



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

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE SALINIDAD EN
PIMIENTO (*Capsicum annuum L*) INOCULADO CON
HONGOS MICORRÍZICOS Y ADICIÓN DE HIDROGEL**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGOPECUARIO

Autor: Geovanny Javier Neira Gonzalez

LA LIBERTAD, JULIO 2024



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

**EFECTO DE TRES NIVELES DE SALINIDAD EN
PIMIENTO (*Capsicum annum L*) INOCULADO CON
HONGOS MICORRÍZICOS Y ADICIÓN DE HIDROGEL**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Geovanny Javier Neira Gonzalez

Tutora: Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos. Ph.D.

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **GEOVANNY JAVIER NEIRA GONZALEZ** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 16/Julio/2024



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



Ing. Daniel Ponce de León, Ph. D
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



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



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



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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los que ayudaron en este proyecto a mi tutora, Ing. Nadia Quevedo, por guiarme durante el proceso de implementación y desarrollo de esta tesis, por las recomendaciones al desarrollo de este archivo, a los profesores por compartir sus conocimientos, a mis amigos que y familiares que ayudaron durante el proceso de desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre, mi familia y amigos, en agradecimiento por todo el apoyo brindado.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de tres niveles de salinidad en el desarrollo de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) inoculadas con micorrizas y la adición de hidrogel. Se utilizó un diseño bifactorial con seis tratamientos y veinticuatro unidades experimentales, en un ambiente semi controlado. Los factores que se evaluaron en este experimento fueron: estrés salino (2.5 dS/m y 3.5 dS/m y 4 dS/m de conductividad eléctrica (CE)), la presencia (+) o ausencia (-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y adición de hidrogel a todos los tratamientos. Previo al establecimiento del experimento se solarizó el sustrato procedente del horizonte A de un suelo del lugar para reducir la presencia de inóculos de HMA nativos, el sustrato solarizado fue colocado en tubos de PVC adaptados para contenerlo y reducir la lixiviación. La aplicación de los tratamientos se inició a los quince días después del trasplante y las evaluaciones se realizaron en cuatro momentos: 21, 42, 63 y 84 días después del trasplante (DDT). Los resultados indicaron que la presencia de hongos micorrízicos arbusculares reducen los efectos del estrés salino en las plantas de pimiento en todos los parámetros evaluados en comparación con las que no fueron inoculadas en las tres conductividades eléctricas. Además, se encontró que el hidrogel ayuda a la retención de agua, pero su efecto disminuye a medida que la conductividad eléctrica sube ya que la salinidad ocupa las entradas de agua degradando más rápido al polímero, en cuanto a la producción los resultados fueron superiores en presencias de hongos micorrízicos arbusculares con una mejor producción en la CE de 2,5 dS/m a comparación con la misma CE y ausencia de HMA.

Palabras claves: Estrés Salino, Fertilidad, Interacción, Resiliencia, Simbiosis.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of three salinity levels on the development of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) inoculated with mycorrhizae and the addition of hydrogel. A bifactorial design with six treatments and twenty-four experimental units was used in a semi-controlled environment. The factors evaluated in this experiment were: salt stress (2.5 dS/m, 3.5 dS/m, and 4 dS/m of electrical conductivity (EC)), the presence (+) or absence (-) of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), and the addition of hydrogel to all treatments. Prior to the establishment of the experiment, the substrate from the A horizon of local soil was solarized to reduce the presence of native AMF inoculum. The solarized substrate was placed in PVC tubes adapted to contain it and reduce leaching. The application of the treatments began fifteen days after transplanting, and evaluations were conducted at four time points: 21, 42, 63, and 84 days after transplanting (DAT). The results indicated that the presence of arbuscular mycorrhizal fungi reduced the effects of salt stress on pepper plants in all evaluated parameters compared to those that were not inoculated at the three electrical conductivities. Additionally, it was found that the hydrogel helps retain water, but its effect diminishes as electrical conductivity increases since salinity occupies the water entry points, degrading the polymer more quickly. Regarding production, the results were superior in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi with better production at an EC of 2.5 dS/m compared to the same EC and absence of AMF.

Keywords: Saline Stress, Fertility, Interaction, Resilience, Symbiosis.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **EFFECTO DE TRES NIVELES DE SALINIDAD EN PIMIENTO (*Capsicum annuum L*) INOCULADO CON HONGOS MICORRIZICOS Y ADICIÓN DE HIDROGEL** y elaborado por **GEOVANNY JAVIER NEIRA GONZALEZ**, 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".


Firma del estudiante

ÍNDICE

Introducción.....	1
Problema Científico.....	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:.....	2
Hipótesis.....	3
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica.....	4
1.1 Generalidades del pimiento.....	4
1.1.1 Origen.....	4
1.1.2 Importancia del pimiento.....	4
1.1.3 Producción y consumo.....	4
1.1.4 Taxonomía del pimiento.....	5
1.1.5 Requerimiento del pimiento.....	5
1.1.6 Fenología del pimiento.....	5
1.1.7 Nutrición vegetal del pimiento.....	6
1.1.8 Plagas y enfermedades.....	7
1.2 Salinidad.....	8
1.2.1 Factores de salinidad.....	8
1.2.2 La salinidad y el impacto en la agricultura.....	8
1.2.3 Efecto de salinidad en el cultivo de pimiento.....	9
1.2.4 Respuestas del pimiento a la salinidad.....	9
1.3 Micorrizas.....	9
1.3.1 Generalidades del HMA.....	9
1.3.2 Importancia de las micorrizas arbusculares.....	10
1.3.3 Mecanismos de micorriza en la atenuación del estrés salino.....	10
1.3.4 Respuesta del pimiento a la inoculación de micorriza.....	10
1.3.5 Como la micorriza influencia en la calidad de nutricional de pimiento.....	10
1.4 Polímero.....	11
1.4.1 Generalidades del polímero.....	11
1.4.2 Uso de polímeros en la agricultura.....	11
1.4.3 Efecto de la salinidad en el hidrogel.....	12
1.4.4 Efecto de hidrogel en el cultivo de pimiento.....	12
Capítulo 2. Materiales y métodos.....	13
2.1 Caracterización del área.....	13
2.2 Material biológico y condiciones experimentales.....	13
2.2.1 Material biológico.....	13
2.2.2 Material de campo, equipos e insumos.....	14
2.2.3 Equipos de laboratorio.....	14
2.2.4 Productos usados para prevención de plagas y enfermedades.....	14
2.3 Tipo de investigación.....	15
2.4 Diseño de investigación.....	15
2.4.1 Diseño experimental.....	15
2.5 Manejo del experimento.....	15
2.5.1 Solarización de suelo.....	15
2.5.2 Elaboración de los tubos de PVC como macetas.....	16
2.5.3 Preparación de las soluciones de CE.....	17
2.5.4 Plan de fertilización.....	17
2.5.5 Germinación, trasplante, inoculación de HMA y adición de hidrogel.....	17
2.5.6 Manejo fitosanitario.....	18
2.5.7 Riegos con la conductividad eléctrica.....	18
2.6 Parámetros evaluados.....	18
2.6.1 Morfológicos.....	18
2.6.2 Pérdida de agua por percolación.....	19
2.7 Análisis estadístico de los resultados.....	19

Capítulo 3. resultados y discusión.....	20
3.1 Efectos en los parámetros morfológicos de altura de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	20
3.1.1 Altura de planta	20
3.1.2 Efectos en los parámetros morfológicos del diámetro del tallo de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	21
3.1.3 Diámetro de tallo	22
3.1.4 Efectos en los parámetros morfológicos del área foliar de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	23
3.1.5 Datos de área foliar.....	24
3.2 Efectos de la pérdida de agua en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	26
3.2.1 Efecto del hidrogel en la pérdida de agua.....	26
3.2.2 Porcentaje de eficiencia micorrícica en masa seca	28
3.2.3 Efectos en rendimiento estimado en las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	29
3.2.4 Efectos en del rendimiento estimado de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel.....	29
3.3 Discusión	30
3.3.1 Discusión de los efectos de parámetros morfológicos evaluados	30
3.3.2 Discusión de retención de agua	31
3.3.3 Discusión de rendimiento estimado	31
Conclusiones y recomendaciones	32
Conclusiones	32
Recomendaciones.....	32
referencias bibliográficas.....	1
anexos.....	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos de tres niveles de conductividades eléctricas (CE) inoculas con micorrizas (HMA) y adición de hidrogel.....	15
Tabla 2. Resumen del análisis de varianza de la variable altura de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.	20
Tabla 3. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y tres niveles de conductividad eléctrica en la altura de plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L) a los 21, 42, 63 y 84 DDT.....	21
Tabla 4. Resumen del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo de plantas de pimientos bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.	21
Tabla 5. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y tres niveles de conductividad eléctrica en el diámetro de tallo en plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L) a los 21 DDT y 42 DDT.	22
Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de la variable área foliar de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.	24
Tabla 7. Resumen del análisis de varianza de la variable pérdida de agua de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.	26
Tabla 8. Efecto del hidrogel en pérdida de agua en interacción con CE x HMA en los días 24, 63 y 84 DDT.....	27
Tabla 9. Resumen del análisis de varianza del rendimiento estimado de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital del Centro de Apoyo Colonche, ubicación del experimento (Google, 2024).	13
Figura 2. Tubos de PVC armados para usar como masetas	17
Figura 3. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas de pimientos a los 63 y 84 días después del trasplante (DDT). Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).....	23
Figura 4. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el área foliar de plantas de pimientos (<i>Capsicum annum L</i>) a los 21 DDT, 42DDT, 63DDT y 84 DDT días después del trasplante (DDT). Minúsculas comparan las medias entre filas y mayúscula comparan medias de columnas, las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).	25
Figura 5. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la pérdida de agua a los 21 DDT días después del trasplante (DDT). Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).....	28
Figura 6. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en eficiencia micorrícica.	28
Figura 7. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el rendimiento estimado. Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Imagen 1A. solarización del suelo	6
Imagen 2A. volteo periódicos del sustrato	6
Imagen 3A. cerramiento del área utilizada.....	7
Imagen 4A. elaboración de los tubos de PVC.....	7
Imagen 5A. elaboración de la estructura para los tubos	7
Imagen 6A. trasplante de plantas	8
Imagen 7A. Tubos suspendido en la estructura.....	8
Imagen 8A. Recipientes de agua salinas	8
Imagen 9A. Fertilización de plantas.....	9
Imagen 10A. Pérdida de agua.....	9
Imagen 11A. Toma de datos.....	10
Imagen 12A. productos para prevención de plagas.....	10
Imagen 13A. productividad de plantas.....	10
Imagen 14A. pesado de fruto	11
Imagen 15A. corte de plantas.....	11
Imagen 16A. Secado de área foliar	12
Imagen 17A. pesado de masa seca	12
Imagen 18A. Hidrogel y Micorriza utilizados en el experimento	13

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de pimienta fue de 36.972,49 millones de kilos en el año 2022 para esto el área destinada a este producto fue de 2.020.816 hectáreas con una eficiencia promedio de 1,83 kilos por metro cuadrado (FAO, 2024). China lidera como el principal productor mundial, cultivando 16,810.52 millones de kilos en 757,377 hectáreas con un rendimiento superior de 2.22 kilos por metro cuadrado (Plaza, 2024).

Ecuador, cuenta con condiciones naturales favorables para el cultivo del pimienta. Durante el año 2019, se destinaron 822,516 hectáreas de suelo a cultivos temporales, que incluyeron la siembra de pimienta, destacando en las provincias como Guayas, Manabí, Santa Elena y El Oro (INEC, 2020).

El clima desempeña un papel determinante en el desarrollo del cultivo de pimienta. Durante la fase de germinación, se requiere una temperatura óptima de entre 20 °C y 25 °C, con mínimos de 13 °C y máximos de 40 °C. Durante el crecimiento vegetativo, las temperaturas diurnas ideales oscilan entre 20 °C y 25 °C, mientras que las nocturnas se sitúan entre 16 °C y 18 °C, con máximos de 32 °C y mínimos de 15 °C. En la etapa de floración y fructificación, se recomienda una temperatura diurna de 26 °C a 28 °C y nocturna de 18 °C a 20 °C, con máximos de 36 °C y mínimos de 18 °C (Suarez, 2023).

