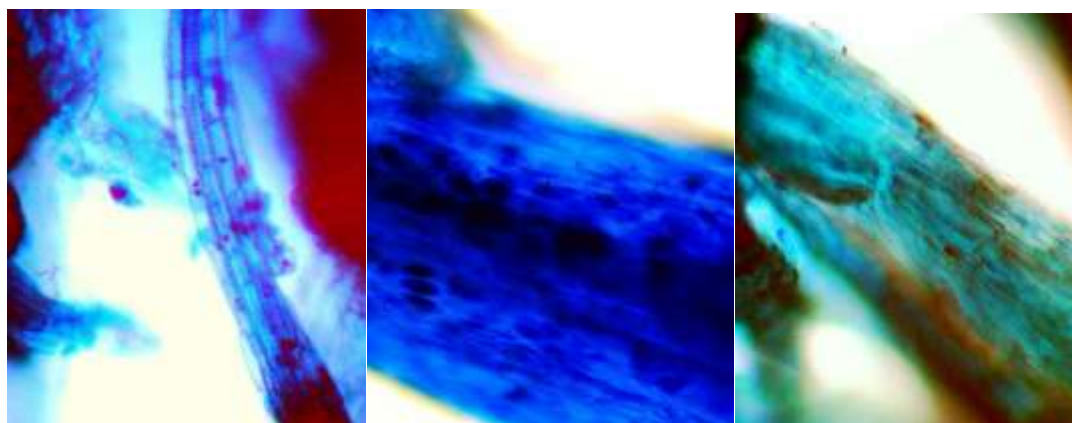


Figura 31.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas con la aplicación de 100 kg/ha.



Figura 32.- Evaluación de la simbiosis entre la planta de tomate y las micorrizas en el tratamiento testigo.

Anexo 9.- Certificación por traducción del resumen al idioma inglés.

Mgs. Mónica Jimbo Galarza

C E R T I F I C O:

Haber realizado la traducción de Español – Inglés del resumen del Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma titulado “Efecto de la bioestimulación con micorrizas en el crecimiento, la producción y la calidad nutricional del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en Loja” de autoría de Daniela Guiselle Morocho Granda CI: 1104931744

Se autoriza a la interesada hacer uso de la misma para los trámites que crea conveniente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Emitida en Loja, a los 21 días del mes de abril 2025.



Mgs. Mónica Jimbo Galarza

MAGÍSTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA

REGISTRO EN LA SENEYCT N° 1021-2018-1999861