



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum*)
BAJO ESTRÉS SALINO E INOCULACIÓN
CON HONGOS MICORRÍZICOS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Isaias Daniel Zamora Abarca

LA LIBERTAD, JUNIO 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum*)
BAJO ESTRÉS SALINO E INOCULACIÓN
CON HONGOS MICORRÍZICOS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor/a: Isaias Daniel Zamora Abarca

Tutor/a: Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ZAMORA ABARCA ISAIAS DANIEL** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 17/Julio/2024



Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blgo. Javier Soto Valenzuela , MSc
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutora, la Ing. Nadia Quevedo, por su invaluable guía, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo y la finalización de este trabajo. Agradezco también a mis profesores, quienes con su conocimiento y enseñanzas me han proporcionado las herramientas necesarias para enfrentar este desafío académico. A mis amigos, gracias por su compañía, consejos y ánimos en los momentos difíciles.

A lo largo de este proyecto y etapa universitaria, quiero expresar mi gratitud a Mariela Abarca, Luis Brito, David Brito, Olga Zamora, Orlando Zamora, Raphael Navarrete, Alexandra Navarrete, Jhonny Navarrete, Blanca Brito, Rosario Brito.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al club de mis amores, Boca Juniors, por ser una fuente constante de inspiración y alegría.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia y amigos por acompañarme en esta travesía.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa el efecto del estrés salino y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la productividad del tomate (*Solanum lycopersicum*). La salinidad del suelo afecta la productividad agrícola, y los HMA se consideran para mitigar estos efectos. Se investigó cómo diferentes niveles de conductividad eléctrica (CE) y la presencia de HMA influyen en características morfológicas y productivas del tomate. Se probaron niveles de CE de 1.14, 2.5, 3.5 y 4 dS/m, realizando mediciones a 16, 24, 43 y 72 días después del trasplante (DDT). El estudio usó un diseño bifactorial (CE y HMA) bajo condiciones controladas. Se evaluaron altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, la respuesta micorrízica, grados Brix y rendimiento. El estrés salino afectó negativamente altura, número de hojas y diámetro del tallo, más notoriamente a altos niveles de CE. La inoculación con HMA contrarrestó estos efectos adversos, mejorando altura y diámetro del tallo, y aumentando hojas activas a CE de 1.14 y 2.5 dS/m. Además, las plantas con HMA mostraron mayor rendimiento y frutos de mayor calidad (mayores grados Brix), aunque la producción de frutos disminuyó con la CE elevada.

Palabras claves: inoculación , morfológicas, rendimiento, biomasa.

ABSTRACT

The present thesis evaluates the effect of saline stress and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on tomato (*Solanum lycopersicum*) productivity. Soil salinity affects agricultural productivity, and AMF are considered to mitigate these effects. The study investigated how different levels of electrical conductivity (EC) and the presence of AMF influence morphological and productive characteristics of tomato plants. EC levels of 1.14, 2.5, 3.5, and 4 dS/m were tested, with measurements taken at 16, 24, 43, and 72 days after transplanting (DAT). The study employed a factorial design (EC and AMF) under controlled conditions. Parameters evaluated included plant height, number of leaves, stem diameter, the mycorrhizal response, Brix degrees, and yield. Saline stress negatively affected plant height, number of leaves, and stem diameter, especially at high EC levels. Inoculation with AMF counteracted these adverse effects, improving plant height and stem diameter, and increasing active leaves at EC levels of 1.14 and 2.5 dS/m. Furthermore, plants with AMF showed higher yield and fruits of better quality (higher Brix degrees), although fruit production decreased with higher EC levels.

Keywords: inoculation, morphological, yield, biomass

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum*) BAJO ESTRÉS SALINO E INOCULACION CON HONGOS MICORRÍZICOS”** y elaborado por **Isaias Daniel Zamora Abarca**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Isaias Daniel Zamora Abarca', written over a horizontal line.

Firma del estudiante

ÍNDICE

Introducción	13
Problema Científico	14
Justificación	15
Objetivos	15
Objetivo General:	15
Objetivos Específicos:	15
Hipótesis	15
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica	16
1.1 Cultivo de tomate	16
1.1.1 Origen y distribución	16
1.1.2 Taxonomía y morfología	16
1.1.3 Requerimientos edafoclimáticos	17
1.1.4 Fenología	18
1.1.5 Requerimientos nutricionales	19
1.1.6 Plagas	19
1.1.7 Enfermedades	20
1.2 Salinidad del suelo	21
1.2.1 Origen y factores de la salinidad en los suelos	21
1.2.2 La salinidad y su impacto en la producción agrícola	21
1.2.3 Efectos del estrés salino en el crecimiento	22
1.2.4 Manejo de la salinidad	22
1.3 Hongos micorrízicos arbusculares	23
1.3.1 Generalidades de los HMA	23
1.3.2 Mecanismos de acción de los hongos micorrízicos en la mitigación del Estrés Salino	23
1.3.3 Efecto de los hongos micorrízicos en la tolerancia al estrés salino	24
Capítulo 2. Materiales y métodos	25
2.1 Caracterización del área	25
2.2 Descripción de la infraestructura y el área de estudio	25
2.3 Material vegetativo y condiciones experimentales	26
2.3.1 Hongos micorrízicos arbusculares	26
2.3.2 Fibra de coco	26
2.3.3 Preparación de las soluciones salinas	26
2.4 Materiales, equipos e insumos	27
2.4.1 Materiales de campo	27
2.4.2 Equipos de campo	27
2.4.3 Equipos de oficina	27
2.4.4 Equipos de laboratorio	27
2.5 Tipo de investigación	27
2.6 Diseño de investigación	28

2.6.1	Diseño experimental.....	28
2.7	Manejo del experimento.....	29
2.7.1	Solarización del suelo.....	29
2.7.2	Semillero.....	29
2.7.3	Preparación de las macetas.....	30
2.7.4	Trasplante e inoculación.....	30
2.7.5	Riego con las soluciones.....	30
2.7.6	Poda.....	30
2.7.7	Tutorado.....	30
2.7.8	Plan de fertilización.....	30
2.7.9	Manejo fitosanitario.....	31
2.8	Parámetros evaluados.....	32
2.8.1	Morfológicos.....	32
Capítulo 3. resultados y discusión.....		34
3.1	Características morfológicas de plantas de tomate bajo la influencia de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA.....	34
3.1.1	Altura.....	34
3.1.2	Numero de hojas activas.....	35
3.1.3	Diámetro del tallo.....	37
3.1.4	Respuesta micorrízica.....	41
3.2	Parámetros productivos de plantas de tomate bajo la influencia de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA.....	42
3.2.1	Grados brix.....	42
3.2.2	Rendimiento.....	42
Discusion.....		44
Conclusiones y recomendaciones.....		46
Conclusiones.....		46
Recomendaciones.....		46
referencias bibliográficas.....		47
anexos.....		53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos de 4 niveles de conductividades eléctricas (CE) inoculados con micorrizas (HMA)	28
Tabla 2. Tratamientos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades	32
Tabla 3. Resumen del análisis de varianza de la variable altura de plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ausencia HMA a los 16, 24, 43 y 72 DDT.	34
Tabla 4. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable altura de plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 16,24,43 y 72 DDT.	35
Tabla 5. Resumen del análisis de varianza de la variable hojas activas de plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ausencia de HMA a los 16, 24, 43 y 72 DDT.	36
Tabla 6. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable hojas activas de plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 16,24,43 y 72 DDT.	37
Tabla 7. Resumen del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo de plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 16,24,43 y 72 DDT.	38
Tabla 8. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable diámetro del tallo en plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 16,24,43 y 72 DDT.	39
Tabla 9. Resumen del análisis de varianza de la variable Rendimiento de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ ausencia de HMA.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación, Centro de apoyo Colonche (Google Maps, 2024)	25
Figura 2. Distribución de los tratamientos	29
Figura 3. Análisis de significancia estadística del diámetro del tallo de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA. Las Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba de tukey ($p < 0,05$).....	40
Figura 4. Análisis del porcentaje de micorrización en biomasa seca bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ ausencia de micorrizas	41
Figura 5. Efecto de la salinidad en los Grados brix en el tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA.....	42
Figura 6. Análisis de significancia estadística de la Producción $t\ ha^{-1}$ de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA. Las Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba de tukey ($p < 0,05$).....	44

ÍNDICE DE GRAFICOS

- Gráfico A 1.** Altura del tallo a los 16 DDT
- Gráfico A2.** Altura del tallo a los 24 DDT
- Gráfico A3.** Altura del tallo a los 43 DDT
- Gráfico A4.** Altura del tallo a los 72 DDT
- Gráfico A5.** Altura del tallo a los 16 DDT
- Gráfico A6.** Altura del tallo a los 24 DDT
- Gráfico A7.** Altura del tallo a los 24 DDT
- Gráfico A8.** Altura del tallo a los 72 DDT
- Gráfico A9.** Altura del tallo a los 16 DDT
- Gráfico A10.** Altura del tallo a los 24 DDT
- Gráfico A11.** Altura del tallo a los 43 DDT
- Gráfico A12.** Altura del tallo a los 72 DDT

ÍNDICE DE ANEXOS

- Ilustración 1.** Preparación del suelo para solarización
- Ilustración 2.** Sellado del suelo con lámina de polietileno transparente
- Ilustración 3.** Semillero con sustrato de fibra de coco
- Ilustración 4.** Llenado de macetas con el suelo solarizado
- Ilustración 5.** Verificación de niveles de conductividad eléctrica con conductímetro
- Ilustración 6.** Micorrizas de la marca HUSTABLE
- Ilustración 7.** Plántulas recién trasplantadas
- Ilustración 8.** Canecas con los tratamientos de conductividad eléctrica
- Ilustración 9.** Aplicación de fertilizante foliar de microelementos
- Ilustración 10.** Tutorado
- Ilustración 11.** Toma de datos
- Ilustración 12.** Productos químicos utilizados para el control de plagas y enfermedades
- Ilustración 13.** Fumigación fitosanitaria
- Ilustración 14.** Poda de brotes laterales
- Ilustración 15.** Inicio de la floración
- Ilustración 16.** Desarrollo del fruto
- Ilustración 17.** Verificación del estado de desarrollo del fruto
- Ilustración 18.** Tomates cosechados
- Ilustración 19.** Tomates marcados por tratamiento y repetición
- Ilustración 20.** Peso del fruto
- Ilustración 21.** Medición de los grados Brix
- Ilustración 22.** Pesado de la materia verde
- Ilustración 23.** Secado en la estufa para la obtención de MS
- Ilustración 24.** Peso para la obtención de RMS y MS%

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una hortaliza globalmente apreciada por su versatilidad en el consumo, ya sea fresco o procesado, y por su notable valor nutricional. Considerado como un alimento funcional, el tomate es rico en fibra y contiene una variedad de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana (Andrade *et al.*, 2020). El tomate es de gran relevancia agrícola y económica a nivel mundial, con una producción anual que supera los 90 millones de toneladas. Los mayores productores incluyen China, Estados Unidos, Turquía y Egipto. Industrialmente, el tomate se procesa en múltiples formas, como pasta, jugo y polvo. Actualmente, entre el 25% y el 30% de la producción global anual se destina a la industrialización (UNLP, 2020).

En Ecuador, el cultivo de tomate se lleva a cabo tanto en campo abierto como en invernadero. En campo abierto, se siembran aproximadamente 956 hectáreas en monocultivo y 189 hectáreas en asociación con otros cultivos, lo que suma un total de 1.145 hectáreas dedicadas al cultivo de tomate riñón en el año. La producción alcanza las 68.355 toneladas métricas, con un rendimiento agrícola nacional promedio de 16.87 toneladas por hectárea (Mendoza *et al.*, 2023). Por otro lado, el cultivo de tomate en invernadero es especialmente relevante en la Sierra central, con el 60% de la producción concentrada en diversas áreas de la provincia de Tungurahua. Según el III Censo Nacional Agropecuario (CNA), la superficie total cultivada en invernadero alcanzó las 3.054 hectáreas (Gabriel *et al.*, 2022).

Según Franco (2019), en años recientes, la provincia de Santa Elena, había agricultores que cultivaban tomate en unas 103 hectáreas, produciendo alrededor de 2.083 toneladas métricas al año. No obstante, en los últimos cinco años, la producción ha disminuido en un 70% debido a problemas bióticos, como la alta incidencia de *Protoplasma longifila*, y la salinidad y el estrés hídrico, lo que ha sido devastador para este cultivo.

Usca (2019) destaca que la Provincia de Santa Elena, ubicada en la costa de Ecuador, se distingue por sus suelos altamente salinos. Por ende, es fundamental conocer las particularidades del suelo al sembrar, evaluando la salinidad, la conductividad eléctrica y el pH, para identificar problemas que puedan afectar la adaptación de los cultivos en estos suelos costeros.

Santos *et al.* (2016) señala que, la salinidad del suelo es un problema extendido a nivel mundial, afectando significativamente la producción agrícola. Las sales

provenientes de la erosión de las rocas se acumulan en los océanos y eventualmente en el suelo y el riego sin un adecuado sistema de drenaje y la limpieza de tierras también contribuyen al desarrollo de suelos salinos. La salinidad afecta a las plantas provocando estrés osmótico, alterando el transporte de iones en las membranas celulares, causando toxicidad por altas concentraciones de sodio y cloruro en el citoplasma y generando estrés oxidativo (Volkov y Beilby, 2017). Actualmente, se estima que la degradación del suelo inducida por la sal en las áreas irrigadas tiene un costo anual mundial de aproximadamente 27.300 millones de dólares, debido a la disminución de la producción agrícola (Qadir *et al.*, 2014).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos esenciales que forman relaciones simbióticas con aproximadamente el 80% de las plantas. Esta simbiosis no solo amplía la capacidad de las plantas para explorar el suelo en busca de agua y nutrientes, sino que también mejora su resistencia a condiciones adversas como la salinidad y el estrés hídrico (Balaky *et al.*, 2022).

Díaz Franco *et al.* (2013) resaltan que la simbiosis que se establece entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares puede ser un componente biotecnológico clave para mejorar la productividad en la agricultura. Esta relación simbiótica aporta beneficios significativos, como la promoción del crecimiento vegetal y una mejor nutrición mineral de la planta hospedante.

El cultivo de tomate se ha documentado que la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de tomate conlleva mejoras significativas en varios aspectos. Entre estas mejoras se destaca un aumento notable en el contenido de clorofila, la altura de las plantas y la colonización micorrízica en comparación con aquellas plantas que no recibieron inoculación (Carrillo *et al.*, 2014).

La presente investigación se fundamenta en la influencia del uso de micorrizas para el manejo de la salinidad y sus implicaciones, como la mejora en el aprovechamiento del recurso hídrico, el incremento de la tolerancia a periodos de sequía, la resistencia a enfermedades, y la asimilación de nutrientes.

Problema Científico

¿Cuál es el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en parámetros morfológicos y productivos de plantas de tomate sometidas a estrés salino?