El manejo eficiente del agua subterránea también es fundamental para optimizar el rendimiento del cultivo. Estudios indican que el uso de aguas subterráneas extraídas de mayor profundidad puede limitar la absorción de nutrientes esenciales como el nitrógeno y el fósforo, lo que afecta negativamente la productividad de las plantas (Zhang et al., 2019).

La salinidad del agua y la sequía representan amenazas significativas para la producción agrícola. La salinidad puede afectar la absorción de nutrientes y el equilibrio hídrico de las plantas, reduciendo su crecimiento y productividad (Argentel et al., 2010). Por otro lado, la sequía reduce la disponibilidad de agua, afectando la tasa fotosintética y la síntesis de proteínas en las plantas (Moreno, 2009).

Para mitigar estos efectos negativos, se está investigando el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como biofertilizantes. Estos hongos establecen una simbiosis con las raíces de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes, especialmente en suelos de baja fertilidad y afectados por la salinidad (Montero et al., 2010).

Tecnologías emergentes como los hidrogeles ofrecen una solución prometedora para mejorar la eficiencia hídrica y nutricional en condiciones negativas. Estos polímeros tienen

la capacidad de retener grandes cantidades de agua y liberarlas gradualmente según las necesidades de la planta, lo que es especialmente beneficioso en suelos semiáridos o afectados por la salinidad (Seguel, 2014).

Problema Científico

¿Qué efecto tendrá el uso de tres niveles de agua salina en plantas de pimiento inoculadas con hongos micorrízicos y la adición de hidrogel?

Justificación

La presente investigación tiene como objetivo tratar un tema de gran importancia en el área agrícola, el impacto de la salinidad del agua en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L). Este problema es de gran importancia, ya que la salinidad del agua es una de las limitaciones para la producción agrícola en algunas regiones del Ecuador, afectando la calidad y el rendimiento de los cultivos.

Es necesario comprender cómo la salinidad afecta al cultivo del pimiento, ya que tiene una importancia económica, es ampliamente cultivado y consumido a nivel mundial y su sensibilidad a la salinidad del agua representa un riesgo para la economía agrícola.

Esta investigación se centra en la evaluación del efecto de tres niveles de salinidad en el desarrollo del pimiento, se explorará la inoculación con hongos micorrízicos y la adición de hidrogel como posibles métodos para mejorar la tolerancia del pimiento a la conductividad eléctrica del agua.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Determinar el efecto de tres niveles de salinidad en el desarrollo de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) inoculadas con micorrizas y la adición de hidrogel.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el efecto de la interacción de la salinidad, la micorrización y la adición de hidrogel en las características morfológicas de plantas de pimiento.
2. Determinar el efecto de las micorrizas en la tolerancia al estrés salino.
3. Evaluar la retención de agua en el suelo en respuesta a la aplicación del hidrogel y el riego con diferentes niveles de salinidad.

Hipótesis

El uso de micorrizas arbusculares e hidrogel tienen un efecto positivo en el desarrollo de los cultivos de pimientos aumentando el contenido de agua en el suelo y realizando simbiosis con las raíces volviéndolas más eficientes bajo condiciones de riego con agua salina.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del pimiento

1.1.1 Origen

El origen del pimiento se sitúa en la región de Bolivia y Perú, junto con al menos otras cuatro especies además de *Capsicum annuum* L, fue transportado al Viejo Mundo por Cristóbal Colón durante su primer viaje en 1493. Para el siglo XVI, cultivo ya se había extendido en España, y gracias a la colaboración de los portugueses, se propagó al resto de Europa. Este esparcimiento del pimiento tuvo un impacto significativo en la cultura gastronómica a nivel mundial (Carvajal, 2020).

1.1.2 Importancia del pimiento

El cultivo del pimiento es de mucha importancia a nivel global, ocupando el tercer lugar en superficie cultivada, solo siendo superado por el tomate y el pepino. Sin embargo, económicamente se posiciona como el segundo cultivo más importante (Buñay, 2017).

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador ha tenido un impulso importante, esto se debe a las características geográficas, climáticas y edáficas del país, que son idóneas para su desarrollo, este cultivo se extiende por las regiones de la Costa y parte de la Sierra, en provincias como Guayas, Santa Elena, Manabí, El Oro, Imbabura, Chimborazo y Loja, en cuales las condiciones climáticas, la altitud y el suelo son favorables, en Ecuador su ciclo vegetativo depende de la variedad, que fluctúa entre 4 y 6 meses desde la siembra hasta la cosecha (Pinto, 2017).

1.1.3 Producción y consumo

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más populares y una de las más demandadas por los consumidores. A nivel mundial 1.914.685 hectáreas produjeron 31.167 millones de kilogramos de pimientos, en el caso específico de Ecuador, 1.700 hectáreas de cultivo produjeron 5.500 toneladas (FAO, 2012).

El pimiento es una hortaliza el cual su consumo brinda una serie de beneficios al ser humano, en términos de nutrición y salud, se puede consumir crudo, hervido o asado, puede acompañar una variedad de carnes, cereales y vegetales, es uno de los alimentos más ricos en fibra, vitamina C y vitamina B, esto lo vuelve beneficioso para el sistema nervioso y cerebral, es rico en antioxidantes y vitamina A, lo que ayuda a prevenir enfermedades crónicas y degenerativas (Pinto, 2017).

1.1.4 Taxonomía del pimiento

La taxonomía dentro del género *Capsicum*, es muy compleja, debido a la gran variedad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación por el hombre (Edifarm, 2008).

Reino: Vegetal

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annum*

Nombre común: Pimiento

Nombre científico: *Capsicum annum* L.

1.1.5 Requerimiento del pimiento

Se puede adaptada a clima templado cálido, requiere temperaturas más altas que los tomates. La temperatura óptima para la germinación es de 20-25 °C. El desarrollo óptimo de la planta ocurre a 20-24 °C en el día y 16 °C a 18 °C en la noche. Su crecimiento se ve afectado por debajo de los 15 °C. Se adapta a variados tipos de suelo, pero prefiere suelos bien drenado con buena fertilidad inicial, ligeramente ácidos y baja salinidad (Goites, 2008).

Según Marmol (2010), Con la ayuda del riego aportamos al suelo la humedad necesaria para cubrir las necesidades de las plantas, mantenemos un cierto porcentaje de agua en el suelo, que además facilita la absorción de nutrientes y tiene capacidad de retención suficiente para aportar a las plantas la humedad necesaria, durante el ciclo de crecimiento de la planta.

1.1.6 Fenología del pimiento

Es una planta herbácea semi perenne el cual su ciclo de cultivo puede ser corto o anual, esto depende de la variedad, tiene una altura de 0.50 metros en cultivos de campo abierto y de 2 metros aproximadamente en variedades híbridas cultivadas en condiciones controladas (Simancas, 2022).

Tiene una raíz axonomorfa de la que se extiende un conjunto de raíces laterales, la ramificación adopta una forma de triangulo con el ápice en el extremo del eje de crecimiento, la raíz principal se hunde en el suelo hasta una profundidad de unos 30 a 60 cm, mientras

que horizontalmente su crecimiento se extiende aproximadamente 30 a 50 cm desde el eje, está reforzado con un gran número de raíces adventicias (Romero, 2022).

La planta de pimiento es de tallo erguido con dos o tres ramas de hojas lanceolada, llena, la superficie es lisa y suave, el nervio principal aparece en el envés de la hoja, al igual que las nervaduras secundarias que son pronunciadas, con ápice prominente de pecíolo largo y poco visible (Solís, 2021).

Las flores están unidas al tallo por un pedúnculo de 10 a 20 mm de longitud, con 5 a 8 costillas, cada flor está constituida por un eje y apéndices fóliales que constituyen las partes florales, las cuales son: el cáliz, estambres y pistilos (Simancas, 2022).

El fruto del pimiento es una baya vacía, de consistencia semi cartilaginosa con forma inclinada, de varios colores, cuando empiezan a madurar, ciertas variedades cambian de tonalidad pasando de verde a anaranjado y finalmente a rojo, su tamaño puede variar significativamente llegando incluso a superar los 500 gramos (Resquín et al., 2023).

1.1.7 Nutrición vegetal del pimiento

En relación con sus requerimientos nutricionales, es importante suministrar a la planta de pimiento una adecuada fertilización, resalta las necesidades de N, P y K, también nutrientes secundarios como Ca y Mg, y micronutrientes como el Fe, Zn, Bo y Mo, el nitrógeno es fundamental en todo el ciclo de cultivo, destacando la etapa de desarrollo vegetativo y tras el cuajado de los primeros frutos, es aconsejable disminuirlo al inicio de la recolección, en beneficio del potasio para no retrasar la maduración (Silva et al., 2017).

El fósforo es imprescindible en la aparición de las primeras flores, influye también en el desarrollo de las raíces, el potasio contribuye a la formación, mejora de la calidad del fruto y el color de éste, aporta dureza a los frutos (Reyes et al., 2019).

El magnesio tiene un papel primordial en el engorde y la maduración de los frutos, Su aplicación mejora la producción obtenida, con respecto al calcio una de las anomalía más frecuentes en los cultivos de pimientos es la ausencia de éste ya que produce la enfermedad de podrición apical el cual hace que el fruto no sea comestible, en relación con los micronutrientes son esenciales algunos como el boro ya que son imprescindibles para una adecuada floración y cuajado de los frutos (Ruiz et al., 2020).

1.1.8 Plagas y enfermedades

Según Lopez (2021) Las principales plagas y enfermedades que ataca al cultivo de pimiento son:

Pulgón: Los pulgones son una gran amenaza para el cultivo de pimiento ya que se alimentan del material vegetal de estos, al absorber la savia de la planta, debilitan progresivamente su estructura lo que eventualmente produce a la necrosis, la aparición de residuos de savia en las hojas denota su actividad el cual también aumenta la presencia de enfermedades secundarias.

Trips: Son insectos alargados con tonalidad marrón que consumen la savia de las plantas afectándolas de igual manera que lo pulgones, son muy dañinos para los cultivos de pimiento ya que estos transmiten el virus bronceado del tomate, los síntomas de este virus son la aparición de manchas en forma de círculos que puede ocasionar la muerte del tejido vegetal, afectando a las hojas, las flores y frutos.

Mosca blanca: Este insecto se propaga a través de las hembras que deposita sus huevos en la parte posterior de las hojas. Cuando las larvas de la mosca blanca eclosionan se nutren extrayendo la savia de la planta, el cual resulta en un deterioro general del cultivo, esto provoca un continuo marchitamiento. La presencia de mosca blanca puede ser identificada al observar el envés (parte de abajo) de las hojas, donde pueden observarse diminutas esferas de coloración blanco o más claro que el verde normal de la planta.

Araña roja: Este arácnido es un enemigo habitual de varios plantíos, incluyendo el pimiento, los adultos de la araña roja son responsables del deterioro en los cultivos, esto se debe por que se alimentan de los jugos celulares, impidiendo su adecuado desarrollo, la presencia de esta plaga se detecta por la aparición de un color rojizo en el tejido afectado, que eventualmente se necrosa, en etapas avanzadas de la infestación es posible observar una telaraña extendida por toda la planta.

Podredumbre gris: esta enfermedad afecta al cultivo de pimiento presentándose en hojas, flores y tallos con la presencia de manchas pardas, el cual es el micelio gris del hongo. En los frutos esta podredumbre se manifiesta con la formación de áreas acuosas que provocan su reblandecimiento.

Oídio: Este hongo se nota por la presencia de un micelio de color blanquecino que se forma sobre las hojas, cuando la enfermedad se expande ocasiona que las hojas se sequen y se caigan, dejando los frutos expuestos al sol y los cuales son susceptibles a sufrir lesiones solares.

Seca del pimiento: Daña a la planta en todos los momentos de su crecimiento, comienza atacando la base del tallo, causando una mancha oscura que se propaga por toda la planta, también perjudica el sistema radicular, sus efectos son graves, ya que causa la muerte de la planta sin mostrar signos de marchites, lo que dificulta su detección.