Justificación

Este trabajo de investigación es crucial para abordar el desafío creciente de la salinidad del suelo en la agricultura, especialmente en provincias como Santa Elena, donde la presencia de suelos salinos representa un desafío significativo para la productividad agrícola local. Al explorar la interacción entre la conductividad eléctrica (CE) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de tomate, se busca proporcionar soluciones efectivas para mitigar los efectos adversos de este problema. La inoculación con HMA podría representar una estrategia prometedora para mejorar las características morfológicas y productivas del tomate bajo condiciones de salinidad. Este estudio ofrece una contribución significativa al campo agrícola al generar conocimiento sobre prácticas de cultivo más sostenibles y resistentes a la salinidad. Los resultados obtenidos tendrán un impacto directo en la optimización de la producción de tomate en suelos salinos de Santa Elena, beneficiando a los agricultores y contribuyendo a la seguridad alimentaria a largo plazo

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar el efecto del estrés salino y la inoculación con hongos micorrízicos en la productividad del tomate (*Solanum lycopersicum*).

Objetivos Específicos:

1. Determinar el impacto del estrés salino en la morfología de las plantas de tomate.
2. Evaluar los efectos de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en la respuesta del tomate al estrés salino.
3. Evaluar el impacto del estrés salino y la inoculación con hongos micorrízicos en la producción de frutos del tomate.

Hipótesis

La inoculación de hongos micorrízicos en plantas de tomate sometidas a estrés salino mejorará la productividad de la planta al reducir los efectos negativos del estrés salino en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 *Cultivo de tomate*

1.1.1 *Origen y distribución*

El proceso de domesticación del tomate, *Solanum lycopersicum*, se originó en el oeste de América del Sur, incluyendo las Islas Galápagos. Sus ancestros silvestres, como *Solanum pimpinellifolium*, se encuentran principalmente en las costas de Perú y Ecuador. A lo largo del tiempo, el tomate ha pasado por un proceso de selección y adaptación que ha resultado en las variedades cultivadas actuales (Blanca *et al.*, 2015).

También se ha identificado en el Golfo de México, en los estados de Veracruz y Puebla, como una zona crucial en su proceso de domesticación. Durante este proceso, la especie se estableció en áreas con climas diferentes a los de su lugar de origen, Esta adaptación implicó modificaciones en sus requerimientos fisiológicos y en sus características morfológicas como respuesta a los nuevos entornos ambientales (Délices *et al.*, 2019).

1.1.2 *Taxonomía y morfología*

Según Pilco (2018), menciona que el tomate se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Filum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *S. lycopersicum*

Semilla: Poseen un color que varía desde el grisáceo y son ovaladas y aplanadas, con un tamaño de 3 a 5 mm de diámetro y 2.5 mm de longitud, cubiertas de vellosidades. En un gramo se encuentran entre 300 y 350 semillas, y el peso de 1000 semillas es aproximadamente 2.4 gr. En producción agrícola, se estima que el peso de la semilla es el 1% del peso del fruto (Coronel, 2017).

Raíz: Presenta un sistema radical superficial. Está compuesto por una raíz principal que es relativamente corta y débil, acompañada por numerosas y vigorosas raíces secundarias, así como por raíces adventicias adicionales (Loaiza, 2013).

El tallo: Es grueso, pubescente y de color verde, con una forma angulosa que mide entre 2 y 4 cm de ancho, siendo más delgado en la parte superior. En el tallo principal se desarrollan tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales. En la parte más distal del tallo se encuentra el meristemo apical, responsable de generar nuevos primordios florales y foliares (López, 2017).

Las hojas: Presentan una notable variabilidad que depende en gran medida de las condiciones ambientales. Estas hojas, que miden entre seis y doce pulgadas, están divididas en dos a doce pares de folíolos de diferentes tamaños, los cuales pueden ser dentados, rizados o lisos (Fornaris, 2007).

Flores: Son hermafrodita y posee cinco o más sépalos y pétalos amarillos dispuestos en espiral. Las flores se agrupan en inflorescencias llamadas racimos, con la primera flor ubicada en la yema apical y las siguientes formándose lateralmente a lo largo del eje principal (AGROBETA, 2014).

Fruto: El tomate produce un fruto que es una baya carnosa y gruesa, dividida en dos o más segmentos y que varía en forma y color según la variedad. Su peso tiene un promedio de 600 gramos. El diámetro de los frutos puede ser de entre 3 y 16 cm. Las variedades que producen frutos muy pequeños son comúnmente conocidas como tomates cereza (UNLP, 2020).

1.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

Suelos: Los tomates necesitan suelos franco-arcillosos de textura media, aunque pueden cultivarse con éxito en una amplia variedad de suelos, desde arenosos ligeros hasta franco-arcillosos más densos, siempre que estén bien drenados. Es crucial mantener la humedad adecuada para el establecimiento de la planta y su desarrollo hasta la etapa de fructificación. Además, prefieren suelos ligeramente ácidos con un pH que oscile entre 6.0 y 6.8 (Bonnie *et al.*, 2022).

Temperatura óptima: Para el desarrollo del tomate oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche. Temperaturas más altas, por encima de los 35°C, pueden causar la caída de flores y afectar la formación de frutos. Por otro lado, temperaturas inferiores a 12-15°C también pueden provocar problemas en el desarrollo de la planta (FIELD, 2018).

La humedad: El nivel óptimo para el cultivo de tomate oscila entre el 60% y el 85%. Durante el día, es beneficioso mantener niveles más altos, entre el 80% y el 85%, para favorecer el crecimiento y el desarrollo de las plantas. En contraste, durante la noche, cuando la actividad metabólica de las plantas disminuye, se recomienda reducir la humedad relativa a un rango de 65% a 75% (Meir, 2022).

Luminosidad: Requiere entre 8 y 16 horas de luz diaria para un buen crecimiento. Una iluminación insuficiente puede reducir la fotosíntesis y afectar el desarrollo y la producción al aumentar la competencia por los nutrientes. Se considera que una radiación total diaria de al menos 0,85 MJ m⁻² es necesaria para la floración y cuajado (Gallegos, 2012).

1.1.4 Fenología

Las plantas de tomate son herbáceas anuales que pueden crecer hasta 1,5 metros de altura, con un porte erecto y pubescente. Según Hack et al. (1992), se puede aplicar una escala extendida de BBCH al cultivo del tomate. Este sistema codificado está diseñado para describir las etapas fenológicas del cultivo de manera estandarizada, dividiéndolo en varias etapas (Axayacatl, 2017).

- Germinación: (00- 09) Este período cubre desde la siembra hasta la emergencia de las plántulas de tomate.
- Desarrollo de las hojas (plántula): (10- 19) Durante esta fase, las plántulas desarrollan y expanden sus hojas primarias
- Formación de brotes laterales (tillering): (20-29) Se refiere al desarrollo de nuevos brotes laterales en la planta.
- Desarrollo de los órganos de cosecha: (40-49) En esta etapa, se forman y desarrollan los órganos reproductivos que darán lugar a los frutos.
- Floración: (50-59) Es el período durante el cual aparecen las flores en la planta de tomate.

- Desarrollo del fruto: (60-69) Se refiere al crecimiento y desarrollo de los frutos desde su formación inicial hasta que alcanzan su tamaño y forma final.
- Maduración del fruto: (70-79) En esta etapa, los frutos comienzan a madurar y adquieren su color y características sensoriales específicas.
- Senescencia: (80-89) Es el período de envejecimiento y declive de la planta, cuando las hojas y otros tejidos vegetales empiezan a deteriorarse.

1.1.5 Requerimientos nutricionales

Se estima que las plantas requieren aproximadamente 300 kg de nitrógeno, 85 kg de fosfato (P₂O₅), 480 kg de potasa (K₂O), 30 kg de óxido de calcio (CaO) y 18 kg de óxido de magnesio (MgO) por hectárea para un desarrollo óptimo. Sin embargo, es crucial destacar que estos números pueden variar según varios factores, incluyendo la variedad de tomate cultivada, las condiciones del suelo y las prácticas agrícolas específicas aplicadas (WIKIFARMER, 2020).

1.1.6 Plagas

La mosca blanca (*Bemisia tabaco*): Es una de las plagas más significativas en cultivos tanto a campo como bajo invernadero a nivel global causa pérdidas económicas debido al daño directo que ocasiona al alimentarse de las plantas, así como al daño indirecto causado por sus secreciones que promueven la formación de fumagina en el follaje (Volpi *et al.*, 2023) Esta fumagina perteneciente a los géneros *Capnodium* y *Limacinia*. reduce la capacidad fotosintética de las hojas, afectando negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Villaverde, 2017).

El pulgón (*Aphis gossypii*): Es una especie conocida por afectar diversos cultivos herbáceos muestra el daño en las primeras etapas del cultivo en desarrollo de las plantas. Tanto los adultos como las ninfas extraen savia elaborada de manera pasiva, aprovechando la presión suficiente para obtener grandes cantidades. Este comportamiento puede resultar en daños significativos para las plantas afectadas, ya que los pulgones se convierten en vectores de enfermedades (HORTOINFO, 2022).

La palomilla del tomate (*Tuta absoluta*): Este lepidóptero se encuentra ampliamente distribuido a nivel global, siendo capaz de hospedarse en diversas plantas de la familia Solanaceae y otras familias, lo que facilita su propagación y persistencia en

zonas agrícolas. Esta plaga causa daños caracterizados por el minado de las hojas y puede afectar los frutos y tallos en cualquier fase del cultivo del tomate (Ortega, 2013).

Trips (*Frankiniella occidentalis*): Es una plaga significativa a nivel mundial en diversos cultivos como hortalizas, frutales, ornamentales y maíz. Sus efectos incluyen daños directos en hojas, flores y frutos, además de actuar como vector para varios Tospovirus, incluido el virus del bronceado del tomate. Esta plaga se caracteriza por su capacidad de dispersión y de resistencia a los modos de control (AGRISOLVER, 2019).

Minador (*Liriomyza huidobrensis*): Son conocidas por sus larvas vermiformes que carecen de patas y cabeza, lo que les permite moverse fácilmente dentro de las minas que crean en las hojas. Causan daños tanto por la alimentación de las larvas, que forman minas o galerías en las hojas, como por la oviposición, que produce pequeñas perforaciones en las superficies de las hojas (SYNGENTA, 2018).

1.1.7 Enfermedades

EL oídio: Es una enfermedad causada por el hongo *Leveillula taurica*. Se desarrolla en condiciones de humedad relativa entre 40% y 80%, creciendo más rápido en niveles más altos. También conocido como cenicilla o blanquillo, sus síntomas característicos incluyen un recubrimiento o vello blanquecino en yemas, hojas, frutos y ramas. Esta enfermedad reduce la capacidad fotosintética de las plantas y puede afectar negativamente su productividad (NATURE, 2022).

El tizón temprano: Es una de las enfermedades más significativas del cultivo de tomate causada por el hongo *Alternaria solani*, afectando todas las etapas de su desarrollo. Se manifiesta inicialmente con áreas amarillas que progresan a manchas pardas y, eventualmente, a necrosis. Esta enfermedad puede causar el tizón de las flores y provoca lesiones en todos los tejidos foliares y en los frutos (Barlow *et al.*, 2022).

La antracnosis: Es una enfermedad causada por hongos asociado a *Colletotrichum coccodes* que se disemina principalmente mediante esporas transportadas por el viento y el agua. Esta enfermedad puede afectar a diversas plantas, manifestándose con manchas oscuras en hojas, tallos y frutos. Estas manchas pueden expandirse, lo que resulta en la deformación de las partes afectadas y la pérdida de cosechas (Jacto, 2023).

La viruela de la fruta: Es una enfermedad no parasitaria causada por un agente causal *Verticilium dahliae* que afecta a los tomates, caracterizada por pequeñas lesiones blanquecinas, alargadas u ovaladas, que aparecen en la epidermis cerca del pedúnculo de los frutos. Estas lesiones se extienden ligeramente y se vuelven necróticas, causando que

la epidermis se divide superficialmente, lo cual perjudica la calidad y apariencia del fruto (EPHYTIA, 2021).

1.2 Salinidad del suelo

1.2.1 Origen y factores de la salinidad en los suelos

La salinidad en el suelo tiene su origen en dos vías principales. En primer lugar, factores naturales como la altitud, la proximidad al mar y la intemperización contribuyen a la presencia de sales en el suelo. Estas causas afectan las propiedades físicas del suelo, como la textura, la estructura, la porosidad y la capacidad de retención de humedad (Lamz *et al.*, 2013).

En segundo lugar, Las prácticas agrícolas inadecuadas en zonas de riego han contribuido a la salinización del suelo mediante el uso de agua con altas concentraciones de sales. La escasez de agua, derivada de la sobreexplotación de fuentes hídricas, impide su recuperación adecuada, lo que afecta la calidad del agua disponible para el riego (Design, 2019). Este fenómeno se debe a la baja permeabilidad de los suelos de textura fina, comúnmente encontrados en las cuencas. La presencia de la capa freática cercana a la superficie facilita que las sales asciendan hasta la superficie del suelo, un proceso promovido por la evaporación (Borbor, 2021).

El uso excesivo de fertilizantes, especialmente en regiones semiáridas donde se emplea agua de fuentes salinas, puede incrementar la salinidad del suelo. El tipo y la cantidad de fertilizantes aplicados son factores determinantes, ya que algunos contienen altos niveles de sales que pueden ser potencialmente perjudiciales (Silva *et al.*, 2019).

1.2.2 La salinidad y su impacto en la producción agrícola

La salinidad representa un desafío significativo en la agricultura las plantas están constantemente expuestas a una variedad de factores bióticos y abióticos estresantes, lo que resulta en estrés ambiental. Este problema es especialmente relevante en regiones con suelos áridos y semiáridos, siendo uno de los desafíos más importantes en la agricultura a nivel global (Durukan *et al.*, 2018).

El proceso de salinización del suelo afecta negativamente la absorción de agua por las plantas, causando estrés osmótico y sequía fisiológica, que se manifiesta en el marchitamiento, caída de hojas y decoloración de los cultivos. Además, la salinidad provoca estrés iónico por la presencia de iones tóxicos como cloruro y sodio, los cuales interfieren en la absorción de nutrientes esenciales como potasio y calcio (Vasyl, 2023).

Estos síntomas reflejan los daños fisiológicos y metabólicos internos, entre los cuales se destaca la desnutrición de la planta debido a alteraciones en los procesos homeostáticos (Zambrano, 2021).

1.2.3 Efectos del estrés salino en el crecimiento

La salinidad afecta negativamente a las plantas de tomate en varios aspectos. Disminuye la germinación de las semillas y limita el crecimiento de las raíces, lo que afecta la absorción de nutrientes. En el sistema aéreo, los tallos son más cortos, las hojas se reducen en número y muestran desecación en los bordes, lo que impacta la producción de fotoasimilados y el rendimiento de los frutos (Goykovic *et al.*, 2007). Según Yara (2018), los tomates muestran una tolerancia moderada a la salinidad, siendo capaces de crecer sin afectación en la producción hasta una Conductividad Eléctrica (CE) de 2.5 dS/cm. Sin embargo, niveles de CE superiores pueden reducir gradualmente la producción, variando según la variedad específica.

Un suelo con CE superior a 4 dS/m sufre de estructura deteriorada, menor disponibilidad de nutrientes, problemas en la circulación de agua y aire, baja absorción hídrica, penetración radicular limitada y dificultades en la germinación (Chhabra, 2017).

1.2.4 Manejo de la salinidad

El manejo de la salinidad en la agricultura se centra en controlar el aumento de sales solubles en el suelo, principalmente debido al agua de riego, incluso cuando es de alta calidad. Para prevenir la salinización del suelo, es crucial realizar lavados periódicos para eliminar las sales acumuladas en la zona radicular mediante la percolación del suelo (Vargas *et al.*, 2023).