1.2 Salinidad

1.2.1 Factores de salinidad

La salinización del suelo ocurre cuando se utiliza agua con alto contenido de sales o se recircula el agua ya que durante el proceso de evapotranspiración las sales se concentran en las capas superficiales del suelo, en regiones con climas áridos, la salinidad tiende a ser más alta debido a que las precipitaciones son insuficientes en comparación con la evaporación del suelo, esto resulta en una falta de humedad en el suelo, lo que conduce a que las sales se acumulen en las capas superficiales, la escasez de lluvias dificulta el lavado de los suelos lo que contribuye a la acumulación de sales (Gallart, 2017).

El nivel freático ejerce un doble impacto en la salinidad del suelo, por un lado impide el lavado y la eliminación del exceso de sales aplicadas a los cultivos, por otro lado, facilita el ascenso capilar de las sales disueltas presentes en el nivel freático, los factores topográficos, como la forma del terreno pueden influir en la salinidad del suelo, en las depresiones topográficas el nivel freático tiende a estar más elevado y puede contener una mayor concentración de sales en comparación con las zonas más elevadas, esto se debe a procesos como la disolución, lixiviación y transporte de materiales desde áreas más altas hacia las depresiones (Gallart, 2017).

1.2.2 La salinidad y el impacto en la agricultura

La salinidad es un factor cada vez más relevante debido a su relación con la ausencia de lluvias y la escasez de agua, este fenómeno incide en el desarrollo y la producción de los cultivos al limitar el potencial hídrico del suelo, esto disminuye la accesibilidad de agua para los cultivos, la salinidad crea un desequilibrio nutritivo debido a una elevada concentración de cloruro de sodio los cuales pueden obstaculizar la nutrición mineral y el metabolismo nutritivo de las plantas, este desorden puede afectar la salud de los cultivos y disminuir su rendimiento (Rodríguez, 2021).

Este fenómeno resulta en un aumento de la concentración de sales en el suelo, lo que puede originar efectos como un impacto osmótico sobre los cultivos, complicando su capacidad para absorber agua y nutrientes, la aglomeración de iones salinos, especialmente el sodio, puede toxicar a las plantas, interfiriendo con su metabolismo y desarrollo, la salinidad también puede perturbar el equilibrio nutricional de las plantas, afectando su capacidad para absorber nutrientes esenciales como el potasio y el calcio (Cruz, 2019).

1.2.3 Efecto de salinidad en el cultivo de pimiento

Las plantas expuestas a alguna clase de estrés son más predispuestas a ser afectadas por enfermedades y plagas, los cuales pueden disminuir su productividad y esto genera frutos de calidad reducida (López, 2023).

Los cultivos de pimientos que son expuestos a una conductividad eléctrica (CE) de 3 dS/m o mayores, generan frutos con altos niveles de antioxidantes y mayor valor nutricional (Pérez et al., 2020).

1.2.4 Respuestas del pimiento a la salinidad

Las plantas activan varios métodos para adaptarse a las condiciones de estrés salino, pueden ajustar la osmosis, esto requiere aumentar la habilidad de adquirir agua a través de la síntesis de osmoreguladores como la prolina, también pueden alterar la permeabilidad de las membranas celulares e incrementar el cierre de sus estomas, esto resulta en una reducción de la transpiración y la fotosíntesis (Gálvez et al., 2022).

Esta adaptación es regulada por indicadores moleculares que controlan la interacción con el medio externo, estos generan modificaciones en la actividad de canales y transportadores de membrana y en la activación y transcripción de genes (Gálvez et al., 2022).

1.3 Micorrizas

1.3.1 Generalidades del HMA

Según Smith et al. (2010), la micorriza se encuentra en la mayoría de los suelos y están asociados con las plantas a través de una relación simbiótica que incrementa la absorción de agua y nutrientes, hace que las plantas sean más resistentes a diferentes tipos de estrés (biótico y abiótico), las micorrizas son simbioses establecidos entre ciertas especies de hongos (*Basidiomycetes*, *Ascomycetes*, *Zygomycetes* y *Glomeromycetes*) y las raíces de la mayoría de las plantas (Sánchez, 2004).

Esta relación simbiótica entre los dos proporciona los beneficios de vivir en una estrecha relación de interdependencia. El beneficio más conocido es el intercambio de nutrientes, donde la planta proporciona al hongo, carbohidratos y otras sustancias que sintetiza, y el hongo proporciona a la planta agua nutrientes orgánicos y minerales del suelo y otras sustancias sintetizadas por el hongo (Medina, 2017).

1.3.2 Importancia de las micorrizas arbusculares

Según nos manifiesta Torres et al. (2017), las micorrizas arbusculares (HMA) son microorganismos de mucha importancia por su capacidad para establecer simbiosis con aproximadamente el 80% de las plantas, en esta asociación simbiótica, las plantas utilizan el micelio extra radical del hongo, el cual expande el alcance del suelo que puede explorar la planta esto le permite acceder a mayores cantidades de agua y nutrientes, en especial los poco móviles en la solución del suelo, como es el caso del fósforo (P), un elemento fundamental para las plantas que se encuentra generalmente en concentraciones reducidas en forma no asimilables.

1.3.3 Mecanismos de micorriza en la atenuación del estrés salino

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) emplean diferentes mecanismos para atenuar el estrés que causa la salinidad en las plantas: los HMA pueden mejorar la absorción de nutrientes y agua, mantener el equilibrio osmótico, activa los antioxidantes para proteger a la planta en contra del daños causado por especies reactivas de oxígeno, eleva la tasa fotosintética y ajusta los niveles de hormonas para minimizar los efectos negativos de las sales en el crecimiento vegetal (Dastogeer et al., 2020).

1.3.4 Respuesta del pimiento a la inoculación de micorriza

Las plantas de pimientos (*Capsicum annuum* L.) que forman simbiosis con la micorriza producen más flores y brotes laterales, incrementa en el crecimiento de las raíces, en producción de materia seca y en términos generales, los frutos de estas plantas suelen ser de mejor calidad (Nicolás et al., 2015).

1.3.5 Como la micorriza influencia en la calidad de nutricional de pimiento

El uso de hongos micorrízicos en plantas de pimiento provoca una mejora en el contenido de clorofila en las hojas y en la absorción de nutrientes clave como nitrógeno (N),

fósforo (P), hierro (Fe) y zinc (Zn). Esta inoculación contribuye a optimizar la calidad de los frutos al incrementar su tamaño, longitud, ancho y peso (Díaz et al., 2013).

1.4 Polímero

1.4.1 Generalidades del polímero

Existen características generales que son habitual en todos los polímeros, estos los distinguen de otros materiales según Orbegoso (2017), los cuales son:

Consistencia: Los polímeros son fáciles de manejar debido a la ligereza de los átomos que los integran. Tienen una densidad relativamente baja, que varía entre 0.9 y 2.3 gr/cm³.

Capacidad térmica: La absorción y disipación de calor ocurre de manera progresiva debido a la falta de electrones libres. Esta característica es la razón por la cual estos materiales se utilizan como aislantes térmicos. Sin embargo, los procesos necesarios para convertir estos materiales en aislantes eficaces suelen ser costosos.

CE: Los polímeros tienen una alta resistencia a la electricidad, por lo que se utilizan como aislantes en dispositivos y conductores eléctricos.

Características lumínico: Debido a su estructura amorfa y la aleatoriedad de sus moléculas, los polímeros no desvían significativamente la luz, lo que les confiere una alta transparencia. Esta característica permite que transmitan más del 90% de la luz.

Tolerancia química: Los polímeros amorfos son más solubles que los polímeros cristalinos debido a que estos últimos poseen una mayor resistencia química. En los polímeros cristalinos, las grietas tienden a esparcirse menos o se detienen al alcanzar una región cristalina.

1.4.2 Uso de polímeros en la agricultura

El hidrogel es usado en la agricultura por sus beneficios agronómicos como económico, en cultivos tanto perennes como en hortalizas. El hidrogel es un biopolímero absorbente blanco, con la capacidad de expansión, con el agua incrementa su peso sin perder la estructura, el cual es cristalino en su estado deshidratado (Ahmed, 2015).

El acrilato de potasio es favorable para la agricultura, horticultura y el manejo del suelo, ya que el hidrogel permite regular los intervalos de riego al liberar agua a tiempo que el suelo o el sustrato se secan en el área del polímero. Esto aporta a reducir el gasto de agua (Ortega et al., 2020).

Según Tamayo et al. (2018) el acrilato de potasio se puede usar en:

Arboricultura: Es favorable para la plantación de árboles ya que ayuda al minimizar el impacto del trasplante y estimular el desarrollo radicular, reduce el tiempo que se necesita para el crecimiento y la producción.

Conservar raíces: se puede usar para mantener las raíces húmedas al sumergirlas en el gel, esto evita que se sequen en el trasplante o el transporte prolongado.

Mezclas de sustrato: Cuando se incorpora al sustrato, facilita que el enraizamiento sea más efectivo durante el corte y el trasplante, estimulando un crecimiento más rápido.

Mezclado con fertilizantes: Al mezclarse con los fertilizantes durante la preparación, ayuda a reducir la pérdida de nutrientes por lixiviación en el suelo.

1.4.3 Efecto de la salinidad en el hidrogel

La capacidad de los polímeros para absorber agua disminuye a medida que aumenta la salinidad del agua. En condiciones de mayor salinidad, como con la presencia de cloruro de sodio (NaCl), la capacidad de retención de agua de los polímeros se ve negativamente afectada (Jabri, 2015).

Los iones salinos presentes en el agua reducen la disparidad en la presión osmótica entre la matriz polimérica y la solución superficial, esto resulta en la reducción de la capacidad del hidrogel para absorber agua. Del mismo modo, los iones monovalentes en el agua usado para el riego, especialmente en altos niveles de salinidad, pueden degradar la estructura del hidrogel y su capacidad para almacenar agua de manera eficaz (Costa et al., 2021).

1.4.4 Efecto de hidrogel en el cultivo de pimiento

El hidrogel otorga un ambiente propicio para la germinación y el crecimiento robusto de las plantas de pimiento. La continua humedad proporcionada por el hidrogel estimula a que las plantas sean más robustas en términos de altura y un desarrollo radicular óptimo (Macías, 2022).

CPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La a presente investigación se realizó en el Centro de Apoyo Colonche, ubicado en la parroquia Colonche cantón Santa Elena con latitud -2.021935 Sur y longitud -80.680548, el centro de apoyo cuenta con una extensión de cerca de 10 ha, ubicado sobre un zona de planicie de clima Bshx clasificado como Clima semiárido cálido o tropical seco ecuatorial, de escasas precipitaciones inferiores a 500 mm al año, las temperaturas pueden superar los 30 °C y baja humedad según Köppen (Graziati, 2024), los suelos de Coloche son principalmente de textura franca, presentan una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla (Marriott, 2021).

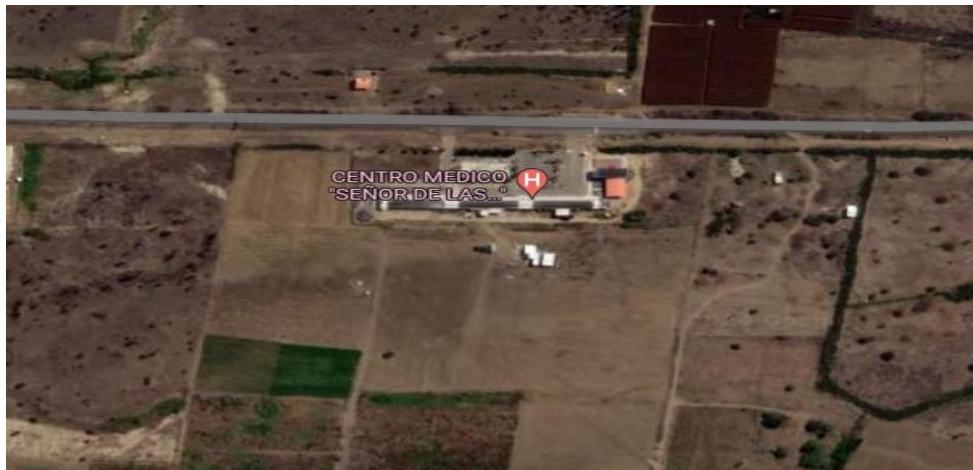


Figura 1. Vista satelital del Centro de Apoyo Colonche, ubicación del experimento (Google, 2024).