Una medida de remediación química implica el uso de yeso u otras formas de calcio para mejorar la permeabilidad del suelo y reducir el exceso de sodio. El calcio reemplaza el sodio adherido a las partículas del suelo, permitiendo que el sodio liberado se convierta en sales como Na₂SO₄, las cuales pueden ser lixiviadas más fácilmente del suelo (Rodriguez *et al.*, 2021).

La incorporación de enmiendas orgánicas emerge como una estrategia efectiva para mitigar los efectos adversos de la salinidad en el suelo. Estudios han demostrado que el abono, estiércol, desechos verdes y otras enmiendas orgánicas no solo reducen la erosión del suelo, sino que también mejoran su estructura y función. Este enfoque se valida en diversos tipos de suelos, incluyendo los salinos y sódicos (Diacono *et al.*, 2015).

1.3 Hongos micorrízicos arbusculares

1.3.1 Generalidades de los HMA

Los HMA son un grupo crucial de organismos del suelo que pueden mejorar significativamente la productividad de los cultivos y la sostenibilidad del ecosistema en nuevas estrategias de producción de plantas. Estos hongos pueden establecer una relación simbiótica con las raíces de una amplia variedad de plantas, mejorando la absorción de nutrientes y proporcionando beneficios adicionales como la estabilización del suelo y la mitigación del estrés de las plantas (Ejersa, 2021).

Esta relación simbiótica entre las raíces de las plantas y los hongos presentes en el suelo. La evidencia sugiere que esta relación tiene raíces ancestrales que se remontan al Devónico temprano, siendo crucial para la colonización inicial de las plantas en el medio terrestre (Brundrett *et al.*, 2018).

La influencia en el desarrollo radicular de las plantas hospederas juega un papel fundamental en la formación y retención del suelo, promoviendo así su fertilidad (Herrera *et al.*, 2023).

Carrillo *et al.* (2022) menciona que las HMA ayudan a mantener la integridad de las membranas celulares, mejorar el contenido de agua en las plantas, la absorción de nutrientes y la eficiencia en el uso del agua, lo que se traduce en un mejor crecimiento bajo condiciones de sequía. Además, protegen el aparato fotosintético del estrés oxidativo y aumentan las actividades antioxidantes, mejorando la eficiencia fotosintética y la acumulación de compuestos beneficiosos como osmolitos y hormonas, y reduciendo las especies reactivas de oxígeno (Tang *et al.*, 2022).

1.3.2 Mecanismos de acción de los hongos micorrízicos en la mitigación del Estrés Salino

Los HMA han demostrado ser eficaces para mitigar este estrés mediante mecanismos que incluyen mejor absorción de nutrientes, homeostasis iónica, eficiencia en el uso del agua y fotosíntesis, y aumento del metabolismo antioxidante (Evelin *et al.*, 2019). También puede modificar la respuesta de las plantas durante el estrés por déficit hídrico, destacando su relación con funciones fisiológicas esenciales como la fotosíntesis y la distribución de fotoasimilados (Fernández *et al.*, 2016).

La simbiosis mejora la resistencia de las plantas al estrés por sal mediante ajustes osmóticos e iónicos, facilitando la acumulación de solutos que mantienen el equilibrio

hídrico y reducen la toxicidad del Na^+ mejorando la tolerancia a la salinidad este efecto varía según el tipo de planta y las condiciones del estrés (Augé *et al.*, 2014).

Esta adaptación se asocia principalmente a factores iónicos y cambios en el equilibrio hormonal inducidos por las micorrizas, lo que sugiere un efecto interactivo positivo que mejora la adaptación de la planta al modificar su balance hormonal (Khalloufi *et al.*, 2017).

1.3.3 Efecto de los hongos micorrízicos en la tolerancia al estrés salino

La simbiosis entre las plantas y los hongos micorrízicos mejora significativamente la tolerancia de las plantas al estrés salino. Esta relación fortalece la resistencia de las plantas a través de cambios morfológicos y fisiológicos, como la producción de solutos, hormonas, antioxidantes, el ajuste del equilibrio K^+/Na^+ , una red radicular más extensa y una mayor absorción de nutrientes. Estos procesos permiten que las plantas no solo toleren, sino también sobrevivan mejor en condiciones de alta salinidad (Abdel *et al.*, 2014).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La investigación se realizó en el Centro de Apoyo Colonche – UPSE localizado en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena durante los meses comprendidos entre noviembre 2023 y febrero del 2024. Las coordenadas geográficas de referencia son: Latitud -2.021935 y Longitud -80.680548, bajo el sistema WGS84.

Según la clasificación de Köppen (2024), Colonche se clasifica como un clima (BSh), es decir semiárido cálido. Este clima se distingue por pequeñas variaciones en la temperatura a lo largo del año, acompañado de estaciones secas prolongadas y lluvias poco frecuentes concentradas en ciertos momentos. En esta región, la temperatura promedio anual es de 24°C y la humedad relativa varía entre el 79% y el 89% (Pardo, 2023).



Figura 1. Ubicación, Centro de apoyo Colonche (Google Maps, 2024)

2.2 Descripción de la infraestructura y el área de estudio

El proyecto se realizó en condiciones semicontroladas bajo invernadero en un área aproximada de 60 metros cuadrados cubiertas por una malla tipo *Sarán* que proporciona un 50% de sombra, lo que permite reducir la radiación directa, además de proporcionar protección contra plagas y enfermedades.

Los suelos del Centro de Apoyo Colonche, según el mapa de órdenes de suelos del Ecuador, se clasifican como (Entisoles Fluvents). Estos suelos se distinguen por una predominancia de texturas superficiales y un régimen de humedad ústico, con un drenaje natural moderado. Además, se caracterizan por presentar una fertilidad que varía de alta a media, con niveles de carbono orgánico promedio 6 t ha^{-1} (GEOPORTAL, 2024).

2.3 Material vegetativo y condiciones experimentales

Las semillas empleadas de la variedad Floradade, originaria de los Estados Unidos, la cual es el resultado de un cruce entre las variedades Walter y Fla. Estas semillas se destacan por su resistencia a enfermedades como *Verticillium*, *Fusarium* 0-1 y *Stemphylium*, además de producir frutos con un peso promedio de 260 a 300 gramos (Sadaka, 2015).

2.3.1 Hongos micorrízicos arbusculares

Para la inoculación micorrízica, se utilizó un producto de la marca Huxtable®, el cual viene en presentación de gránulos tipo polvo fino de color café rojizo. Este inoculante contiene aproximadamente 50 unidades de endoectomicorrizas provenientes de bosques de árboles nativos del Ecuador. Esta procedencia confiere al producto un carácter 100% natural y ecológico (FERBIOHUX, 2024).

2.3.2 Fibra de coco

Se optó por utilizar fibra de coco como sustrato inerte en términos de contenido nutricional, lo cual es ideal porque no altera significativamente las condiciones del experimento. Además, la fibra de coco posee propiedades físicas como una estructura fibrosa que permite una excelente aireación y retención de agua, promoviendo un ambiente óptimo para el desarrollo radicular de las plántulas (Nicolás, 2013).

2.3.3 Preparación de las soluciones salinas

Para establecer los cuatro tratamientos de salinidad, se consideró la masa molar del NaCl utilizando como base el agua de Colonche, que posee una conductividad eléctrica media de 1.14 dS/m , se calculó la cantidad de NaCl necesaria por cada litro de agua para alcanzar concentraciones de 2.5, 3.5 y 4 dS/m . Se determinó que para lograr estas concentraciones se necesitan 0.79, 1.38 y 1.67 gramos de NaCl por litro de agua, respectivamente luego se verificó cada solución utilizando un conductímetro para asegurar la precisión de los niveles de conductividad establecidos.

2.4 *Materiales, equipos e insumos*

2.4.1 *Materiales de campo*

- Pala
- Pico
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Funda de vivero
- Martillo y clavos
- Rollo alambre galvanizado
- Cinta de rafia
- lámina de polietileno transparente
- lámina de polietileno negro
- Malla asaran 50%

2.4.2 *Equipos de campo*

- Balanza
- Taza dosificadora
- Flexómetro
- Pie de rey
- Bomba de fumigar

2.4.3 *Equipos de oficina*

- Computador portátil
- Cámara digital
- Bolígrafo

2.4.4 *Equipos de laboratorio*

- Conductímetro
- Refractómetro
- horno de convección

2.5 *Tipo de investigación*

Se realizó una investigación de tipo experimental con el objetivo de evaluar la interacción entre las micorrizas y el estrés salino para analizar el efecto fisiológico y productivo de las plantas de tomate.

2.6 *Diseño de investigación*

2.6.1 *Diseño experimental*

Se llevó a cabo un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial 2x2 con dos factores de estudio, el Factor A, conformado por cuatro niveles de salinidad (1.14, 2.5, 3.5 y 4 dS/m), y el Factor B conformado por la presencia o ausencia de micorrizas (+,-) y cuatro repeticiones para un total de 32 unidades experimentales (Tabla 1)

Tabla 1. Tratamientos de 4 niveles de conductividades eléctricas (CE) inoculados con micorrizas (HMA)

	CE	HMA
T1	1.14	+
T2	1.14	-
T3	2.5	+
T4	2.5	-
T5	3.5	+
T6	3.5	-
T7	4	+
T8	4	-

Cada unidad experimental estuvo conformada por una maceta conteniendo 15 kg de suelo, los tratamientos fueron distribuidos al azar como se muestra en la Figura 2.

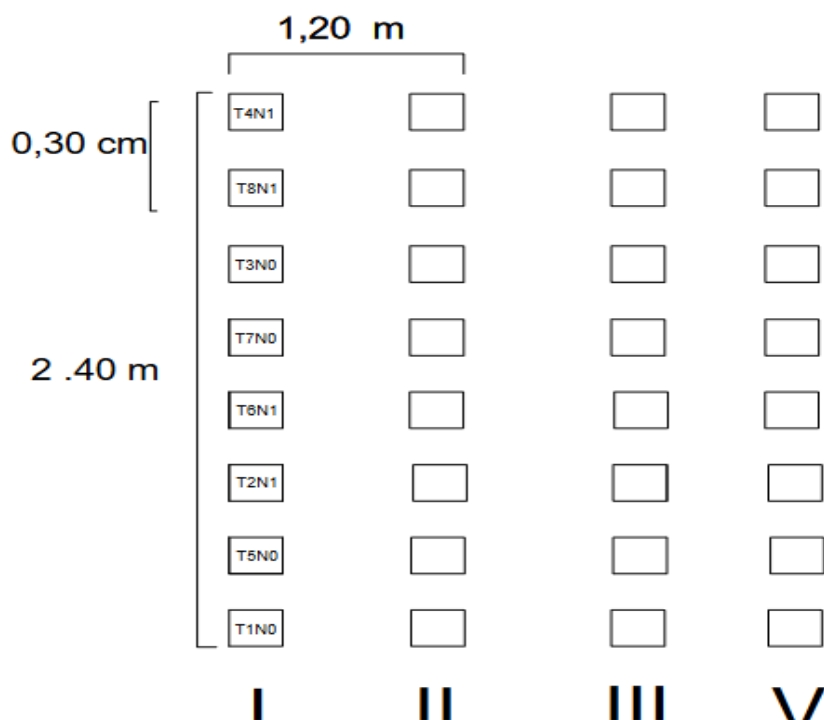


Figura 2. Distribución de los tratamientos

2.7 Manejo del experimento

2.7.1 Solarización del suelo

Antes de la implementación del experimento se seleccionó una parcela cercana al área experimental donde se colocó una lámina de polietileno negro de 100 μm como base. Sobre la cual se colocó el sustrato conformado por suelo procedente del horizonte A extraído del mismo centro de apoyo posteriormente se selló herméticamente con una lámina de polietileno transparente, 100 μm y anti-UV. Este sustrato tuvo un periodo de exposición de 30 días con volteados ocasionales para cumplir con la esterilización la cual tuvo como objetivo reducir la presencia de inóculo de hongos micorrízicos arbusculares propios de la zona según la metodología de Randig *et al* (2002).

2.7.2 Semillero

Se realizó la siembra en bandejas previamente desinfectadas, empleando fibra de coco como sustrato inerte. Las semillas fueron sembradas a una profundidad de 3 cm y se aplicó un riego diario.

2.7.3 Preparación de las macetas

Después de la fase de semillero, se llenaron cada una de las macetas con 15 kg de suelo que previamente había sido sometido a solarización. Después se realizó la medición de la capacidad de campo de la maceta, lo que permitió establecer un régimen de riego adecuado.

2.7.4 Trasplante e inoculación

Después de siete días de emergencia de las plántulas se realizó el trasplante. Durante este proceso, se inocularon 5 gramos del inoculante micorrízico, colocándolo debajo de la zona de las raíces según los tratamientos establecidos. Esta técnica permitió asegurar una adecuada colonización micorrícica en el sistema radicular de las plantas trasplantadas.

2.7.5 Riego con las soluciones

Para aplicar los tratamientos de salinidad, se prepararon soluciones con las concentraciones calculadas de NaCl: 0.79, 1.38, y 1.67 gramos por litro de agua, calculando 20 litros por tratamiento cada vez que se regó. Estas soluciones se aplicaron a las plantas mediante un riego a capacidad de campo, con una dosis de 2 litros por planta. Además, se ajustó la frecuencia de aplicación según las condiciones ambientales: diariamente en días soleados y cada dos días en días nublados.

2.7.6 Poda

A los 40 y 62 días después del trasplante (DDT), se llevaron a cabo podas de mantenimiento para eliminar los brotes laterales, Además, a los 56 días después del trasplante (DDT), se realizó una poda de floración para proporcionar tiempo adicional para el desarrollo de la planta antes de la floración.

2.7.7 Tutorado

A los 24 días después del trasplante (DDT), se llevó a cabo el tutorado utilizando una cinta de rafia para envolver el tallo y guiar los tallos laterales al sentido de las manecillas del reloj.

2.7.8 Plan de fertilización

Se diseñó un plan de fertilización en base a los requerimientos del cultivo para un rendimiento esperado 45 t ha⁻¹. La dosis de nutrientes requeridas fue de 120-60-80 kg de

nitrógeno, fósforo y potasio, con la finalidad de no interferir en el proceso de micorrización la dosis de fósforo se aplicó al 75%. Para cubrir estos requerimientos, se utilizaron fertilizantes como DAP (6.67 kg/ha), urea (2.61 kg/ha) y cloruro de potasio (1.33 kg/ha). El nitrógeno se aplicó en cuatro etapas del cultivo: 40% al trasplante (2.58 g/planta), 30% durante el crecimiento (1.93 g/planta), 20% en la floración (1.29 g/planta) y 10% en la fructificación (0.64 g/planta). El fósforo se aplicó en mayor cantidad al inicio del ciclo con 3.52 g/planta, y luego se redujo a 2.7 g/planta.

El potasio se distribuyó en tres etapas clave del desarrollo: inicio vegetativo, floración y fructificación, con 0.9 g/planta en cada etapa, asegurando la calidad del fruto. La fertilización foliar se realizó para completar los requerimientos de microelementos aplicando YARA TERA Kristalon White Label con una dosis de 5 gr/litro con una frecuencia de cada 15 días con el fin de prevenir deficiencias durante las etapas del cultivo.

2.7.9 Manejo fitosanitario

Se realizaron monitoreos periódicos para detectar signos de enfermedades y diagnosticar deficiencias nutricionales como medidas preventivas. El control de malezas fue continuo para evitar que se conviertan en focos de plagas y enfermedades. Además, se implementaron barreras físicas, como mallas anti-plagas, para prevenir la entrada de insectos y otras plagas. Todas estas prácticas se realizaron manteniendo condiciones ambientales óptimas dentro del invernadero.

Para el control de plagas, se utilizaron diversos productos químicos, aplicándolos semanalmente según las dosis recomendadas por el fabricante para asegurar un control efectivo de las plagas y minimizar el riesgo de resistencia. A continuación, se presenta la Tabla 2 con los productos utilizados para el control de plagas.

Tabla 2. Tratamientos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades

Objetivo	Producto comercial	Molécula activa	Dosis
Trips (<i>Frankiniella occidentalis</i>) Negrita (<i>Prodiplosis longifila</i>) Mosca blanca (<i>Trialeuro des vaporariorum</i>) Minador (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	ACTUP	Thiamethoxam	4 CC/litro
Trips (<i>Frankiniella occidentalis</i>) Negrita (<i>Prodiplosis longifila</i>) Mosca de la fruta (<i>Ceratitis capitata</i>) Minador (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	ENGEO	Tiamethoxam + Lambdacihalotrina	2 CC/litro
Gusano cogollero (<i>Helicoverpa armígera</i>) Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) Paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>)	PLANETA	Pirimiphos-methyl	3 CC/litro
Gusano cortador (<i>Agrotis ipsilon</i>) Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>) Hormiga (<i>Formicidae</i>)	BALA 55	Chlorpyrifos + Cypermethrin	4 CC/litro
Oidio (<i>Sphaerotheca pannos</i>) Tizón de la hoja (<i>Helminthosporium maydis</i>) Araña Roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	SKUL 27	Cobre pentahidratado	3 CC/litro

2.8 Parámetros evaluados

2.8.1 Morfológicos

Altura de la planta: se tomó midiendo desde la base del tallo hasta la yema terminal de la planta en donde se encuentra el crecimiento apical para esto se utilizó un flexómetro.

Diámetro del tallo: El diámetro del tallo se midió desde la base hasta el primer nudo del tomate, con una distancia de 5 cm desde la base. Este proceso de medición se llevó a cabo utilizando un calibrador manual de la marca Best Value.

Hojas activas: El procedimiento de conteo comenzó desde la base de la planta y avanzó hacia la parte superior. Se utilizó una cinta métrica para dividir la planta en secciones de 10 cm, facilitando un conteo más sistemático. Cada hoja fue inspeccionada y marcada para asegurar que cumplía con los criterios de una hoja activa.

Números de frutos: Se registró el total de frutos recolectados por cada planta y se pesaron utilizando una balanza de precisión en gramo.

Grados Brix: Se empleó un refractómetro para determinar el contenido de los grados Brix en los tomates. Se partieron los tomates a la mitad y se colocaron dos gotas de jugo en el refractómetro para medir los grados Brix. el refractómetro se lavó con agua destilada después de cada lectura y se secó con papel para evitar errores de mezcla de jugos.

Rendimiento: Para calcular el rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$), se partió del peso de los frutos de cada planta de tomate por tratamiento. Luego se extrapoló este rendimiento promedio por metro cuadrado por la densidad de plantación para obtener una estimación del rendimiento por hectárea.

Dependencia micorrícica: Para la determinación de la materia seca, se procedió a cortar toda la biomasa aérea desde la base del tallo y se colocó en bolsas de papel kraft. Posteriormente, se pesó en una balanza digital y se introdujo en una estufa de circulación de aire a $65\ ^\circ C$ durante 48 horas.

El índice utilizado para evaluar la eficiencia de la micorrización en la producción de biomasa se basó en el método propuesto por (Plenchette., *et al* 1983). Este índice permite comparar el peso seco total de las plantas micorrizadas y no micorrizadas utilizando la siguiente fórmula.

$$DM = \frac{\text{peso planta inoculada} - \text{peso planta no inoculada}}{\text{peso planta inoculada}} \times 100$$

Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza con el test F con el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2019). Para evaluar las interacciones de los factores cuando los efectos fueron significativos se aplicó la prueba de Tukey, empleando un nivel de significancia del 0.05% para el p-valor. Para evaluar las interacciones entre los factores, se consideró un nivel de significancia del 0.25% para el p-valor para comprender las relaciones específicas entre variables (Perecin *et al.*, 2008). Los gráficos se elaboraron con el software R para una mejor visualización y análisis de los datos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características morfológicas de plantas de tomate bajo la influencia de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA

3.1.1 Altura

En la Tabla 3 se muestra el cuadro resumen de análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de plantas de tomate bajo el efecto de cuatro niveles de conductividad eléctrica (CE) y presencia y ausencia de hongos micorrízicos arbusculares (+/-HMA). Los cuadrados medios (CM) y los valores $Pr > F_c$ (probabilidad asociada a la p) indican la significancia estadística de cada factor y la interacción entre los factores CE y HMA. Se observa que existe diferencia significativa en la interacción entre los factores CE x HMA en la variable altura a los 16, 24, 43 y 72 días después del trasplante DDT.

Tabla 3. Resumen del análisis de varianza de la variable altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ausencia HMA a los 16, 24, 43 y 72 DDT.

CUADRADOS MEDIOS									
Altura		16 DDT		24 DDT		43 DDT		72 DDT	
FV	GL	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	3	46.6594*	0.0065	487.413*	0.0000	469.360*	0.0000	2355.04*	0.0000
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	573.757*	0.0000	908.445*	0.0000	471.245*	0.0001	2776.98*	0.0000
CE x HMA	3	49.516*	0.0049	31.741*	0.0718	54.0625*	0.1002	432.062*	0.0000
CV%	5.18			4.50		2.98		2.46	
Media	57.74			76.903		161.781		194.571	

*Significativo; ^{ns}No significativo

Los resultados obtenidos muestran la influencia del nivel de conductividad CE y la presencia o ausencia de HMA en la variable altura a los 16, 24, 43 y 72 DDT. En general, se observa que la presencia de HMA (+) conduce a valores significativamente más altos en todos los niveles de CE y en todos los tiempos evaluados, en comparación con la ausencia de HMA (-). Específicamente, a 16 DDT, los valores de acumulación son notablemente mayores en condiciones de HMA (+) que en HMA (-) para todos los niveles de CE, con diferencias más marcadas en niveles más bajos de CE. A medida que avanza el tiempo (24, 43 y 72 DDT), esta tendencia se mantiene, aunque las diferencias tienden a reducirse ligeramente, especialmente en niveles más altos de CE.

Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro con el tiempo, siendo más pronunciada en las condiciones de HMA (+). Por ejemplo, a

72 DDT, el nivel de acumulación en CE 1.14 con HMA (+) es de 226.75, mientras que con HMA (-) es de 195.87. Esto sugiere que la inoculación con HMA puede mejorar significativamente la acumulación del parámetro estudiado, y que este efecto se ve influenciado tanto por el tiempo como por el nivel de CE.

Tabla 4. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 16,24,43 y 72 DDT.

CE dS/m	16 DDT		24 DDT		43 DDT		72 DDT	
	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)
1.14	66.17 aA	54.52 aB	92.62 aA	80.02 aB	173.77 aA	163.57 aB	226.75 aA	195.87 aB
2.5	65.12 aA	51.92 aB	87.47 aA	72.47 bB	170.85 aA	163.57 aB	222.90 aA	191.20 aB
3.5	58.62 bA	56.40 aA	77.02 bA	67.90 bA	165.32 aA	152.70 bB	187.07 aA	179.22 bB
4	57.97 bA	51.17 aB	71.80 bA	65.90 bA	152.52 bA	151.92 bA	178.82 bA	174.72 bA

Las medias seguidas de la misma letra minúscula en cada columna no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas comparan medias entre columnas y mayúsculas comparan medias entre las filas según la prueba de Tukey ($p>0.05$). DDT=Días después del trasplante; HMA (+) plantas inoculadas; HMA (-) plantas no inoculadas

3.1.2 Numero de hojas activas

En la Tabla 5 se muestra el cuadro resumen del análisis de varianza (ANOVA), indicando que la interacción entre los factores CE y HMA tiene un efecto significativo en el número de hojas activas en todos los momentos evaluados (16, 24, 43 y 72 DDT). La combinación de ambos factores influye de manera compleja en el desarrollo foliar de las plantas, afectando significativamente el número de hojas activas a lo largo del tiempo. Esto sugiere que la interacción entre la CExHMA desempeña un papel crucial en la adaptación y crecimiento de las plantas de tomate bajo condiciones de salinidad.

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza de la variable hojas activas de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ausencia de HMA a los 16, 24, 43 y 72 DDT.

CUADRADOS MEDIOS									
Hojas activas									
FV	GL	16 DDT		24 DDT		43 DDT		72 DDT	
		CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	3	6.416*	0.0000	25.281*	0.0000	36.864*	0.0000	47.708*	0.0000
Hongos micorrizicos arbusculares (HMA)	1	18.000*	0.0000	140.281*	0.0000	166.531*	0.0000	153.12*	0.0000
CE x HMA	3	1.583*	0.0232	1.781*	0.0135	0.864 *	0.1091	7.208*	0.0020
CV%	19.8			10.05		6.92		6.53	
Media	3.25			6.343		8.968		15.937	

*Significativo; ^{ns}No significativo

Los resultados presentados en la Tabla 6 muestran cómo la presencia de HMA y diferentes niveles de CE afectan la acumulación de un parámetro medido en diferentes tiempos (16, 24, 43 y 72 DDT). A través de todos los niveles de CE y tiempos evaluados, se observa que la inoculación con HMA (+) resulta en valores significativamente más altos en comparación con la ausencia de HMA (-). Por ejemplo, a un nivel de CE de 1.14, a 16 DDT, la acumulación es de 5.25 con HMA y de 3 sin HMA. Esta tendencia se mantiene en los siguientes tiempos y niveles de CE, alcanzando valores de 21 con HMA y 15.50 sin HMA a 72 DDT en el mismo nivel de CE.

Se destaca que a niveles más altos de CE (3.5 y 4 dS/m), aunque la tendencia de mayor acumulación en presencia de HMA se mantiene, las diferencias tienden a ser menores comparadas con niveles de CE más bajos. Esto podría indicar que el efecto positivo de los HMA es más pronunciado en condiciones de menor estrés salino. Por ejemplo, a un nivel de CE de 4 y a 72 DDT, la acumulación es de 15.75 con HMA y de 9 sin HMA.

Tabla 6. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable hojas activas de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 16,24,43 y 72 DDT.

CE dS/m	16 DDT		24 DDT		43 DDT		72 DDT	
	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)
1.14	5.25 aA	3 aB	10.50 aA	5.50 aB	13.75 aA	8.50 aB	21 aA	15.50 aB
2.5	5.00 aA	2.75 aB	10.25 aA	5.25 aB	13 aA	8 aB	19.50 aA	15.25 aB
3.5	3.25 aB	2.25 aB	6.75 bA	3.25 bB	9.25 aA	5.25 bB	16.25 bA	14.50 bB
4	2.50 aB	2 aA	6.25 bA	3 bB	9 bA	5 bB	15.75 bA	9 bA

Las medias seguidas de la misma letra minúscula en cada columna no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas comparan medias entre columnas y mayúsculas comparan medias entre las filas según la prueba de Tukey ($p>0,05$). DDT=Días después del trasplante; HMA (+) plantas inoculadas; HMA (-) plantas no inoculadas

3.1.3 Diámetro del tallo

En la Tabla 7 se muestra el cuadro resumen del análisis de varianza (ANOVA) donde se destaca que los diferentes niveles de salinidad afectan significativamente el diámetro del tallo de las plantas. Independientemente del nivel de CE, las plantas inoculadas con HMA presentan un mayor diámetro del tallo en comparación con las no inoculadas.

Al analizar la interacción entre CE y HMA, se observa que en los momentos de 16 y 24 DDT, la interacción muestra valores de $Pr>F_c$ de 0.1299 y 0.1118, respectivamente lo que indica una diferencia significativa. Sin embargo, en los momentos de 43 y 72 DDT, los valores $Pr>F_c$ son 0.9799 y 0.6125 respectivamente, ambos mucho mayores a 0.25, indicando que, en estos tiempos específicos, la interacción entre CExHMA no tiene un efecto significativo sobre el diámetro del tallo.

Tabla 7. Resumen del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 16,24,43 y 72 DDT.

CUADRADOS MEDIOS									
Diámetro del tallo									
FV	GL	16 ddt		24 ddt		43 ddt		72 ddt	
		CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	3	0.054*	0.0002	0.1353*	0.0000	0.1119*	0.0000	0.0686*	0.0001
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	1.361*	0.0000	1.3203*	0.0000	1.3203*	0.0000	0.0253*	0.0499
CE x HMA	3	0.011*	0.1299	0.0136*	0.1118	0.0003 ^{ns}	0.9799	0.0036 ^{ns}	0.6125
CV%	13.8			10.07		4.92		4.35	
Media	0.531			0.778		1.453		1.771	

*Significativo; ^{ns}No significativo

Los resultados presentados en la Tabla 8 muestran cómo la presencia de HMA y diferentes niveles de CE afectan el diámetro del tallo de plantas de tomate en diferentes tiempos 16 y 24 DDT. A través de todos los niveles de CE y tiempos evaluados, se observa que la inoculación con HMA (+) resulta en diámetros de tallo significativamente más grandes en comparación con la ausencia de HMA (-). Por ejemplo, a un nivel de CE de 1.14, a 16 DDT, el diámetro del tallo es de 0.87 con HMA (+) y de 0.37 sin HMA (-).

Esta tendencia se mantiene en el siguiente tiempo evaluado, alcanzando valores de 1.17 con HMA (+) y 0.72 sin HMA (-) a los 24 DDT en el mismo nivel de CE, se destaca que a niveles más altos de CE (3.5 y 4 dS/m), aunque la tendencia de mayor diámetro en presencia de HMA se mantiene, las diferencias tienden a ser menores comparadas con niveles de CE más bajos. Esto podría indicar que el efecto positivo de los HMA es más pronunciado en condiciones de menor estrés salino. Por ejemplo, a un nivel de CE de 4 y a 24 DDT, el diámetro del tallo es de 0.82 con HMA (+) y de 0.47 sin HMA (-).

Tabla 8. Interacción de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA en la variable diámetro del tallo en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 16,24,43 y 72 DDT.

CE dS/m	16 ddt		24 ddt	
	HMA (+)	HMA (-)	HMA (+)	HMA (-)
1.14	0.87 aA	0.37 aB	1.17 aA	0.72 aB
2.5	0.80 aA	0.35 aB	1.05 aA	0.55 bB
3.5	0.65 bA	0.30 aB	0.87 bA	0.55 bB
4	0.62 bA	0.27 aB	0.82 bA	0.47 bB

Las medias seguidas de la misma letra minúscula en cada columna no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas comparan medias entre columnas y mayúsculas comparan medias entre las filas según la prueba de Tukey ($p > 0,05$). DDT=Días después del trasplante; HMA (+) plantas inoculadas; HMA (-) plantas no inoculadas

En la Figura 3, se compararon los efectos de diferentes niveles de CE en el diámetro del tallo de las plantas a los 43 y 72 DDT. Se evidenció que no existe una diferencia significativa en el diámetro del tallo entre la presencia de HMA (+) y la ausencia de HMA (-). En la (Figura 3A) y (Figura 3C) a los 43 y 72 DDT, las diferencias en el diámetro del tallo entre los niveles de CE son menos marcadas en comparación con el incremento de la CE. Por ejemplo, en el nivel de 1.14 y 2.5 dS/m existe una diferencia de 0.03 mm y 0.13 mm en los dos tiempos, y esta tendencia de disminución se mantiene. De manera similar, en los niveles de 3.5 dS/m y 4 dS/m, donde también se registra una diferencia de 0.17 mm y 0.13 mm, respectivamente. Esto indica que a medida que los niveles de CE aumentan se observa una reducción en el diámetro del tallo, lo que sugiere una respuesta negativa del crecimiento del tallo de las plantas a niveles más altos de CE.