2.2 Material biológico y condiciones experimentales

2.2.1 *Material biológico*

Semillas de Pimiento: se utilizaron semillas de pimiento de variedad Jessica el cual se caracteriza por un fruto carnosa, piel verde y roja, brillante, lisa y sin manchas, las plantas son de tallo verde y rígidas, herbácea, ocasionalmente subarbusto, se le considera perenne de vida corta, cultivada de manera anual (Consumer, 2018).

Hidrogel: se utilizó hidrogel de la marca comercial New Gel el cual aumenta la capacidad de retención de humedad de los suelos agrícolas utilizados para los cultivos, reteniendo hasta 250 a 300 veces su peso en agua. La aplicación de NEWGEL-G al suelo puede reducir la frecuencia de riego y pérdida de los nutrientes importantes por efecto de lixiviación, su efecto residual puede durar entre 2 y 3 años (Frenzy, 2022).

2.3 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizó fue experimental según Vara (2012), un experimento es una investigación en la que se alteran intencionalmente una o más variables independientes, para con esto realizar una examinación de sus efectos, es un método minucioso el cual se utiliza para evaluar teorías causales al controlar y manipular variables independientes mientras se observa el efecto resultante en una o más variables dependientes.

Este diseño se realiza en investigaciones que buscan establecer relaciones causales, donde se identifican una o más variables independientes y dependientes. En este diseño, las variables independientes son manipuladas deliberadamente por el investigador en un entorno controlado para observar los efectos que tienen sobre las variables dependientes (Condori, 2021).

2.4 Diseño de investigación

2.4.1 *Diseño experimental*

Se uso un diseño bifactorial donde los factores en estudio fueron 3 niveles de CE y la presencia/ausencia de hongo micorrízicos arbusculares (3x2) lo que da un total de 6 tratamientos, cada tratamiento conto con 4 repeticiones (Tabla 1)

Tabla 1. Tratamientos de tres niveles de conductividades eléctricas (CE) inoculas con micorrizas (HMA) y adición de hidrogel

	HIDROGEL	HMA	CE
T1	+	+	CE 2.5
T2	+	-	CE 2.5
T3	+	+	CE 3.5
T4	+	-	CE 3.5
T5	+	+	CE 4.0
T6	+	-	CE 4.0

2.5 Manejo del experimento

2.5.1 *Solarización de suelo*

Antes de iniciar el experimento, se eligió una parcela cercana al área experimental donde se ubicó una lámina de polietileno negro de 100 µm como base. Encima de esta superficie se colocó el sustrato compuesto por suelo obtenido del horizonte A extraído del mismo centro de apoyo posteriormente, se extrajo el suelo necesario y se depositó sobre el plástico para proceder a sellarlo de manera hermética con una lámina de polietileno transparente de 100 µm y anti-UV. Este sustrato fue expuesto al sol durante el periodo de 30 días, con volteos ocasionales, con el fin de esterilizarlo y reducir drásticamente la presencia

de hongos micorrízicos arbusculares propios de la zona según la metodología de Randig, et al. (2002).

2.5.2 Elaboración de los tubos de PVC como macetas

Se cortaron 24 tubos de 4 pulgadas de diámetro en secciones de 30 centímetros largo, a los cuales se le aseguro con una amarra plástica una malla de alambre de aluminio de 5 mm en uno de sus extremos para evitar la pérdida de sustrato y permitir la lixiviación del agua, posteriormente se rellenaron con el sustrato solarizado.

El volumen V de un cilindro (tubo de PVC)

$$V=\pi r^2h$$

Dimensiones a unidades iguales

- Diámetro del tubo = 4 pulgadas = 10.16 cm (1 pulgada = 2.54 cm)
- Radio r = 10.16 cm / 2 = 5.08 cm
- Altura h = 30 cm

cálculo de volumen:

$$V=\pi (5.08 \text{ cm})^2(30 \text{ cm})$$

$$V=\pi (25.8064 \text{ cm}^2) (30 \text{ cm})$$

$$V=\pi (774.192 \text{ cm}^3)$$

$$V\approx 3.1416 \times 774.192 \text{ cm}^3$$

$$V\approx 2432.84 \text{ cm}^3$$

Densidad del suelo

El peso del suelo lleno en el tubo es de 6.50 libras.

Peso a gramos (1 libra = 453.592 gramos): 6.50 libras \times 453.592 g/libra = 2948.35 g

La densidad (ρ) masa por unidad de volumen: $\rho=m/v$

Donde:

- m es la masa del suelo (2948.35 g)
- V es el volumen del tubo (2432.84 cm³)

$$P= 2948.35 \text{ g}/2432.84 \text{ cm}^3$$

$$P= 1.21 \text{ g}/\text{cm}^3$$

Esto nos da que

- Volumen del tubo: 2432.84 cm³.
- Peso del suelo que llenó el tubo: 6.50 libras (2948.35 gramos).
- Densidad del suelo: 1.21 g/cm³.



Figura 2. Tubos de PVC armados para usar como masetas

2.5.3 Preparación de las soluciones de CE

Se probó tres niveles de conductividades eléctricas: 2.5, 3.5 y 4.0 dS/m. Las soluciones salinas se prepararon con cloruro de sodio (NaCl) en 20 litros de agua. Para 2.5 dS/m, se disolvieron 16 gramos de NaCl, para 3.5 dS/m, 27.7 gramos de NaCl y para 4.0 dS/m, 33.5 gramos de NaCl. Cada solución se almacenó por separado.

2.5.4 Plan de fertilización

Se diseñó un plan de fertilización en base a los requerimientos del cultivo para un rendimiento esperado 90 t/ha. La dosis de nutrientes requeridas fue de 120-20-100 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 los requerimientos, se utilizaron fertilizantes como DAP, Urea y Superpro a razón de 44 kg/ha, 244 kg/ha y 200 kg/ha. El nitrógeno se aplicó en cuatro etapas del cultivo: 40% al trasplante (1.96 g/planta), 30% durante el desarrollo (1.47 g/planta), 20% en la floración (0.98 g/planta) y 10% en la fructificación (0.49 g/planta). El fósforo se aplicó en mayor cantidad al inicio del ciclo con 0,87 g/planta, y luego se redujo a 0.65 g/planta. El potasio se distribuyó en tres etapas clave del desarrollo: inicio vegetativo, floración y fructificación, con 4 g/planta en cada etapa, asegurando la calidad del fruto.

2.5.5 Germinación, trasplante, inoculación de HMA y adición de hidrogel

Se sembraron semillas de pimiento en bandejas germinadoras usando fibra de coco como sustrato, las semillas germinaron en quince días. Después de la germinación, se esperó aproximadamente quince días para realizar el trasplante a los tubos rellenos con el sustrato solarizado. Al rellenar los tubos con el suelo solarizado se colocó cinco gramos de hidrogel

a quince centímetros de profundidad a todos los tratamientos y cinco gramos de HMA a cinco centímetros de profundidad a cada tratamiento correspondiente.

2.5.6 Manejo fitosanitario

Para prevenir plagas en el cultivo de pimientos, se emplearon dos productos: Actup (Thiamethoxam) el cual es un insecticida de contacto y Planeta (Pirimiphos-methyl) el cual es un gasificante. Se mezcló quince gramos de Actup en veinte litros de agua, a los cuales se añadieron cinco cc de Planeta. La mezcla resultante se aplicó uniformemente sobre las plantas utilizando una fumigadora manual. Esta operación se repitió semanalmente para garantizar una protección continua del cultivo contra las plagas.

2.5.7 Riegos con la conductividad eléctrica

A los 15 días después del trasplante se empezó a suministrar las correspondientes conductividades eléctricas para cada tratamiento, el riego se realizó cada dos días ya que el hidrogel mantenía la humedad en el suelo, esto se realizó hasta terminar el experimento.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Morfológicos

Estos datos fueron colectados según la metodología descrita por Monge et al (2022).

Altura de planta: se tomó midiendo desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta en donde se encuentra el crecimiento apical para esto se utilizó una cinta métrica como instrumento de medición.

Diámetro del tallo: La medición se realizó en la sección media del tallo, justo antes de la primera bifurcación. Esta medición se llevó a cabo utilizando un calibrador manual de la marca Best Value.

Números de frutos: se consiguió registrando el total de frutos colectado por cada planta.

Peso de fruto: se consiguió esta variable pesando todos los frutos de cada planta colectados.

Longitud y ancho de la hoja: se tomó la longitud de la hoja con una regla de 30 centímetros.

Área foliar: se tomó este dato multiplicando largo por ancho de la hoja y dividiendo para dos.

Las muestras para el peso seco se tomaron cortando la planta desde la base del tallo, se lo colocaron en una funda de papel, después se pesó en una balanza digital, se colocó en estufa de circulación de aire a 65 °C durante 48 horas, pasado ese tiempo se pesó la masa seca (Galeote., et al 2022).

Eficiencia micorrícica: esta variable se calculó con la fórmula propuesta por Plenchette., et al (1983)

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

Donde: El método empleado para evaluar la eficiencia micorrícica en la producción de biomasa se basó en el índice propuesto por Plenchette., et al (1983). En el cual permite comparar el peso seco total de las plantas micorrizadas y no micorrizadas utilizando la fórmula.

2.6.2 *Perdida de agua por percolación*

Medio y Fluido: El medio puede ser cualquier estructura porosa, como una roca, un suelo, una red de árboles. El fluido puede representar un líquido, un vapor, una corriente eléctrica, un flujo de calor o una infección (Sahimi, 1994).

En este experimento se utilizó el suelo como medio y el agua salina como fluido. Se colocó un vaso plástico transparente en la parte inferior de cada tubo y se esperó a que el agua comenzara a percolarse.

2.7 *Análisis estadístico de los resultados*

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza mediante test F usando del programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2019). Cuando los efectos fueron significativos se aplicó la prueba de Tukey con nivel de significancia del $p \leq 0.05$. Para evaluar las interacciones de los factores se consideró un nivel de significancia del $p \leq 0.25$ para comprender las relaciones específicas entre variables (Perecin, 2008). Los gráficos se elaborados usando el software Microsoft Excel 365.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efectos en los parámetros morfológicos de altura de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Tabla 2 se presentan los datos del resumen de análisis de varianza de altura de plantas de pimiento con la presencia o ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con 3 diferentes conductividades eléctricas (CE). Se observa que en la variable conductividad eléctrica (CE) al día 63 después del trasplante (63 DDT) los resultados no fueron significativos. En la variable hongo micorrízicos arbusculares (HMA) se puede observar que los datos resultaron significativos. Se observar que existe interacción entre los factores CE x HMA en los 4 momentos evaluados.

Tabla 2. Resumen del análisis de varianza de la variable altura de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.

FV	21 DDT		Altura de planta 42 DDT		63 DDT		84 DDT		
	GL	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	2	27,125*	0,0096	70,166667*	0,0018	59,041667ns	0,3643	382,166667*	0,0263
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	108,375*	0,0001	301,041667*	0,0000	962,666667*	0,0006	1,584375000*	0,0004
CE x HMA	2	7,875*	0,1993	50,166667*	0,0072	166,291667*	0,0745	411,500000*	0,0210
CV%		10		11,18		18,32		11,80	
Media		21,125		24,708		40,58		78,208	

(*) significativo: (ns) no significativo

3.1.1 Altura de planta

En la Tabla 3. Los resultados indican que el nivel de conductividad eléctrica (CE) como la presencia o ausencia de HMA (Hongos Micorrízicos Arbusculares) influyen en la variable altura a los 21, 42, 63 y 84 días después del trasplante (DDT). Los resultados revelan que la presencia de HMA (+) es asociada con una altura notablemente superior en todos los tratamientos de (CE) y en todos los días de evaluación, en contraste con la ausencia de HMA (-). Específicamente, a 21 DDT, se puede notar una mayor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) para los tres niveles de CE, con diferencias marcadas en niveles más bajos de CE. Al pasar los días (42, 63 y 84 DDT), esta tendencia se mantiene y son un poco más notables especialmente en los niveles más altos de CE. Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro evaluado con el tiempo, notándose mucho más en condiciones de HMA (+). Por ejemplo, a los 84 DDT, el nivel que

ha acumulado en CE 2.5 con HMA (+) es de 102,5, mientras que con HMA (-) es de 69,75. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad de 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 3. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y tres niveles de conductividad eléctrica en la altura de plantas de pimiento (*Capsicum annum L*) a los 21, 42, 63 y 84 DDT.