En la (Figura 3B), a los 43 DDT, se observó un aumento significativo en el diámetro del tallo debido a la presencia de HMA (+), con una diferencia notable de 0.40 mm en comparación con la ausencia de HMA (-). Por el contrario, con la (Figura 3D), a los 72 DDT, no se detectó una diferencia significativa en el diámetro del tallo, aunque hubo un ligero aumento de 0.06 mm en las plantas con HMA (+) en comparación con las sin HMA (-).

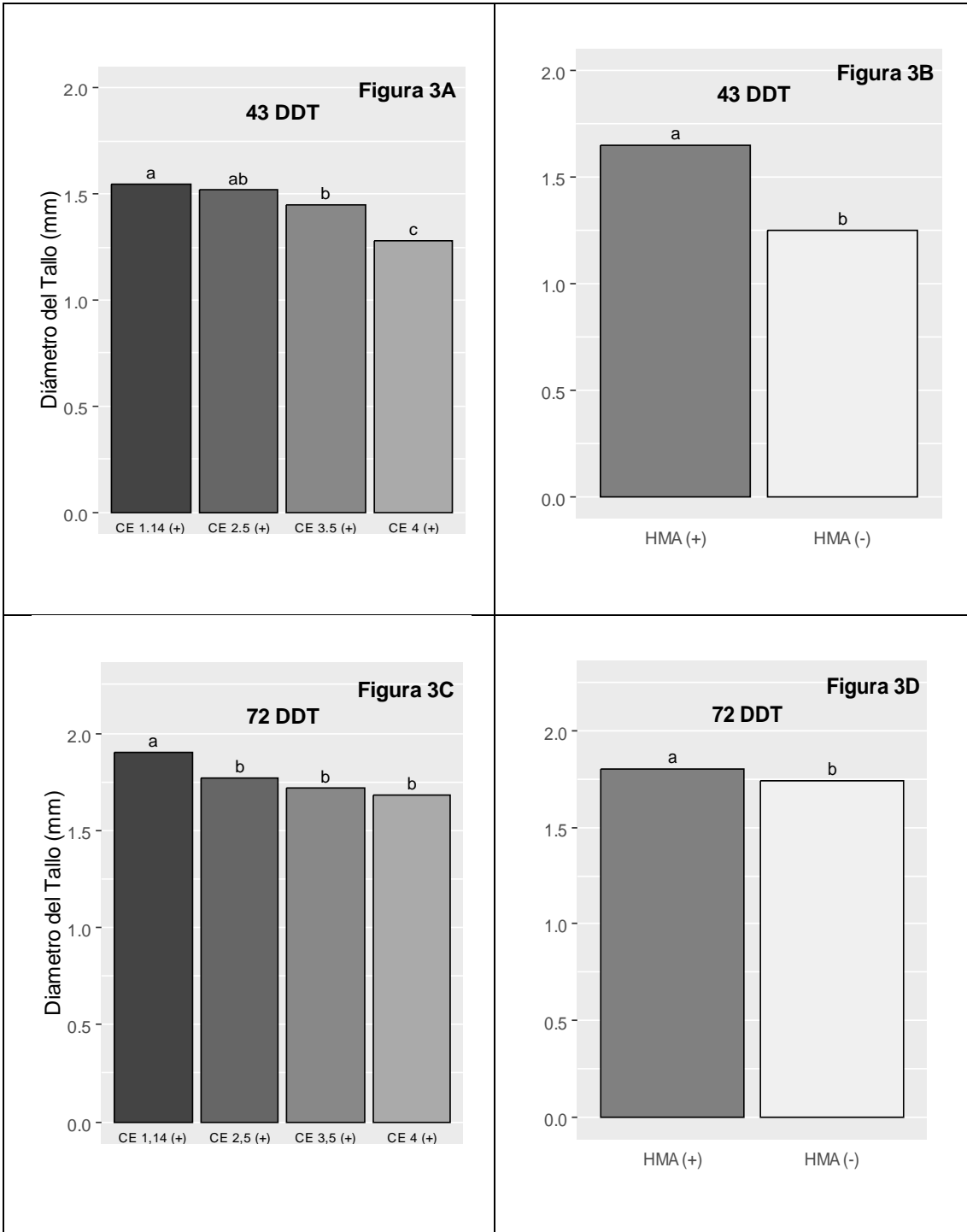


Figura 3. Análisis de significancia estadística del diámetro del tallo de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA. Las Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba de tukey ($p < 0,05$)

3.1.4 Respuesta micorrízica

En la Figura 4 se observa un incremento notable en la acumulación de biomasa debido a la inoculación con HMA en los niveles más bajos de CE. Específicamente, se comprobó que niveles de CE de 1.14 y 2.5 dS/m, tienen una diferencia promedio de 4% lo que sugiere un beneficio considerable incluso en condiciones de niveles moderados de CE. Sin embargo, a niveles más altos de CE, como 3.5 y 4 dS/m, la eficiencia micorrízica tiende a disminuir, manteniendo una diferencia promedio de 3% lo que sugiere que la inoculación con HMA podría tener un efecto positivo en la eficiencia micorrízica, tanto en condiciones de menor y mayor salinidad.

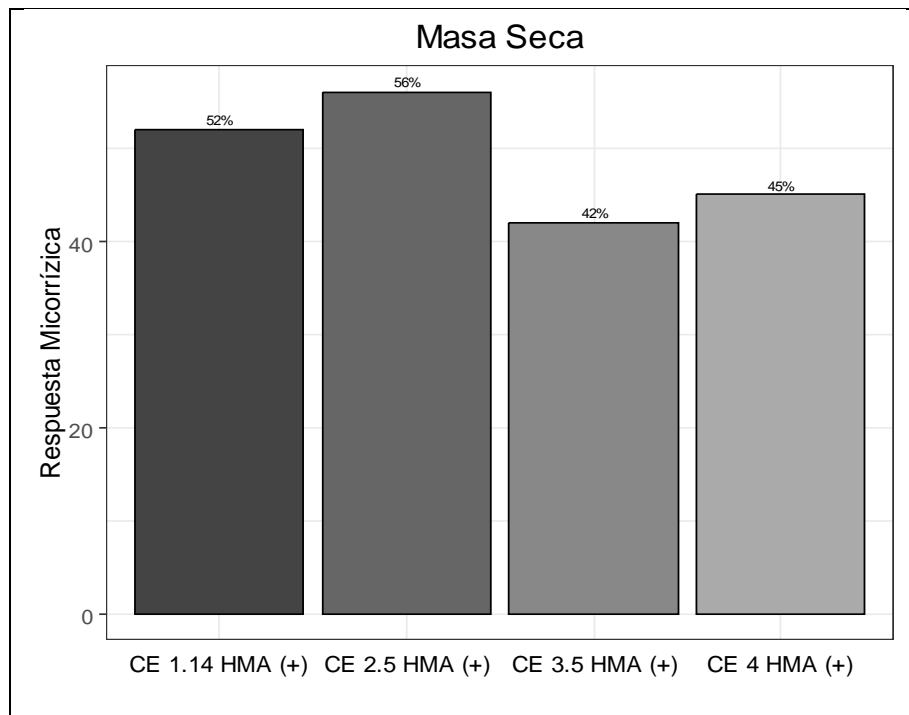


Figura 4. Análisis del porcentaje de micorrización en biomasa seca bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ ausencia de micorrizas

3.2 Parámetros productivos de plantas de tomate bajo la influencia de cuatro niveles de conductividad eléctrica y presencia/ausencia de HMA

3.2.1 Grados brix

En la Figura 5, se evidenció que existe una diferencia significativa entre los niveles de CE y la presencia de HMA (+) y la ausencia de HMA (-). En la (Figura 5A), se observa una disminución gradual en los grados Brix a medida que aumenta el nivel de CE, esta tendencia se mantiene durante todos los niveles. En los niveles de CE de 1.14 dS/m y 2.5 dS/m donde se registra una diferencia 0.15 grados brix y en 3.5 y 4 dS/m también hubo una reducción de 0.28 grados brix evidenciado la diferencia significativa entre los tratamientos. En la (Figura 5B), se registró un aumento notable de 0.98 en los grados brix en las plantas con HMA (+) en comparación con las sin HMA (-), sugiriendo un efecto positivo en la mejora de la calidad y contenido de azúcares en las plantas inoculadas.

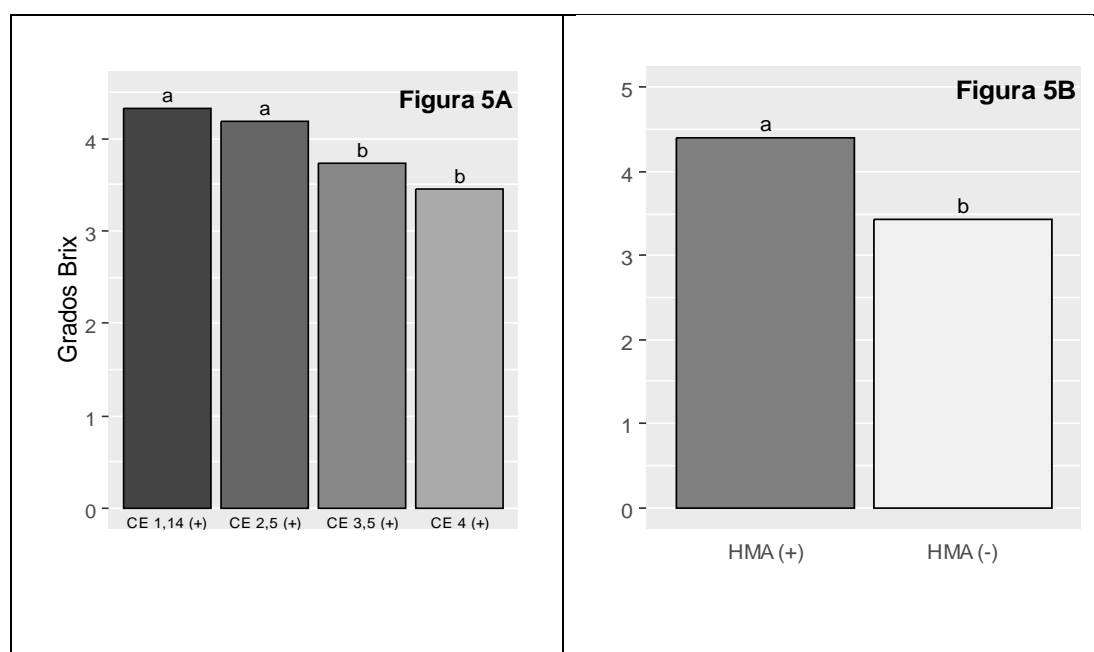


Figura 5. Efecto de la salinidad en los Grados brix en el tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA.

3.2.2 Rendimiento

En la Tabla 9 se muestra el cuadro resumen del análisis de varianza (ANOVA), indicando que la interacción entre los factores CE y HMA tiene un efecto significativo en la producción. La interacción CE x HMA tiene un p-valor de 0.0844, que es significativo cuando se compara con el umbral de 0.25, sugiriendo que esta interacción es relevante

bajo las condiciones experimentales. Esto sugiere que la interacción desempeña un papel crucial en la adaptación y productividad de las plantas de tomate bajo condiciones de salinidad.

Tabla 9. Resumen del análisis de varianza de la variable Rendimiento de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia/ ausencia de HMA

Rendimiento			
FV	GL	CM	Pr>F_c
Conductividad eléctrica (CE)	3	1333,114*	0,0000
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	381,639*	0,0002
CE x HMA	3	48,1548*	0,0844
CV%	15.10		
Media	29.1053		

*Significativo; ^{ns}No significativo

En la Figura 6, se evidenció que existe una diferencia significativa en la productividad entre los niveles de CE y la presencia de HMA (+) y la ausencia de HMA (-). En la (Figura 6A), se observa que los niveles de CE de 1.14 y 2.5 dS/m son los más favorables para la producción de tomate, con medias significativamente más altas manteniendo una diferencia de 5.40 t ha⁻¹ en comparación con los niveles de 3.5 y 4 dS/m que tienen una diferencia de 2.49 t ha⁻¹, respectivamente. En la (Figura 6B), se registró una diferencia de medias de 6.9 toneladas en la productividad en las plantas con HMA (+) en comparación con las sin HMA (-).

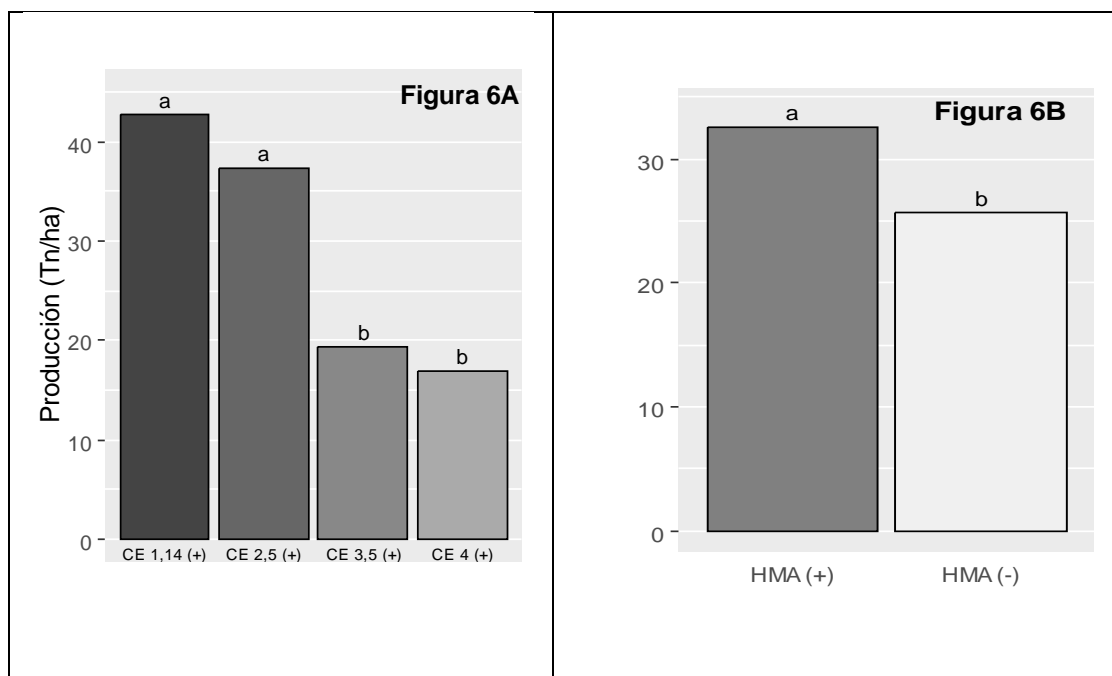


Figura 6. Análisis de significancia estadística de la Producción $t\ ha^{-1}$ de tomate bajo cuatro niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA. Las Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí por la prueba de tukey ($p < 0,05$)

DISCUSION

Los resultados obtenidos sugieren que la interacción entre la conductividad eléctrica (CE) y la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) tiene un impacto significativo en las características morfológicas y productivas del cultivo de tomate bajo condiciones de salinidad controlada. La inoculación con HMA muestra efectos positivos en todos los momentos evaluados, contrarrestando los efectos negativos de la salinidad y mejorando la tolerancia de las plantas al estrés salino. Estos resultados coinciden con estudios previos realizados por Díaz et al. (2016) y Al-Karaki, (2017), quienes llevaron a cabo experimentos con sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones controladas. Ambos estudios demostraron que las micorrizas tienen un efecto significativo en promover una mayor altura de planta y un mayor diámetro del tallo, además de mantener una eficiencia fotosintética mejorada.