Nivel de CE	21 DDT		42 DDT		63 DDT		84 DDT	
	HMA		HMA		HMA		HMA	
dS/m	+	-	+	-	+	-	+	-
2,5	26,5 aA	20,00 aB	34,50 aA	21,75 aB	55 aA	32 bB	102,5 aA	69,75 bB
3,5	21,75 bA	18,25 aB	25,50 bA	20,25 aB	41 abB	35,3 bB	76,75 bB	70,0 bB
4,0	21,50 bA	18,75 aA	24,75 bB	21,50 aB	44,75 bB	35,5 bB	79,75 bB	70,5 bB

Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en altura de planta a los 21DDT, 42DDT, 63DDT y 84 DDT días después del trasplante (DDT). minúsculas comparan las medias entre filas y mayúscula comparan medias de columnas, las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p<0,05$).

3.1.2 Efectos en los parámetros morfológicos del diámetro del tallo de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Tabla 4 se presenta los datos del resumen del análisis de varianza del diámetro del tallo en plantas de pimiento con la interacción de (+/-) de HMA con 3 diferentes CE. Se observas que existe interacción entre los factores CE x HMA en los días 21 y 42 DDT, en los días 63 y 84 DDT los datos no reflejaron diferencia significativa.

Tabla 4. Resumen del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo de plantas de pimientos bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.

FV	Diámetro del tallo								
	21 DDT			42 DDT		63 DDT		84 DDT	
	GL	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	2	0,020417*	0,0124	0,012917*	0,0273	0,135000*	0,0001	0,166250*	0,0006
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	0,060000*	0,0007	0,120417*	0,0000	0,060000*	0,0138	0,166667*	0,0032
CE x HMA	2	0,023750*	0,0072	0,005417*	0,1848	0,005000ns	0,5487	0,012917ns	0,4263
CV%		15,68		10,21		11,58		12,33	
Media		0,3833333		0,5291667		0,7750000		0,9750000	

(*) significativo: (ns) no significativo

3.1.3 Diámetro de tallo

En la tabla 5. Los resultados indican que el nivel de conductividad eléctrica (CE) como la presencia o ausencia de HMA (Hongos Micorrízicos Arbusculares) influyen en la variable diámetro del tallo a los 21 y 42 DDT, días después del trasplante (DDT). Los resultados revelan que la presencia de HMA (+) está asociada con un diámetro de tallo notablemente superior en todos los tratamientos de (CE) y en todos los días de evaluación, en contraste con la ausencia de HMA (-). Específicamente, a 21 DDT, se puede notar una mayor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) para los tres niveles de CE, con diferencias marcadas en niveles más bajos de CE. Al pasar los días (42 DDT), esta tendencia se mantiene y son un poco más notables especialmente en los niveles más altos de CE. Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro evaluado con el tiempo, notándose mucho más en condiciones de HMA (+). Por ejemplo, a los 42 DDT, el nivel que ha acumulado en CE 2.5 con HMA (+) es de 0,675, mientras que con HMA (-) es de 0,475. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad de 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 5. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y tres niveles de conductividad eléctrica en el diámetro de tallo en plantas de pimiento (*Capsicum annuum L*) a los 21 DDT y 42 DDT.

Nivel de CE dS/m	21 DDT		42 DDT	
	HMA			
	+	-	+	-
2,5	0,55 aA	0,325 bB	0,675 aA	0,475 bB
3,5	0,35 bB	0,325 bB	0,55 bA	0,45 bB
4,0	0,40 bB	0,35 bB	0,575 bA	0,45 bB

DDT=días después del trasplante: (+) = plantas inoculadas con HMA: (-) = plantas no inoculadas con HMA. Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí estadísticamente, minúsculas comparan las medias entre filas y mayúscula comparan medias de columnas, según la prueba de Tukey (p<0,05).

En la Figura 3. Se muestran los efectos independientes del diámetro del tallo en los cuales, los resultados indican que el nivel de (CE) como la (+ o -) de HMA influyen en la variable evaluada a los 63 y 84 DDT. Los resultados revelan que a mayor (CE) se reduce el diámetro del tallo (Figura 3A y Figura 3C). La presencia de HMA (+) está asociada con un diámetro de tallo superior en contraste con la ausencia de HMA (-) (Figura 3B y Figura 3D). Se puede notar una mayor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) con diferencias notables. Además, se observa una tendencia general de incremento en la

acumulación del parámetro evaluado, notándose mucho más en condiciones de bajas CE y HMA (+). Por ejemplo, a los 84 DDT (Figura 3D), el promedio que ha acumulado en HMA (+) es de 1,06 mientras que con HMA (-) es de 0,89 y en la (Figura 3C), el promedio que ha acumulado en CE 2.5 es de 1,14, mientras que con CE 4,0 es de 0,86. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad de mejorar significativamente la acumulación del parámetro estudiado y que este efecto se ve influenciado tanto por el tiempo como por el nivel de CE.

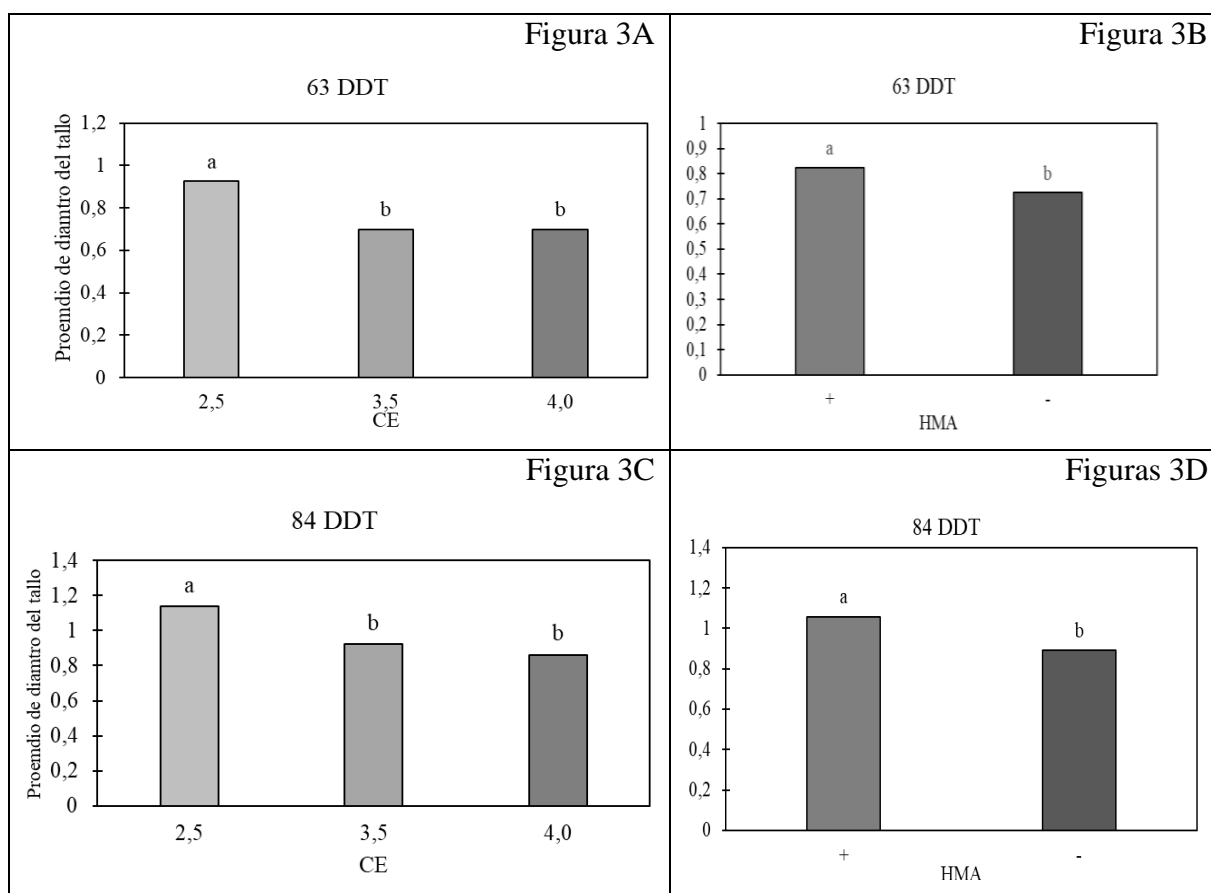


Figura 3. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas de pimientos a los 63 y 84 días después del trasplante (DDT). Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3.1.4 Efectos en los parámetros morfológicos del área foliar de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Tabla 6 se presenta los datos del resumen del análisis de varianza del área foliar de plantas de pimiento en donde se observa que la interacción de CE x HMA. Se puede observar que no hubo diferencias significativas entre los factores CE x HMA en los 4 tiempos evaluados.

Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de la variable área foliar de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.

Área Foliar										
FV	21 DDT			42 DDT		63 DDT		84 DDT		
	GL	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	
Conductividad eléctrica (CE)	2	343,44797*	0,0886	296,697917ns	0,4569	35,304688ns	0,9582	31,516250ns	0,9753	
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	292,252604*	0,1414	4,24004167*	0,0031	7,271460938*	0,0082	21,52207042*	0,0006	
CE x HMA	2	33,010417ns	0,7684	306,635417ns	0,4455	692,960938ns	0,4481	1,284420417ns	0,3808	
CV%		32,4		32,08		28,06		21,70		
Media		34,302020833		593,541667		1,024062500		1,636125000		

(*) significativo: (ns) no significativo

3.1.5 Datos de área foliar

En la Figura 4. Se muestran los efectos independientes del área foliar en los cuales, los resultados indican que el nivel de (CE) como la (+ o -) de HMA influyen en la variable evaluada a los 21, 42, 63 y 84 DDT. Los resultados revelan que a mayor (CE) se reduce el área foliar (Figura 4A y Figura 4C) esta tendencia se reduce significativamente con el paso del tiempo ya que en los días 63 y 84 DDT (Figura 4E y Figura 4G) se nota una diferencia mínima en el parámetro evaluado. La presencia de HMA (+) está asociada con un área foliar superior en contraste con la ausencia de HMA (-) (Figura 4B, Figura 4D, Figura 4F y Figura 4H). Se puede notar una mayor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) con diferencias notables. Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro evaluado, notándose mucho más en condiciones de HMA (+). Por ejemplo, a los 84 DDT (Figura 4H), el promedio que ha acumulado en HMA (+) es de 193,6 mientras que con HMA (-) es de 133,7. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad de mejorar significativamente la acumulación del parámetro estudiado y que este efecto se ve influenciado tanto por el tiempo como por el nivel de CE.