Además, estudios recientes como el de Ramos *et al.* (2021), sobre el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) han confirmado que la inoculación con micorrizas incrementa el número de hojas activas, mejorando la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis y sintetizar nutrientes esenciales. Estos hallazgos pueden explicarse por la capacidad de las micorrizas para mejorar la absorción de nutrientes esenciales, como fósforo y nitrógeno, y aumentar la tolerancia al estrés abiótico. Sin embargo,

investigaciones por Grimaldo *et al.* (2017), en el cultivo de chile (*Capsicum annum*) utilizando niveles de CE de 4 y 8 dS/m mostraron que, aunque se emplearon hongos micorrízicos arbusculares (HMA), el efecto no fue significativo. Las plantas presentaron un menor crecimiento, una reducción en el número de hojas activas y una disminución en la eficiencia fotosintética.

Estos resultados sugieren que, en condiciones de alta salinidad, la presencia de micorrizas puede no ser suficiente para contrarrestar completamente los efectos adversos de la salinidad extrema. Un ejemplo de esto es el experimento de Ventura (2020), en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* var), donde en área que se implementó poseía una CE de 5.85 dS/m. En este estudio, no se observaron diferencias significativas en el número de hojas activas en ninguno de los momentos evaluados (43, 64 y 85 DDT), lo que indica que las micorrizas no lograron mejorar significativamente la adaptación de las plantas a estas condiciones de estrés salino.

Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de Santisteban (2023), en el cultivo de arándanos, donde se observó un impacto positivo de las micorrizas en los grados Brix. En contraste con mis resultados Périco (2016), encontró que en el cultivo de tomate no hubo diferencias significativas entre las plantas inoculadas y las no inoculadas. Esto sugiere que el impacto de la inoculación micorrízica puede variar según el nivel de las CE y las condiciones específicas del cultivo. La inoculación con micorrizas ayudó a mantener los niveles de azúcares naturales en los frutos dentro de los estándares adecuados para el mercado, según lo establecido por Kleinhenz (2012), con un rango óptimo entre 4.3 y 5.0 grados Brix.

En el experimento realizado son idénticos a los realizados por Pérez (2017), en el cultivo de tomate, donde se encontró que la producción en términos de toneladas por hectárea fue significativamente mayor en las parcelas inoculadas con micorrizas en comparación con las no inoculadas. Las plantas inoculadas con micorrizas tienen un rendimiento superior en términos de producción de frutos y biomasa.

Este aumento en la producción puede atribuirse a una mejora en el crecimiento vegetativo, la actividad antioxidante y una mayor absorción de nutrientes esenciales. Según Hegazi *et al.*, (2017) señala que las micorrizas también ayudan a contrarrestar los efectos negativos de la salinidad del suelo, incrementando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la tolerancia al estrés salino, lo cual es crucial para mantener una alta productividad en condiciones adversas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El estrés salino tiene un impacto negativo al reducir la altura de las plantas, el número de hojas activas y el diámetro del tallo, siendo más notable en niveles más elevados. Sin embargo, se observa que la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares reduce estos efectos adversos al mejorar significativamente los parámetros morfológicos lo que sugiere una capacidad para reducir el efecto negativo del estrés salino sobre las plantas.

La producción de frutos de tomate también se ve afectada por el estrés salino, disminuyendo a medida que aumenta la conductividad eléctrica. Sin embargo, las plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares muestran un rendimiento superior, con una mayor producción de frutos y un incremento en los grados Brix, lo que indica una mejora en la calidad del fruto.

La relación dosis-respuesta observada sugiere que los niveles de conductividad eléctrica de 1.14 y 2.5 dS/m son los que menos afectan el rendimiento, mientras que niveles superiores lo reducen significativamente. Estos hallazgos subrayan la eficacia de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en mejorar la tolerancia al estrés salino y optimizar la productividad del tomate, proporcionando una estrategia efectiva para el cultivo en suelos salinos

Recomendaciones

- Se recomienda realizar futuros estudios utilizando parámetros fisiológicos y bioquímicos para ofrecer una visión más completa de los efectos de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares durante del ciclo de vida del tomate
- Sería útil investigar el impacto de diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares para identificar cuáles ofrecen los mayores beneficios en condiciones de estrés salino.
- Investigar cómo diferentes variedades de tomate responden a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares bajo estrés salino, para identificar las más resistentes y productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel Latef, A. and Miransari, M. (2014) 'The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Alleviation of Salt Stress', in *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, pp. 23–38. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0721-2_2.
- AgriSolver (2019) *Manejo Integrado de trips (Frankliniella occidentalis) en invernadero*, AgriSolver. Available at: <https://www.agrisolver.com/blog/manejo-integrado-de-trips-frankliniella-occidentalis-en-invernadero> (Accessed: 12 June 2024).
- Agrobeta (2014) *Descubrimos el cultivo del tomate*, Agrobeta. Available at: <https://www.agrobeta.com/actualidad/conocimientos-basicos-del-cultivo-del-tomate-1a-parte/> (Accessed: 13 June 2024).
- Al-Karaki, G.N. (2017) 'Effects of Mycorrhizal Fungi Inoculation on Green Pepper Yield and Mineral Uptake under Irrigation with Saline Water', *Advances in Plants & Agriculture Research*, 6(5). Available at: <https://doi.org/10.15406/apar.2017.06.00231>.
- Andrade, A. *et al.* (2020) 'Azospirillum brasilense and Solarized Manure on the Production and Phytochemical Quality of Tomato Fruits (*Solanum lycopersicum* L.)', *Agronomy*, 10(12), p. 1956. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy10121956>.
- Augé, R.M., Toler, H.D. and Saxton, A.M. (2014) 'Arbuscular mycorrhizal symbiosis and osmotic adjustment in response to NaCl stress: a meta-analysis', *Frontiers in Plant Science*, 5. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00562>.
- Axayacatl, O. (2017) 'Etapas fenológicas del cultivo del tomate', *Blog Agricultura*, 6 December. Available at: <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-tomate/> (Accessed: 12 June 2024).
- Balaky, S.T.J. *et al.* (2022) 'Incidence and geographical distribution of tuberculosis disease in Erbil city, Iraq', *Brazilian Journal of Microbiology*, 53(2), pp. 519–523. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42770-022-00717-1>.
- Barlow, W. and Pfeufer, E. (2022) 'Small-Scale Fungicide Delivery Equipment to Manage Early Blight in Three Types of Tomato', *Plant Health Progress*, 23(1), pp. 45–48. Available at: <https://doi.org/10.1094/PHP-06-21-0091-RS>.
- Blanca, J. *et al.* (2015) 'Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions', *BMC Genomics*, 16(1), p. 257. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1444-1>.
- Bonnie, cox and Oregon, T. (2022) *Producción de tomates orgánicos en el campo / eOrganic*. Available at: <https://eorganic.org/node/35271> (Accessed: 12 June 2024).
- Borbor Tigrero, J.L. (2021) *Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y aguas del centro de apoyo Manglaralto UPSE*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5957> (Accessed: 13 June 2024).

- Brundrett, M.C. *et al.* (2018) ‘Chapter 19 - Fossils of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Give Insights Into the History of a Successful Partnership With Plants’, in M. Krings *et al.* (eds) *Transformative Paleobotany*. Academic Press, pp. 461–480. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813012-4.00019-X>.
- Carrillo, Franco, A.D. and Río, M. de los Á.P. del (2014) ‘Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida’, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), pp. 513–518.
- Carrillo-Saucedo, S.M. *et al.* (2022) ‘Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica’, *Acta botánica mexicana* [Preprint], (129). Available at: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>.
- Chhabra, R. (2017) *Soil Salinity and Water Quality*. London: Routledge. Available at: <https://doi.org/10.1201/9780203739242>.
- Coronel, W.M. (2017) ‘ASESOR: Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez’.
- Délices, G. *et al.* (2019) ‘Biogeography of tomato *Solanum lycopersicum* var. *cerasiform* (Solanaceae) in its center of origin (South America) and domestication (Mexico)’, *Revista de Biología Tropical*, 67(4), pp. 1023–1036. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.33754>.
- Design, I.A. (2019) ‘Salinidad en suelos agrícolas: estrés salino’, *Innovatione*, 13 December. Available at: <https://innovatione.eu/2019/12/13/salinidad-suelos-agricolas/> (Accessed: 29 May 2024).
- Diacono, M. and Montemurro, F. (2015) ‘Effectiveness of Organic Wastes as Fertilizers and Amendments in Salt-Affected Soils’, *Agriculture*, 5, pp. 221–230. Available at: <https://doi.org/10.3390/agriculture5020221>.
- Díaz Franco, A. *et al.* (2013) ‘Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero’, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(2), pp. 315–321.
- Díaz-Franco, A., Ortiz-Cháirez, F.E. and Espinosa-Ramírez, M. (2016) ‘Mycorrhizal symbiosis and growth of sorghum plants irrigated with saline water’, *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XV(1), pp. 55–65.
- Durukan, H. and Demirbas, A. (2018) ‘THE EFFECTS OF DIFFERENT SALT DOSES ON YIELD AND NUTRIENT UPTAKE OF TOMATO PLANT’.
- Ejersa, M.T. (2021) ‘The role of arbuscular mycorrhizal fungi on agricultural crop productivity and ecosystem service: A review’.
- Ephytia (2021) *Tomate - Viruela de la fruta*. Available at: <http://ephytia.inra.fr/es/C/5344/Tomate-Viruela-de-la-fruta> (Accessed: 12 June 2024).
- Evelin, H. *et al.* (2019) ‘Mitigation of Salinity Stress in Plants by Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: Current Understanding and New Challenges’, *Frontiers in Plant Science*, 10, p. 470. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470>.
- Ferbiohux (2024) *ferbiohux del ecuador: Micorriza SOLIDA*. Available at: <https://ferbiohux.redtienda.net/pro.php?id=334943> (Accessed: 25 April 2024).
- Fernández-Lizarazo, J.C. and Moreno-Fonseca, L.P. (2016) ‘Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A

- review', *Agronomía Colombiana*, 34(2), pp. 179–189. Available at: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n2.55569>.
- FIELD, A.E. (2018) *Requerimientos edafoclimáticos del tomate*, *Agroinsumos El Field*. Available at: <https://elfield.com.mx/blog/requerimientos-edafoclimaticos-del-tomate> (Accessed: 12 June 2024).
- Fornaris, G. (2007) 'TOMATE-Características de la Planta'.
- Franco, S.J.L. (2019) 'TRABAJO DE TITULACIÓN Previo a la obtención del título de carrera INGENIERIA AGROPECUARIA'.
- Gabriel, J. *et al.* (2022) 'Evaluación y selección de híbridos de tomate *Solanum lycopersicum* L. (Mill.) en Puerto la Boca, Ecuador', *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 10(1), pp. 21–31.
- Gallegos, D.P.B. (2012) 'INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS'.
- GEOPORTAL (2024) 'GEOPORTAL | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica'. Available at: <http://www.sigtierras.gob.ec/geoport/> (Accessed: 11 June 2024).
- Google Maps (2024) *Google Maps, Google Maps*. Available at: <https://www.google.com/maps/@-2.2246487,-80.8654526,15z?entry=ttu> (Accessed: 15 June 2024).
- Goykovic Cortés, V. and Saavedra del Real, G. (2007) 'ALGUNOS EFECTOS DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DEL TOMATE Y PRÁCTICAS AGRONÓMICAS DE SU MANEJO', *Idesia (Arica)*, 25(3), pp. 47–58. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>.
- Grimaldo-Pantoja, G.L. *et al.* (2017) 'EFECTO NEGATIVO DEL RIEGO SALINO EN COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y FITOQUÍMICOS DE CHILE (*Capsicum annuum*) INOCULADO CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES', *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(2), pp. 141–149. Available at: <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.2.141-149>.
- Hegazi, A.M., El-Shraiy, A.M. and Ghoname, A.A. (2017) 'Mitigation of Salt Stress Negative Effects on Sweet Pepper Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), *Bacillus megaterium* and Brassinosteroids (BRs)', *Gesunde Pflanzen*, 69(2), pp. 91–102. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10343-017-0393-9>.
- Herrera-Monroy, S., Herrera-Monroy, M. and Rivera-Ramírez, J.M. (2023) 'Revisión sistemática en torno a los hongos micorrízicos arbusculares y su importancia ecológica', *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2), pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.07>.
- Hortoinfo (2022) 'Pulgón del algodón (Aphis gossypii)', *Hortoinfo*, 9 June. Available at: <https://hortoinfo.es/plagas-pulgón-algodón-aphis-gossypii/> (Accessed: 12 June 2024).
- Jacto (2023) *¿Qué es la antracnosis y cómo se combate?*, *Blog | Tecnología para la Agricultura*. Available at: <https://bloglatam.jacto.com/antracnosis/> (Accessed: 12 June 2024).
- Khalloufi, M. *et al.* (2017) 'The interaction between foliar GA3 application and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves growth in salinized tomato

- (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modifying the hormonal balance’, *Journal of Plant Physiology*, 214, pp. 134–144. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.04.012>.
- Kleinhenz, M.D. (2012) ‘Using °Brix as an Indicator of Vegetable Quality: An Overview of the Practice’.
- Köppen (2024) *Clasificación climática de Köppen - Meteo Navarra*. Available at: <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm> (Accessed: 10 May 2024).
- Lamz Piedra, A. and González Cepero, M.C. (2013) ‘La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata’, *Cultivos Tropicales*, 34(4), pp. 31–42.
- Loaiza, M.J.C. (2013) ‘DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS’.
- López, L.M. (2017) *Manual técnico del cultivo del tomate Solanum lycopersicum*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Available at: <https://repositorio.ica.int/handle/11324/3143> (Accessed: 13 June 2024).
- Meir, R. (2022) ‘¿Cuáles son las condiciones ideales para los tomates de invernadero? -’, *Drygair Greenhouse Deshumidificadores*, 30 October. Available at: <https://drygair.com/es/blog-es/cuales-son-las-condiciones-ideales-para-los-tomates-de-invernadero/> (Accessed: 12 June 2024).
- Mendoza, C.I. *et al.* (2023) ‘Evaluación de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cultivo protegido en el cantón Santa Ana’, *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1), pp. 61–65. Available at: <https://doi.org/10.53287/vtgn8348td44d>.
- Nature, I. (2022) ‘Oídio: Causas, Síntomas y Soluciones. - Idai Nature’, *Idai Nature, líderes en Biocontrol agrícola*, 30 May. Available at: <https://www.idainature.com/noticias/biocontrol-agricola/oidio-causas-sintomas-y-soluciones/> (Accessed: 12 June 2024).
- Nicolás, B.H.Z. (2013) ‘VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES COMO SUSTRATOS DE CULTIVO EN EL ESTADO DE OAXACA (MÉXICO)’.
- Ortega, Y.R. (2013) ‘La palomilla del tomate (*Tuta absoluta*): una plaga que se debe conocer en Cuba’.
- Pardo-Reyes, P.S. and Verdezoto, R.P.C. (2023) ‘Diversidad arbórea y arbustiva del bosque seco tropical colonche – Santa Elena’, *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(3), pp. 42–54. Available at: <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i3.518>.
- Perecin, D. and Cargnelutti Filho, A. (2008) ‘Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais’, *Ciência e Agrotecnologia*, 32(1), pp. 68–72. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100010>.
- Pérez, A.L. (2017) ‘Rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Variedad Rio grande a diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero’.
- Pérsico, E. (2016) *Evaluación del efecto de prácticas combinadas en plantas de tomate injertadas cultivadas en un suelo infestado de nematodos* (*Nacobbus aberrans*).