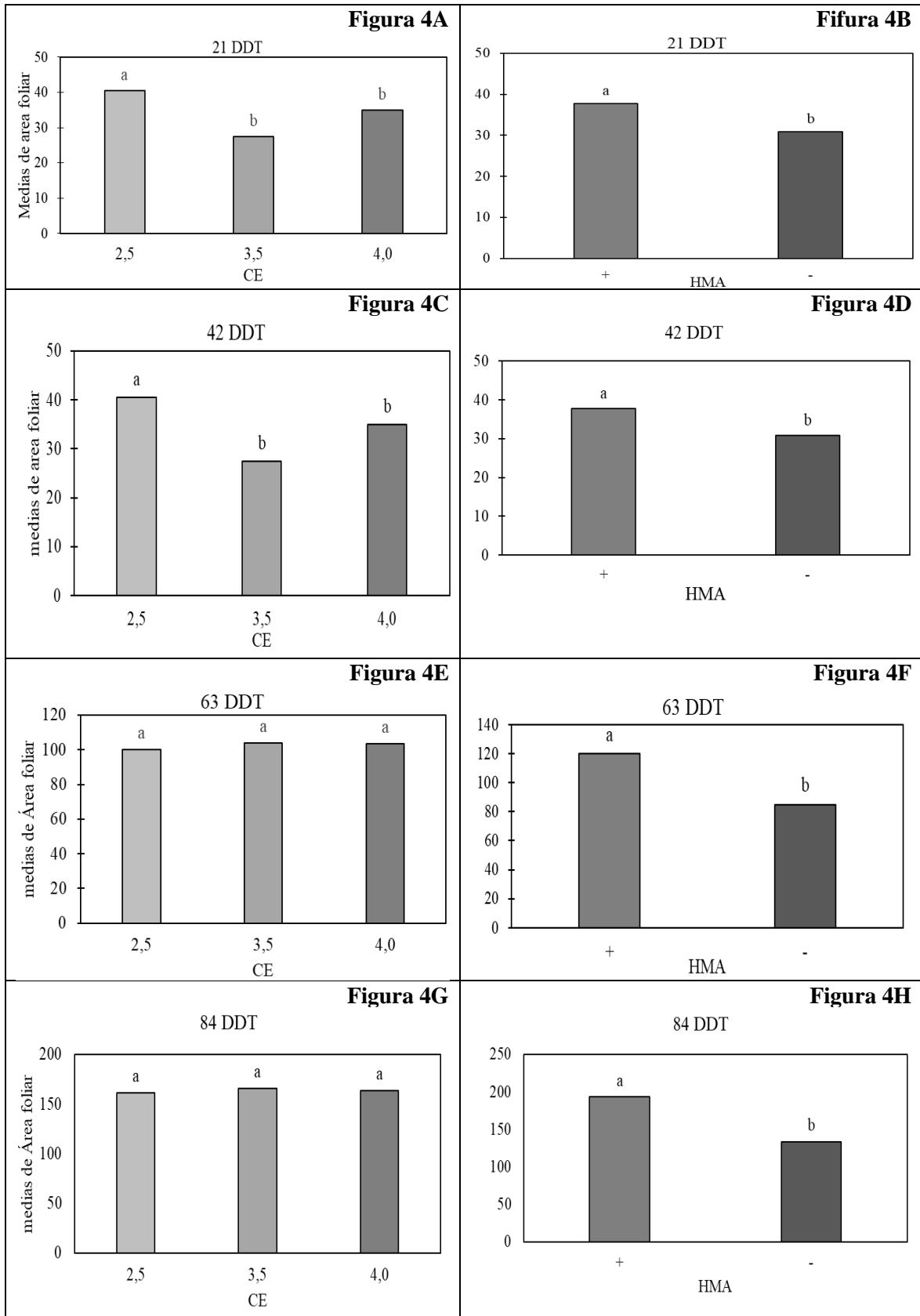


Figura 4. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el área foliar de plantas de pimientos (*Capsicum annuum* L) a los 21 DDT, 42DDT, 63DDT y 84 DDT días después del trasplante (DDT). Minúsculas comparan las medias entre filas y mayúscula comparan medias de columnas, las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).

3.2 Efectos de la pérdida de agua en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Tabla 7 se presentan los datos del resumen de análisis de varianza de pérdida de agua por efecto del hidrogel con la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con 3 diferentes conductividades eléctricas (CE). Se observó que al día 21 DDT no tuvieron diferencias significativas en CE x HMA, en los días 42 DDT, 63 DDT y 84 DDT la interacción entre los factores CE x HMA en los 3 momentos los datos tuvieron diferencias significativas.

Tabla 7. Resumen del análisis de varianza de la variable pérdida de agua de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA a los 21, 42, 63 y 84 DDT.

FV	Pérdida de agua								
	21 DDT			42 DDT		63 DDT		84 DDT	
	GL	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	2	166,791667*	0,0000	603,125000*	0,0000	723,041667*	0,0000	498,875000*	0,0000
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	18,375000*	0,0115	77,041667*	0,0000	60,166667*	0,0007	104,166667*	0,0017
CE x HMA	2	1,625000ns	0,5093	10,791667*	0,0328	12,541667*	0,0520	20,791667*	0,0941
CV%		7,35		5,31		5,64		7,40	
Media		207,083333		303,750000		335,833333		375,000000	

(*) significativo: (ns) no significativo

3.2.1 Efecto del hidrogel en la pérdida de agua

En la Tabla 8. Los resultados indican que el nivel de (CE) como la presencia o ausencia de HMA influyen en la variable pérdida de agua a los 42, 63 y 84 (DDT). Los resultados revelan que la presencia de HMA (+) está asociada con una pérdida de agua notablemente inferior en todos los tratamientos de (CE) y en estos tres los días de evaluación, en contraste con la ausencia de HMA (-). Al día 42 DDT, se puede notar una menor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) para los tres niveles de CE, con diferencias marcadas en niveles más bajos de CE. Al pasar los días (63 y 84 DDT), esta tendencia se mantiene y son un poco más notables especialmente en los niveles más altos de CE. Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro evaluado con el tiempo, notándose mucho más en condiciones de HMA (-). Por ejemplo, a los 84 DDT, el nivel que ha acumulado en CE 4 con HMA (+) es de 42,5, mientras que con HMA (-) es de 50,25. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad

de mejorar significativamente la disminución del parámetro estudiado y que este efecto se ve influenciado tanto por el tiempo como por el nivel de CE.

Tabla 8. Efecto del hidrogel en pérdida de agua en interacción con CE x HMA en los días 24, 63 y 84 DDT

Nivel de CE	42 DDT		63 DDT		84 DDT	
	HMA		HMA		HMA	
dS/m	+	-	+	-	+	-
2,5	23,5 bB	26 bA	26,5 bB	27,75 bB	33,25 bB	36,5 bB
3,5	25 bB	27 bB	28 bB	30,25 bB	30,5 bB	32 bB
4,0	37,25 aB	43,5 aA	41 aB	47,5 aA	42,5 aB	50,25 aA

Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la pérdida de agua a los 42DDT, 63DDT y 84 DDT días después del trasplante (DDT). minúsculas comparan las medias entre filas y mayúscula comparan medias de columnas, las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En la Figura 5. Se muestran los efectos independientes de la pérdida de agua en los cuales, los resultados indican que el nivel de (CE) como la (+ o -) de HMA influyen en la variable evaluada al 21 DDT. Los resultados revelan que a mayor (CE) mayor pérdida de agua (Figura 5A). La presencia de HMA (+) está asociada con una pérdida de agua inferior en contraste con la ausencia de HMA (-) (Figura 5B). Se puede notar una menor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) con diferencias significativas. Además, se observa una tendencia general de disminución en la acumulación del parámetro evaluado, notándose mucho más en condiciones de bajas CE y HMA (+). Por ejemplo, en la (Figura 5B), el promedio que ha acumulado en HMA (+) es de 19,9 mientras que con HMA (-) es de 21,59 y en la Figura 5A, el promedio que ha acumulado en CE 2.5 es de 16,25 mientras que con CE 4 es de 25,4. Esto indica que la inoculación con HMA disminuye significativamente la acumulación del parámetro estudiado y que este efecto se ve influenciado tanto por la + o - de HMA como por el nivel de CE.

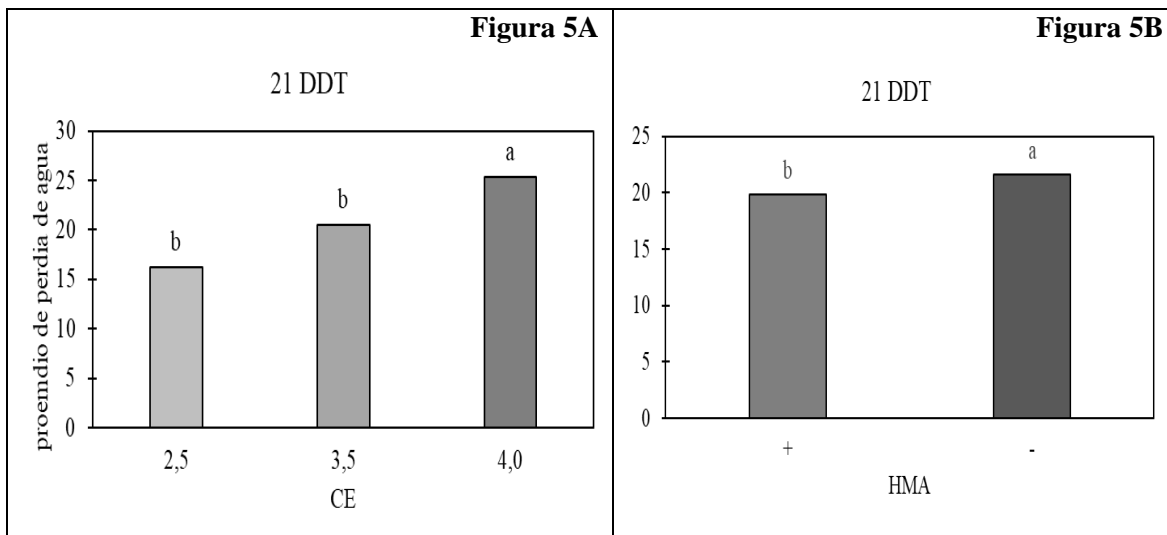


Figura 5. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la pérdida de agua a los 21 DDT días después del trasplante (DDT). Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).

3.2.2 Porcentaje de eficiencia micorrícica en masa seca

En la Figura 6 se presentan los resultados del porcentaje de la eficiencia micorrícica en masa seca se puede observar que en la conductividad de CE 2.5 dS/m tiene un 1% más que la conductividad eléctrica CE 3.5 dS/m y en comparación de con la conductividad CE 4 dS/m refleja un 11 % menos respuesta micorrícica que la conductividad CE 2.5 dS/m y en comparación de la conductividad CE 3.5 dS/m y CE 4 dS/m tiene una diferencia de 10 % menos respuesta micorrícica.

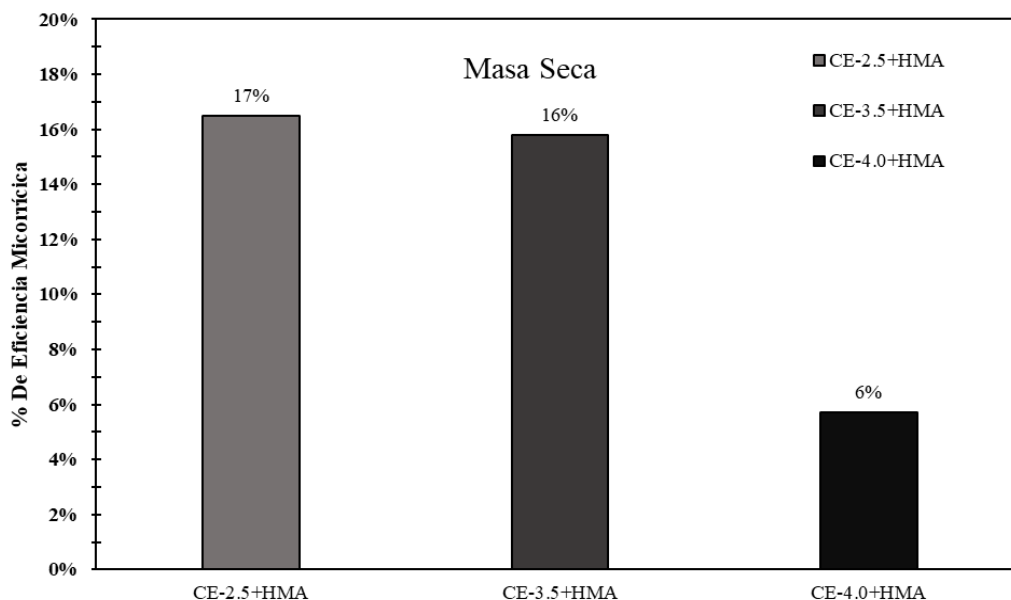


Figura 6. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en eficiencia micorrícica.