- Tesis. Universidad Nacional de La Plata. Available at: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53130> (Accessed: 9 June 2024).
- Pilco, M.A.C. (2018) 'PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO'.
- Plenchette, C., Fortin, J.A. and Furlan, V. (1983) 'Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility: I. Mycorrhizal dependency under field conditions', *Plant and Soil*, 70(2), pp. 199–209.
- Qadir, M. *et al.* (2014) 'Economics of salt-induced land degradation and restoration', *Natural Resources Forum*, 38(4), pp. 282–295. Available at: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>.
- Ramos Otiniano, C.C. *et al.* (2021) 'Efecto del NaCl y micorrizas (*Rhizophagus irregularis*) en el crecimiento de "tomate" *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae)', *Arnaldoa*, 28(3), pp. 675–692. Available at: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28312>.
- Randig, O., Medeiros, C. a. B. and Sperandio, C.A. (2002) 'Efeito Da Desinfestação Do Solo Pelo Uso Da Energia Solar Sobre Fungos Micorrízicos Arbusculares', *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(1), pp. 135–140.
- Rodriguez, O. and Dufour, R. (2021) 'Suelos Salinos y Sódicos: Identificación, Mitigación y Consideraciones de Manejo – ATTRA – Sustainable Agriculture'. Available at: <https://attra.ncat.org/publication/suelos-salinos-y-sodic-identificacion-mitigacion-y-consideraciones-de-manejo/> (Accessed: 13 June 2024).
- Sadaka, P.I.B. (2015) 'CODICIONES DE ESTRÉS SALINO EN DIFERENTES FOTOPERIODOS'".
- Santisteban Ayala, J. (2023) 'Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el crecimiento-rendimiento y calidad del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi en el Caserío Solecape – Mochumi – Lambayeque. Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el crecimiento-rendimiento y calidad del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi en el Caserío Solecape – Mochumi – Lambayeque.' Available at: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12918> (Accessed: 9 June 2024).
- Santos, J. *et al.* (2016) 'eHALOPH a Database of Salt-Tolerant Plants: Helping put Halophytes to Work', *Plant and Cell Physiology*, 57(1), p. e10. Available at: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcv155>.
- Silva, J.L. de A. *et al.* (2019) 'Reclamation of salinized soils due to excess of fertilizers: evaluation of leaching systems and equations', *DYNA*, 86(210), pp. 115–124.
- Syngenta (2018) *Minador, Syngenta Ornamentales*. Available at: <https://www.syngentaornamentales.ec/minador> (Accessed: 12 June 2024).
- Tang, H. *et al.* (2022) 'The Critical Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Improve Drought Tolerance and Nitrogen Use Efficiency in Crops', *Frontiers in Plant Science*, 13. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.919166>.
- UNLP (2020) *Tomate | Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales*. Available at: <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/2020/07/13/tomate/> (Accessed: 13 June 2024).

- Usca, G.E. (2019) *Evaluación de enmiendas para el manejo de la salinidad en suelos de la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4809> (Accessed: 12 June 2024).
- Vargas, P. *et al.* (2023) *Manejo del riego con aguas de salinidad media en la Casa de Cultivo Protegido Cabacã°*. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542023000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es (Accessed: 13 June 2024).
- Vasyl Cherlinka (2023) *Salinidad Del Suelo: Causas, Señales Y Efectos De La Salinización*. Available at: <https://eos.com/es/blog/salinidad-del-suelo/> (Accessed: 29 May 2024).
- Ventura Neyra, C.J. (2020) ‘Efecto de la inoculación de micorriza (*Glomus spp*) sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de cebolla amarilla dulce (*Allium cepa L.*) cultivar century en Villacuri - Ica’. Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4278> (Accessed: 22 May 2024).
- Villaverde, J. (2017) ‘Fumagina, una enfermedad común que puedes controlar - Plantamus®’, *Plantamus*, 27 November. Available at: <https://plantamus.com/blog/fumagina/> (Accessed: 12 June 2024).
- Volkov, V. and Beilby, M.J. (2017) ‘Editorial: Salinity Tolerance in Plants: Mechanisms and Regulation of Ion Transport’, *Frontiers in Plant Science*, 8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01795>.
- Volpi A., J. *et al.* (2023) ‘Efecto de los equipos de aplicación para biopesticidas en el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en invernaderos’, *Manglar*, 20(3), pp. 201–209. Available at: <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.023>.
- Wikifarmer, E. editorial de (2020) *Cultivo de tomate a campo abierto - cultivo del tomate al aire libre*, Wikifarmer. Available at: <https://wikifarmer.com/es/cultivo-de-tomate-a-campo-abierto-cultivo-del-tomate-al-aire-libre/> (Accessed: 13 June 2024).
- Yara (2018) *Salinidad | Yara Ecuador, Yara None*. Available at: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/salinidad/> (Accessed: 12 June 2024).
- Zambrano Bravo, A.M. (2021) *Influencia de las sustancias húmicas en el desarrollo inicial de dos variedades de arroz, sometidas a estrés salino*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5693> (Accessed: 13 June 2024).