3.2.3 Efectos en rendimiento estimado en las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Tabla 9. se presentan los datos del resumen de análisis de varianza del rendimiento estimado de planta de pimiento con la presencia o ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con 3 diferentes conductividades eléctricas (CE). En la variable hongo micorrízicos arbusculares (HMA) y conductividad eléctrica (CE) se puede observar que los datos resultaron significativos. En la interacción entre los factores CE x HMA no mostraron diferencias significativas.

Tabla 9. Resumen del análisis de varianza del rendimiento estimado de plantas de pimiento bajo tres niveles de salinidad y presencia o ausencia de HMA.

Rendimiento Estimado			
FV	GL	CM	Pr>Fc
Conductividad eléctrica (CE)	2	1858,238229*	0,0000
Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	1	436,480104*	0,0028
CE x HMA	2	52,56604ns	0,2612
CV%	10	26,69	
Media		22,5770833	

(*) significativo: (ns) no significativo

3.2.4 Efectos en del rendimiento estimado de las plantas de pimiento en ausencia/presencia (+/-) de HMA con tres CE y adición de hidrogel

En la Figura 7. Se muestran los efectos independientes del rendimiento estimado en el cual, los resultados indican que el nivel de (CE) como la (+ o -) de HMA influyen en la variable evaluada. Los resultados revelan que a mayor (CE) se reduce el rendimiento estimado (Figura 7A). La presencia de HMA (+) está asociada con un rendimiento estimado superior en contraste con la ausencia de HMA (-) (Figura 7B). Se puede notar una mayor acumulación en condiciones de HMA (+) que en (-) con diferencias notables. Además, se observa una tendencia general de incremento en la acumulación del parámetro evaluado, notándose mucho más en condiciones de bajas CE y HMA (+). Por ejemplo, en la Figura 7B, el promedio que ha acumulado en HMA (+) es de 26,8 mientras que con HMA (-) es de 18,3 y en la Figura 7A revela que el promedio acumulado en CE 2.5 es de 39,7, mientras que con CE 4 es de 10,4. Esto indica que la inoculación con HMA tiene la posibilidad de mejorar significativamente la acumulación del parámetro estudiado y que este efecto se ve influenciado tanto por el tiempo como por el nivel de CE.

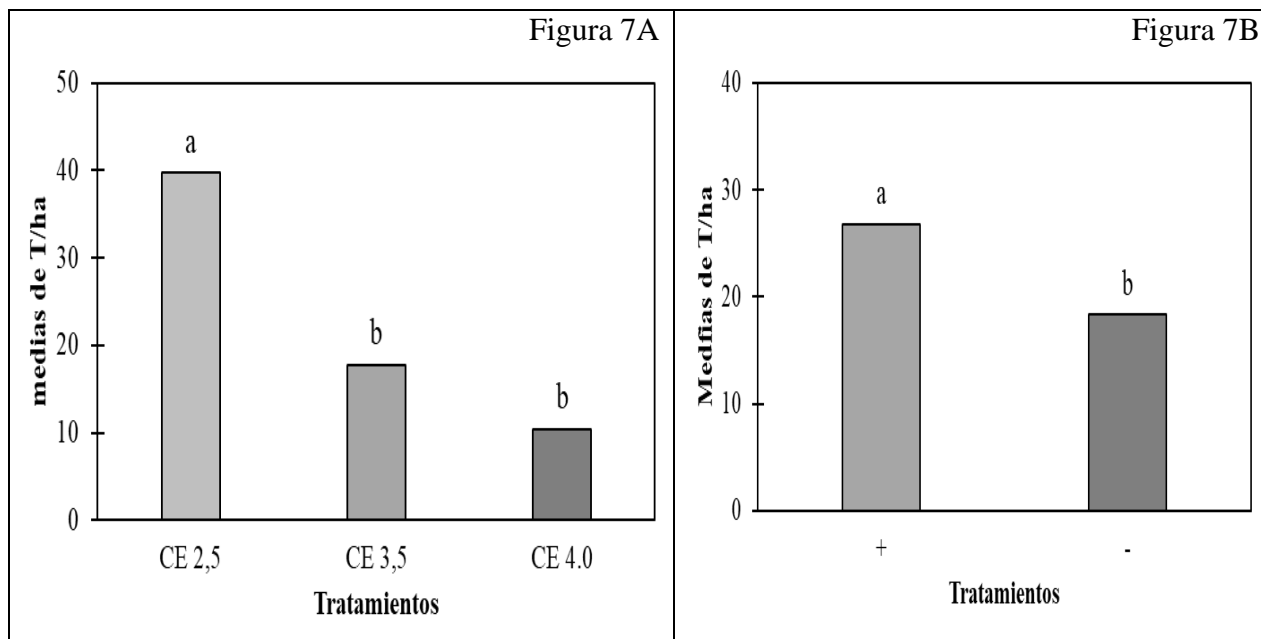


Figura 7. Efectos de 3 niveles de conductividades eléctricas (CE) y la presencia/ausencia (+/-) de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el rendimiento estimado. Las medias representadas con una misma letra no varían entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,25$).

3.3 Discusión

3.3.1 Discusión de los efectos de parámetros morfológicos evaluados

Según los estudios de Pantoja et al., (2017), el cual realizó un experimento en Chile (*Capsicum annuum*) con CE (4 dS/m, CE 8 dS/m) y HMA, Magallanes, (2022), quien realizó el experimento con conductividades eléctricas (0.15 dS/m, 10.22 dS/m, 23.33 dS/m³ y 28.40 dS/m) en plantas de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris* L.), Agüero, (2018), el cual realizó el experimento con 3 CE (0.65 dS/m³, 1.56 dS/m³ y 4.68 dS/m³) en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), Jiménez et al., (2017) en las que evaluaron el efecto de tres especies de HMA y estiércol bobino en plantas de ají (*Capsicum frutescens* L.), Trejo et al., (2021) con 6 tipos leguminosas y Zambrano, (2021) con 3 niveles de salinidad 0; 75 y 150 mM de NaCl los cuales encontraron en sus respectivos estudios que los parámetros evaluados disminuyen en las más altas CE y que la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) disminuyen notablemente los efectos del estrés salino.

La presencia de altas concentraciones de sales disminuyen los parámetros evaluados, esta reducción se debe a la falta de intercambio de gases en las hojas provocados por el estrés salino, esto también disminuye la transpiración y la capacidad fotosintética disminuyendo la asimilación de CO₂, las plantas adoptan esta estrategia para poder adaptarse a conductividades eléctricas altas, como se observó en plantas de tomate tratadas con dosis de

50 mM y 150 mM de NaCl según los resultados encontrados en el ensayo realizado por Bacha et al., (2016).

3.3.2 *Discusión de retención de agua*

Los datos reflejan una mayor pérdida de agua a medida que las sales aumentan ya que esta disminuye la capacidad de retención de agua del hidrogel, este efecto se debe a que las sales se aglomeran en los sitios de unión en donde el polímero almacena agua, esta acción altera la estructura física del polímero y volverlo menos efectivo para retener agua según Jabri (2015). En el experimento realizado por Costa et al. (2022) con maíz (*Zea mays*) en invernadero, con conductividades CE de 0.5 dS/m, 1.5 dS/m, 3 dS/m y 4.5 dS/m en el cual los resultados fueron que al aplicar hidrogel a suelos arenosos disminuyó un 58% pérdida de agua, a medida que la conductividad eléctrica aumentaba se observó una disminución significativa de en la capacidad de adsorción de agua del polímero, en la CE más alta 4.5 dS/m la capacidad de retención de agua se redujo un 84%.

3.3.3 *Discusión de rendimiento estimado*

Las sales solubles presentes en el agua pueden dañar el aparato fotosintético de las plantas al provocar estrés oxidativo debido a la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno. Este tipo de daño afecta la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis de manera eficiente, lo que resulta en una reducción en la producción de cultivos. Este efecto fue estudiado por Domínguez et al. (2021) en cultivos de arroz (*Oryza sativa* L), utilizando 100 mM de cloruro de sodio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados reflejan que la presencia de hongos micorrízicos arbusculares influyó positivamente en el desarrollo de las plantas de pimiento, evidenciado por un aumento significativo en la altura, el diámetro del tallo, el área foliar y el rendimiento estimado.

En cuanto a la salinidad, se encontró que niveles más altos de conductividad eléctrica resultan en una disminución en el rendimiento estimado y en el área foliar de las plantas. Sin embargo, la presencia de hongos micorrízicos disminuye en parte este efecto negativo, mostrando una mayor altura, diámetro del tallo y área foliar en comparación con las plantas no inoculadas.

El uso de hidrogel también mostró beneficios, ya que contribuyó a una menor pérdida de agua. Esto demuestra que la combinación de micorrizas e hidrogel pueden ser un método efectiva para mejorar la producción de pimiento con estrés salina.

Recomendaciones

- Replicar el experimento en condiciones de campo abierto.
- Usar micorrizas nativas de la zona en que se replique el experimento.
- Realizar estudios con diferentes cantidades de hidrogel y micorrizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, Y.M.A.F. (2018) 'Hongos micorrízicos arbusculares como mitigadores del estrés salino: respuesta fisiológica, bioquímica y crecimiento de variedades de albahaca'. Available at: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2831>.
- Ahmed, E.M. (2015) 'Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review', *Journal of Advanced Research*, 6(2), pp. 105–121. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- Argente, L. et al. (2010) 'Evaluación de la tolerancia a la salinidad en estadios tempranos y finales del desarrollo', 31, pp. 48–53.
- Ayoub, I. et al. (2023) 'Effects of solarization on the biological and chemical properties of a substrate', *AgriScientia*, 40(1). Available at: <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v1.n40.40311>.
- Bacha, H. et al. (2016) 'Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves', *South African Journal of Botany*, 108. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.08.018>.
- Buñay, C. (2017) ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DEL PIMIENTO (*Capsicum annum*. L) VAR. VERDE, BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN GENERAL ANTONIO ELIZALDE (BUCA) PROVINCIA DEL GUAYAS. Available at: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-experimental-de-los-llanos-centrales-romulo-gallegos/orientacion-profesional-i-periodismo-deportivo/tesis-024-ingenieria-agropecuaria-bunay-christian-cd-024/29676612>.
- Carvajal, E. (2020) EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO PIROLEÑOSO PARA EL CONTROL DE LAS PRINCIPALES PLAGAS EN EL CULTIVO DE PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUM* L). Available at: https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTEQ_fb2fb34c4b4d5689aefd05420573a94b.
- Condori, Q.G.A. (2021) 'Metodología de la investigación jurídica y el impacto científico de las tesis de maestría en derecho de una escuela de posgrado de Tacna, periodo 2017-2019', Universidad Privada de Tacna [Preprint]. Available at: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1722>.
- Consumer, E. (2018) Pimiento Hortalizas y verduras. Available at: <https://verduras.consumer.es/pimiento/introduccion> (Accessed: 10 January 2023).
- Costa, M.C.G. et al. (2021) 'Hydrogel composed of potassium acrylate, acrylamide, and mineral as soil conditioner under saline conditions', *Scientia Agricola*, 79. Available at: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0235>.
- Costa, M.C.G. et al. (2022) 'Hydrogel composed of potassium acrylate, acrylamide, and mineral as soil conditioner under saline conditions', *Scientia Agricola*, 79(4), p. e20200235. Available at: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0235>.
- Cruz, R. (2019) 'Impacto de la salinidad secundaria en los sistemas agrícolas', 20(2), pp. 54–59.
- Dastogeer, K.M.G. et al. (2020) 'Plant Salinity Tolerance Conferred by Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Mechanisms: A Meta-Analysis', *Frontiers in Plant Science*, 11. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.588550>.
- Díaz, A.F. 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.