ANEXOS

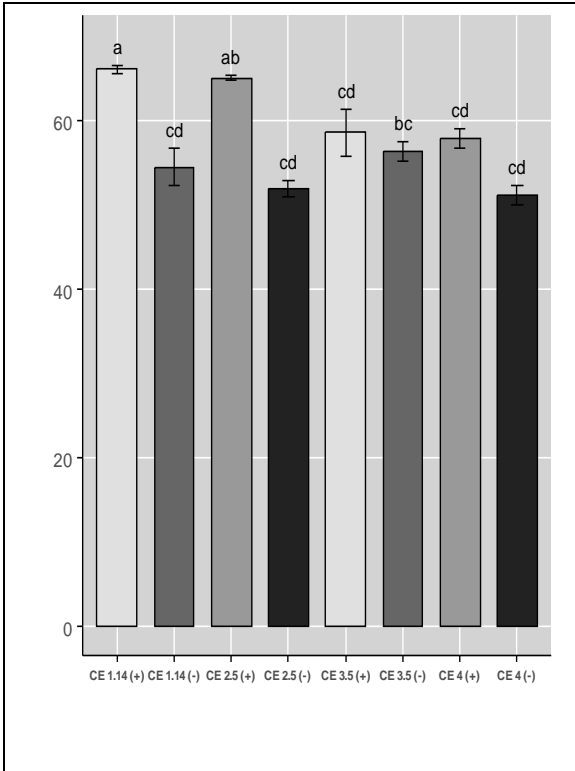


Gráfico A 1. Altura del tallo a los 16 DDT

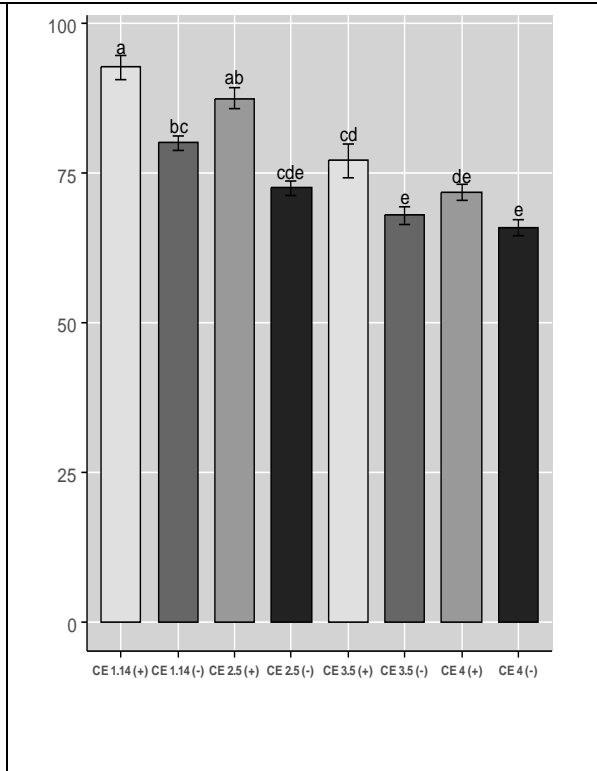


Gráfico A2. Altura del tallo a los 24 DDT

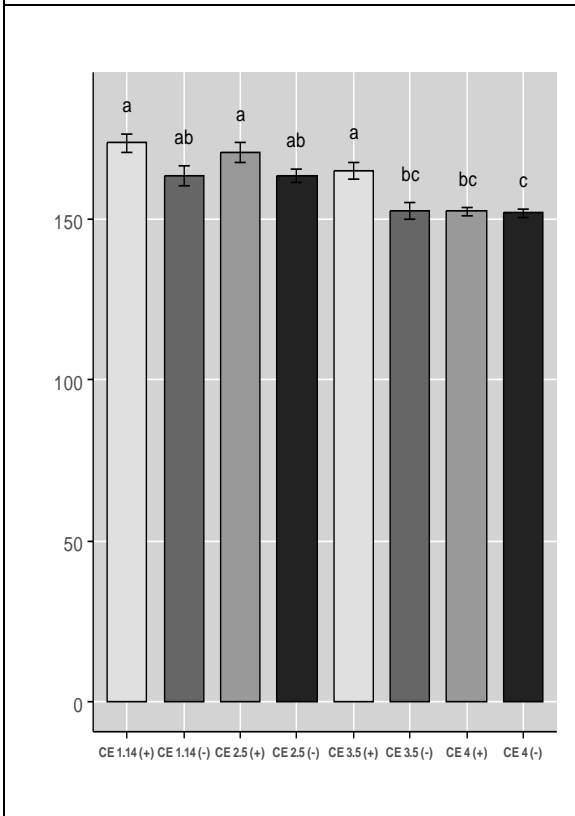


Gráfico A3. Altura del tallo a los 43 DDT

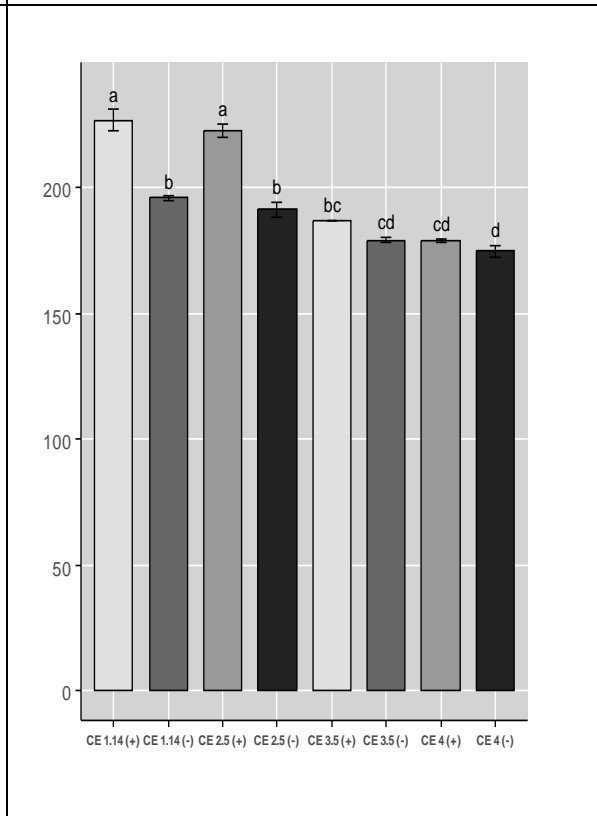


Gráfico A4. Altura del tallo a los 72 DDT

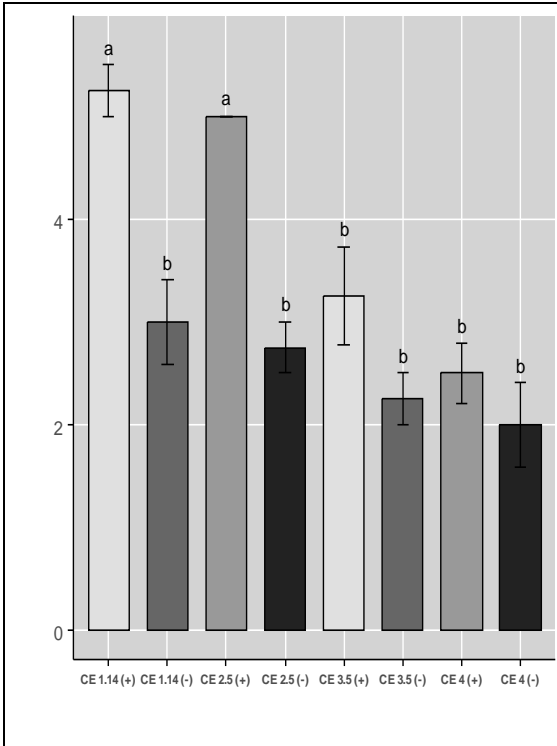


Gráfico A5. Altura del tallo a los 16 DDT

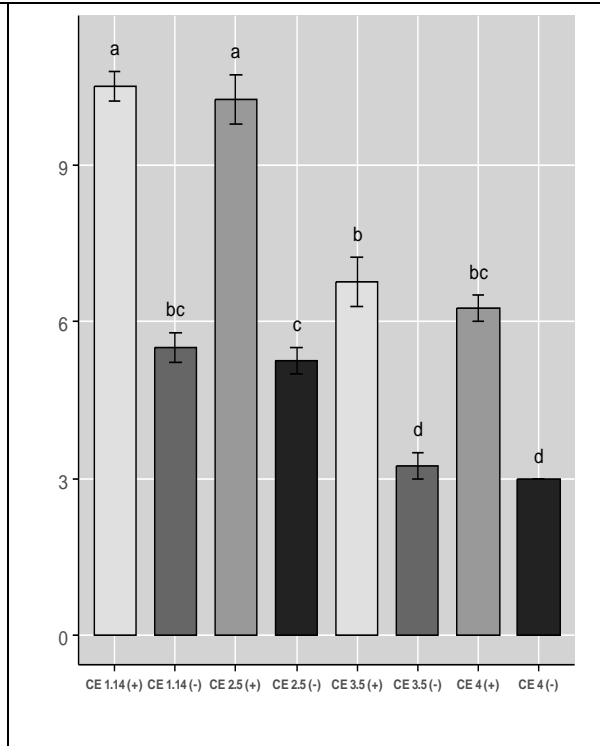


Gráfico A6. Altura del tallo a los 24 DDT

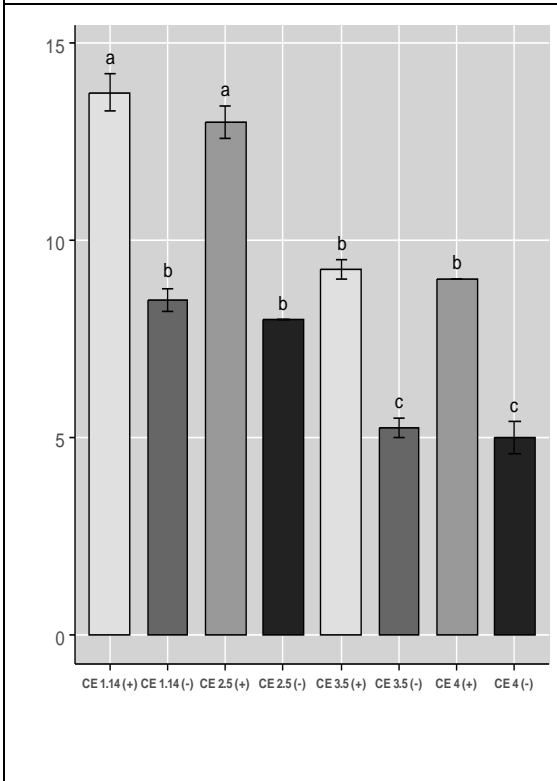


Gráfico A7. Altura del tallo a los 24 DDT

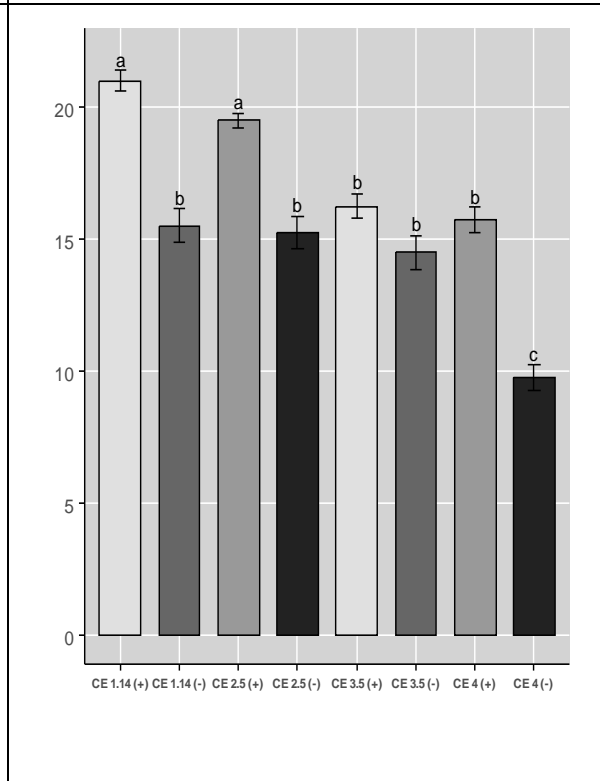


Gráfico A8. Altura del tallo a los 72 DDT

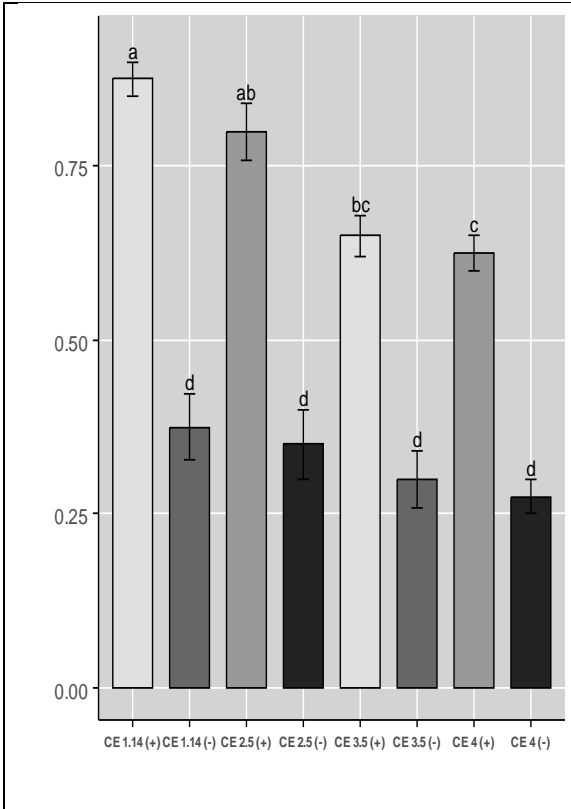


Gráfico A9. Altura del tallo a los 16 DDT

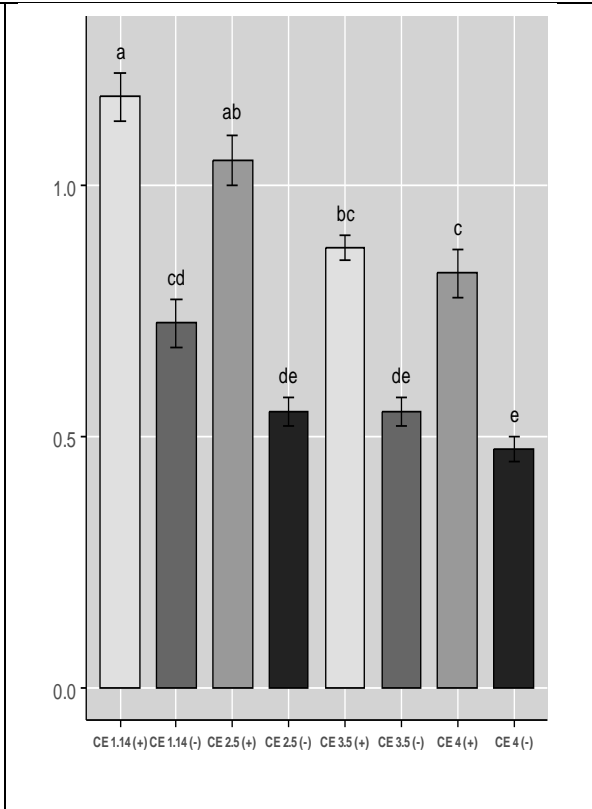


Gráfico A10. Altura del tallo a los 24 DDT

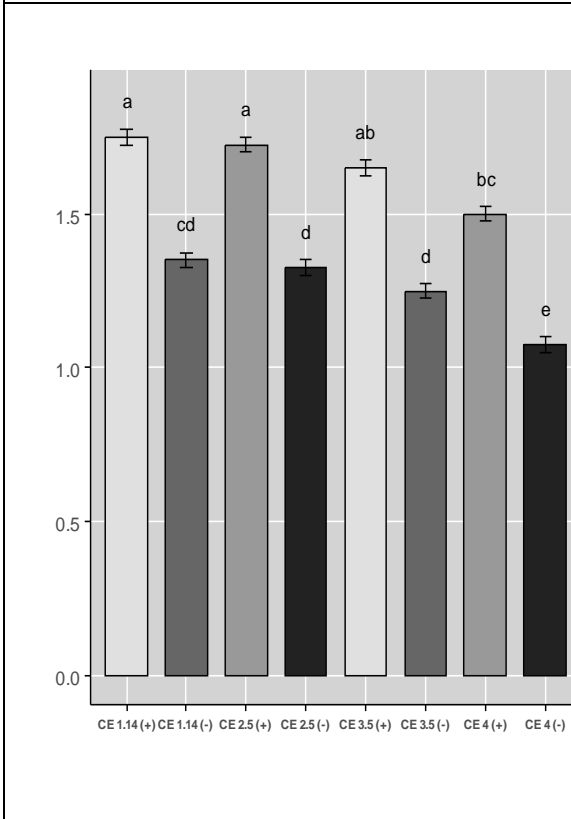


Gráfico A11. Altura del tallo a los 43 DDT

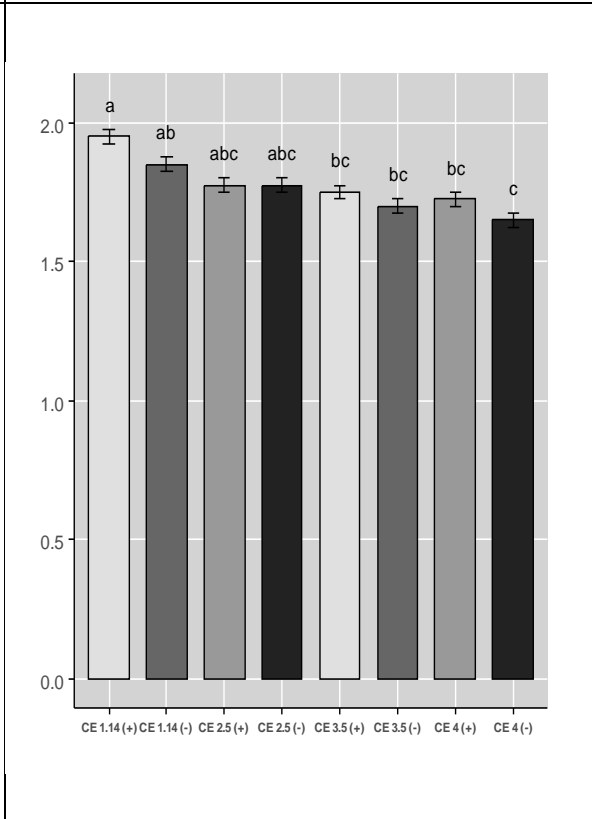


Gráfico A12. Altura del tallo a los 72 DDT



Ilustración 1. Preparación del suelo para solarización



Ilustración 2. Sellado del suelo con lámina de polietileno transparente



Ilustración 3. Semillero con sustrato de fibra de coco

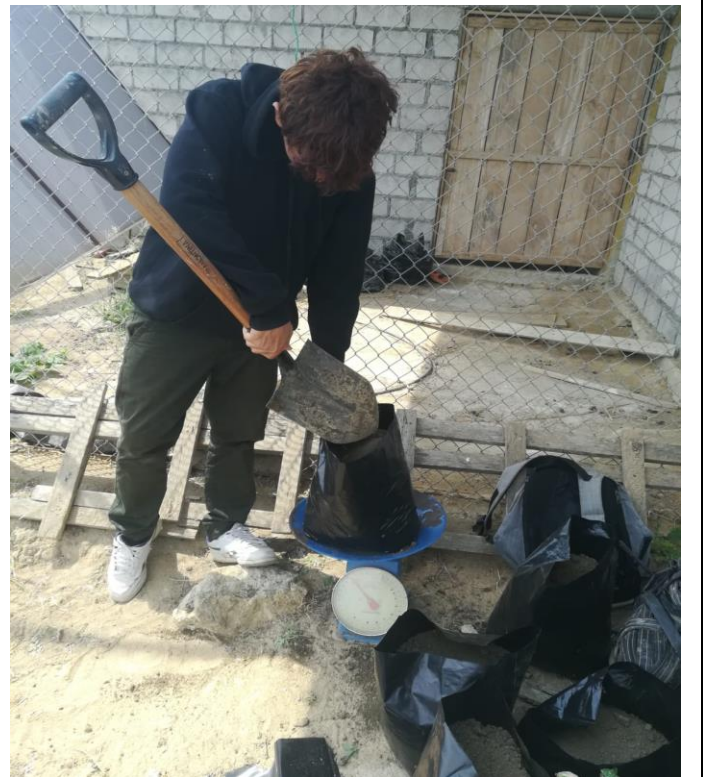


Ilustración 4. Llenado de macetas con el suelo solarizado



Ilustración 5. Verificación de niveles de conductividad eléctrica con conductímetro

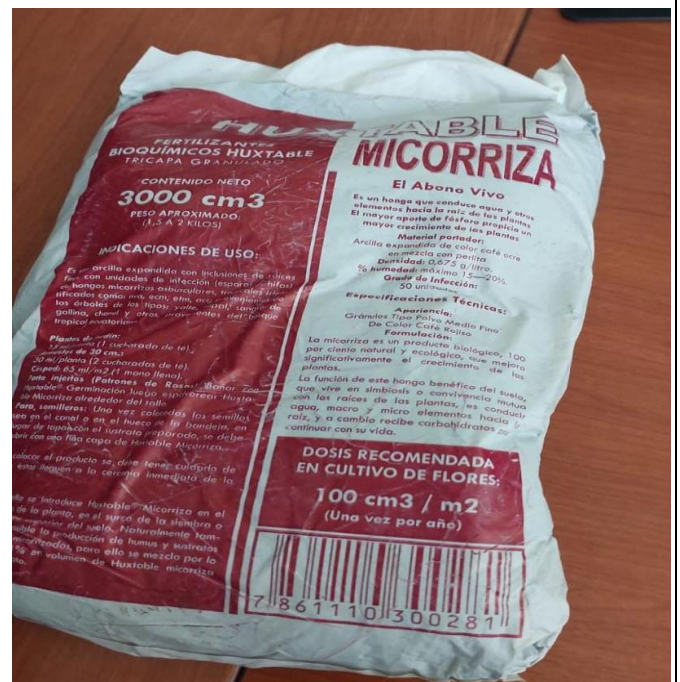


Ilustración 6. Micorrizas de la marca HUSTABLE



Ilustración 7. Plántulas recién trasplantadas



Ilustración 8. Canecas con los tratamientos de conductividad eléctrica



Ilustración 9. Aplicación de fertilizante foliar de microelementos



Ilustración 10. Tutorado



Ilustración 11. Toma de datos



Ilustración 12. Productos químicos utilizados para el control de plagas y enfermedades



Ilustración 13. Fumigación fitosanitaria



Ilustración 14. Poda de brotes laterales



Ilustración 15. Inicio de la floración



Ilustración 16. Desarrollo del fruto



Ilustración 17. Verificación del estado de desarrollo del fruto



Ilustración 18. Tomates cosechados



Ilustración 19. Tomates marcados por tratamiento y repetición



Ilustración 20. Peso del fruto



Ilustración 21. Medición de los grados Brix

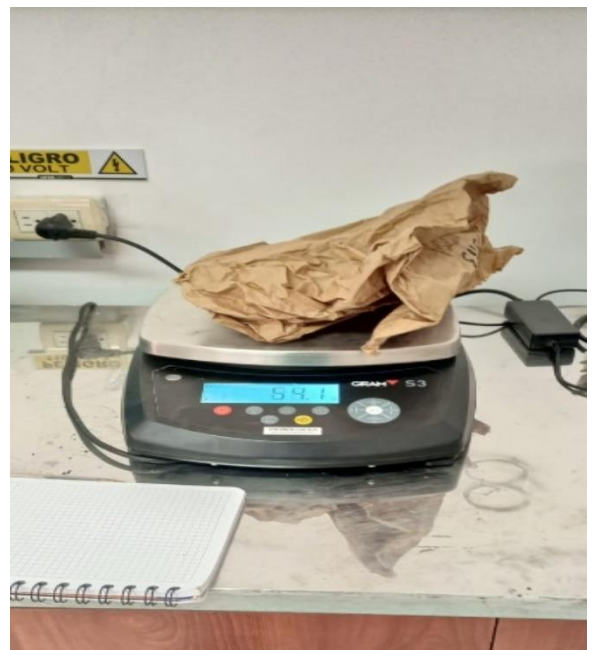


Ilustración 22. Pesado de la materia verde



Ilustración 23. Secado en la estufa para la obtención de MS



Ilustración 24. Peso para la obtención de RMS y MS%