- Domínguez, G. et al. (2021) 'El estrés salino en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.)', *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), pp. 283–291. Available at: <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.283>.
- Edifarm, E. (2008) 'Revista Vademécum Agrícola'. Available at: <https://www.edifarm.com.ec/revista-vademecum-agricola/> (Accessed: 9 January 2023).
- FAO (2012) Estadísticas, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org/statistics/es/> (Accessed: 9 January 2023).
- FAO (2024) FAOSTAT. Available at: <https://www.fao.org/faostat/es/#home> (Accessed: 23 May 2024).
- Ferreira, D.F. (2019) 'SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS', *Brazilian Journal of Biometrics*, 37(4), pp. 529–535. Available at: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.
- Frenzy, T. (2022) 'NEWGEL | Retenedor de humedad | Marketing Arm Ecuador'. Available at: <https://www.mae.com.ec/producto/newgel/>.
- Galeote, G. et al. (2022) 'Comportamiento del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) con aplicación de compost y *Azospirillum* sp. en invernadero', *Terra Latinoamericana*, 40. Available at: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.828>.
- Gallart, F. (2017) 'La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia', *Ingeniería del agua*, 18(1), p. ix. Available at: <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>.
- Gálvez, A. et al. (2022) Respuestas diferenciales mediadas por el portainjerto en el metabolismo antioxidativo de plantas de pimiento sometidas a estrés salino. Universidad Politécnica de Cartagena. Available at: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/10759> (Accessed: 9 May 2024).
- Goites, E.D. (2008) Manual de cultivos para la Huerta Orgánica Familiar | FAO. Available at: <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/292304/>.
- Google, M. (2024) Google Maps, Google Maps. Available at: <https://www.google.com/maps/@-2.0224718,-80.6699589,518m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>.
- Graziati, G. (2024) 11 tipos de climas en el Ecuador - Mapa y resumen, *ecologiaverde.com*. Available at: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-climas-en-el-ecuador-4797.html>.
- Huxtable (2019) ferbiohux del ecuador: Micorriza. Available at: <https://ferbiohux.reddienda.net/pro.php?id=334943> (Accessed: 1 May 2024).
- INEC (2020) 'Instituto Nacional de Estadística y Censos'. Available at: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/> (Accessed: 23 May 2024).
- Jabri, S.A. (2015) 'Agricultural Polymers Revisited: Salinity Interactions and Soil-Water Conservation', *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(21), pp. 2661–2674. Available at: <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1089267>.
- Jiménez, I.J. et al. (2017) 'Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y estiércol de bovino en el crecimiento inicial y pigmentación en *Capsicum frutescens* L.', *Bioagro*, 29(2), pp. 137–144.
- López, A.M. (2023) 'Evaluación de protocolos de síntesis de nanopartículas de cobre u óxidos de cobre', *Ingeniería*, 28(2). Available at: <https://doi.org/10.14483/23448393.19067>.
- Lopez, L. (2021) 'Principales enfermedades y plagas del pimiento', *Certis Belchim*, 10 December. Available at: <https://certisbelchim.es/principales-enfermedades-y-plagas-del-pimiento/>.

- Macías, J.S. (2022) Efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Ecuador. bachelorThesis. BABAHOYO: UTB, 2022. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13112>.
- Magallanes, O.J.B. (2022) 'Efecto de diferentes conductividades eléctricas en el desarrollo vegetativo y rendimiento del fréjol cuarentón (*phaseolus vulgaris* L.), provincia de Santa Elena'. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7550/1/UPSE-TIA-2022-0014.pdf>.
- Marmol, J.R. (2010) Cultivo Pimiento Invernadero. Available at: <https://es.scribd.com/document/581803613/74262640-Cultivo-Pimiento-Invernadero>.
- Marriott, K.K.P. (2021) 'Recomendaciones para la fertilización de suelos de la parroquia Colonche'. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6316/1/UPSE-TIA-2021-0056.pdf>.
- Medina, V.E. (2017) 'Biogeografía de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la región San Martín, Perú', Repositorio - UNSM [Preprint]. Available at: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/855> (Accessed: 24 May 2024).
- Monge, J.E. et al. (2022) 'Correlación y análisis de coeficiente de sendero en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero', *Revista Tecnología en Marcha*, 35(1), pp. 128–138. Available at: <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5335>.
- Montero, L. et al. (2010) 'EFECTIVIDAD DE BIOFERTILIZANTES MICORRÍZICOS EN EL RENDIMIENTO DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L. var. Verano 1) CULTIVADO EN DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUSTRATO', *Cultivos Tropicales*, 31, pp. 11–14.
- Moreno, L.P. (2009) 'Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión', *Agronomía Colombiana*, 27(2), pp. 179–191.
- Nicolás, E. et al. (2015) 'Effectiveness and persistence of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology, nutrient uptake and yield of Crimson seedless grapevine', *The Journal of Agricultural Science*, 153(6), pp. 1084–1096. Available at: <https://doi.org/10.1017/S002185961400080X>.
- Orbegoso, L.A. (2017) 'Efecto del Polímero (Lluvia Solida) y Frecuencias de Riego en el Rendimiento de Maíz Amarillo (Mega Híbrido), Bajo Condiciones de Cambio Climático, Fundo "La Pampa", C.U. Morrope, Lambayeque, 2016.' Available at: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1389> (Accessed: 11 May 2024).
- Ortega, A.E. et al. (2020) 'Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate', *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), pp. 1447–1455. Available at: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2222>.
- 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.
- Perecin, D. (2008) 'Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais', *Ciência e Agrotecnologia*, 32, pp. 68–72. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100010>.
- Pérez, E.L. et al. (2020) 'Conductividad eléctrica de la solución nutritiva efecto en el rendimiento y la calidad nutraceutica de pimiento morrón', *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), pp. 1669–1675. Available at: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2409>.

- Pinto, B. (2017) el cultivo del pimiento y el clima en el ecuador, studylib.es. Available at: <https://studylib.es/doc/5171437/el-cultivo-del-pimiento-y-el-clima-en-el-ecuador> (Accessed: 18 April 2024).
- Plaza, F. (2024) La producción mundial de pimiento bate récord histórico. Available at: <https://www.freshplaza.es/article/9589926/la-produccion-mundial-de-pimiento-bate-record-historico/>.
- 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.
- 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, pp. 135–140. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000100013>.
- Resquín, A.L. et al. (2023) 'Producción de Pimiento (*Capsicum Annum* L.) en Respuesta a la Fertilización Potásica y Densidad de Siembra', *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), pp. 4529–4542. Available at: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9017.
- Reyes, J.J. et al. (2019) 'Evaluación del crecimiento, rendimiento y calidad nutricional de pimiento con aplicación de Quitomax®', *Ciencia e investigación agraria*, 46(1), pp. 23–29. Available at: <https://doi.org/10.7764/rcia.v46i1.2002>.
- Rodriguez, O. (2021) 'suelos salinos y sódicos', Identificación, Mitigación y Consideraciones de Manejo [Preprint].
- Romero, A.E. (2022) 'Evaluación morfológica del pimiento (*capsicum annun l.*) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador', *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), pp. 143-152.
- Rosales, A.G.R. (2022) Diagnóstico de los sistemas agroproductivos de la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia Santa Elena. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7569>.
- Ruiz, A.V. et al. (2020) 'Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características físicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos', *Scientia Agropecuaria*, 11(3), pp. 439–453. Available at: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>.
- Sahimi, M. (1994) *Aplicaciones de la teoría de la percolación*. (1a Edición). Available at: <https://doi.org/10.1201/9781482272444>.
- Sánchez, Álvarez. (2004) 'Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México', *Acta zoológica mexicana*, 20(2), pp. 245–246.
- Seguel, A.F. (2014) 'El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas', *Idesia (Arica)*, 32(1), pp. 3–8. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>.
- Silva, A.Z. et al. (2017) 'Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annum* L.)', *Agrociencia (Uruguay)*, 21(2), pp. 31–43.
- Simancas, M.A. (2022) INFLUENCIA DE BIOESTIMULANTE A BASE DE BAMBÚ EN EL CULTIVO DE PIMIENTO, EN CONDICIÓN DE VIVERO, CANTÓN PEDRO CARBO, PROVINCIA DEL GUAYAS. Available at: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1e6384f9-587f-4d42-b7ab-5d79b4f706bc/content>.
- Smith, S.E. and Read, D. (2010) *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. Available at: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=qLciOJaG0C4C&oi=fnd&pg=P>

- P1&dq=Mycorrhizal+Symbiosis+2010&ots=zssXjUWCrL&sig=vdtmI0i-uMv8k2M5okgIr3KtbVI#v=onepage&q&f=false.
- Solís, L.B. (2021) 'Identificación de la entomofauna presente en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L) en el sector Lodana del cantón Santa Ana, Ecuador', *Manglar*, 18(4), pp. 397–402. Available at: <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.051>.
- Suarez, P.L. (2023) Manejo agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el Ecuador. bachelorThesis. BABAHOYO: UTB, 2023. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13921> (Accessed: 23 May 2024).
- Tamayo, A.U. (2018) 'Acrilato de potasio para las zonas de sequía en la Ciudad de México'.
- Torres, A.Y. et al. (2017) 'Production of native arbuscular mycorrhizal fungi inoculum under different environmental conditions', *Brazilian Journal of Microbiology*, 48, pp. 87–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.012>.
- Trejo, D. et al. (2021) 'Efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares introducidos y nativos en seis leguminosas coberteras', *Scientia fungorum*, 51. Available at: <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1320>.
- Vara, H. (2012) Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales. Available at: https://www.researchgate.net/publication/283724138_Desde_la_Idea_hasta_la_sustentacion_siete_pasos_para_una_tesis_exitosa_Un_metodo_efectivo_para_las_ciencias_empresariales.
- Zambrano, 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>.
- Zhang, X. et al. (2019) 'Spatial variation in leaf nutrient traits of dominant desert riparian plant species in an arid inland river basin of China', *Ecology and Evolution*, 9(3), pp. 1523–1531. Available at: <https://doi.org/10.1002/ece3.4877>.

ANEXOS



Imagen 1A. solarización del suelo



Imagen 2A. volteo periódicos del sustrato



Imagen 3A. cerramiento del área utilizada



Imagen 4A. elaboración de los tubos de PVC



Imagen 5A. elaboración de la estructura para los tubos



Imagen 6A. trasplante de plantas



Imagen 7A. Tubos suspendido en la estructura



Imagen 8A. Recipientes de agua salinas



Imagen 9A. Fertilización de plantas



Imagen 10A. Pérdida de agua



Imagen 11A. Toma de datos

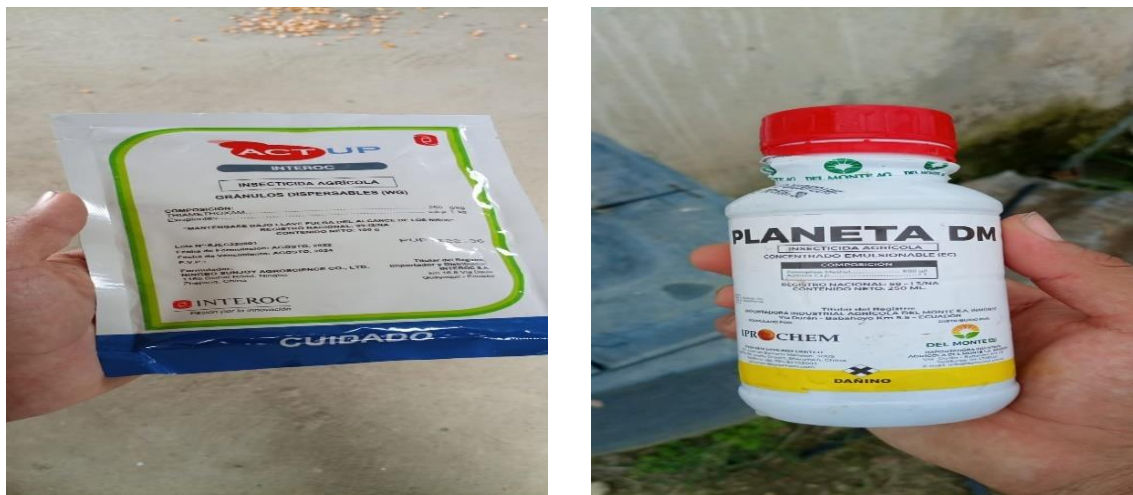


Imagen 12A. productos para prevención de plagas



Imagen 13A. productividad de plantas



Imagen 14A. pesado de fruto



Imagen 15A. corte de plantas



Imagen 16A. Secado de área foliar



Imagen 17A. pesado de masa seca



Imagen 18A. Hidrogel y Micorriza utilizados en el experimento