

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



APLICACIÓN DE ENDOMICORRIZAS Y SU EFECTO EN CARACTERES
AGRONÓMICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MORRÓN

Tesis

Que presenta FLOR ROCÍO BARTOLÓN MORALES

Como requisito para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

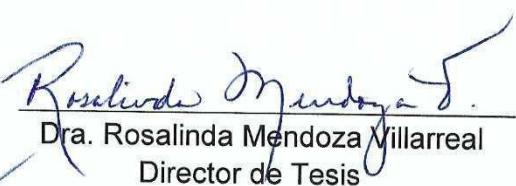
Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2023

APLICACIÓN DE ENDOMICORRIZAS Y SU EFECTO EN CARACTERES
AGRONÓMICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MORRÓN

Tesis

Elaborada por FLOR ROCÍO BARTOLÓN MORALES como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura con la supervisión
y aprobación del Comité de Asesoría


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Director de Tesis

Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Asesor


Dr. Jose Rafael Paredes Jácome
Asesor


Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de postgrado
UAAA

Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por la vida y amor desmedido que se refleja en las infinitas bendiciones que llegan a mi vida, por su guía y fortaleza.

Al comité de asesoría, principalmente a la Dra. Rosalinda Mendoza por el tiempo dedicado al presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado a través del Programa de Becas para Estudios de Posgrado.

A las maravillosas personas que me apoyaron de alguna manera en este trayecto:

A Marti, laboratorista con una calidad humana tan grande

A Isaac Guajardo por la amistad tan valiosa y el apoyo desinteresado hacia mi persona

DEDICATORIA

A Díos

Motor de mi vida

A mi abuelita Bertha

Quien me inculcó valores y la importancia del estudio, por todo el cariño y amor brindado, por los consejos tan significantes hoy en día en mi vida, estaría orgullosa y sería la más feliz por este logro. Un beso y abrazo hasta el cielo

A mi madre

Por ser un ejemplo a seguir

A mis hermanos:

Gabriel, Alejandra, José y Eliza, por ser luz en mi camino, por todo el cariño y apoyo incondicional, desinteresado y desmedido, les estaré eternamente agradecida.

A mis sobrinos

Emma, Sol, Sofí y Emí que me alegran la vida

Y especialmente a mis amores

Julían y Julieta por traer felicidad plena a mi vida y por ser el regalo más grande que me ha dado Díos.

Sin olvidar a mis amigas de vida

Mago, Nelví, Deysi, Yose, Pao, Mine, Bióloga Mayra, porque de alguna manera estuvieron acompañándome en este trayecto, gracias infinitas por ser extraordinarias.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
Objetivo	2
Hipótesis.....	2
Revisión de Literatura	3
Importancia de la Producción de Pimiento	3
Usos del pimiento	3
Contaminación por Fertilizantes Químicos	4
Simbiosis Micorrízica	5
Tipos de Micorriza	6
Nutrición Mineral.....	6
Macronutrientes.....	6
Micronutrientes	6
Materiales y Métodos.....	8
Estudio de Variables Agronómicas y Calidad de Fruto.....	9
Análisis Estadístico.....	12
Resultados.....	13
Discusión.....	19
Componentes de Calidad	19
Análisis de Minerales.....	20
Fósforo (P)	21
Calcio (Ca)	21
Magnesio (Mg)	21
Potasio (K).....	22
Conclusiones	23
Referencias.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos de endomicorizas y fertilización fosforada aplicados a chile morrón.....	8
Cuadro 2. Efecto de las endomicorizas sobre el contenido de macroelementos minerales en chile morrón.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción entre micorrizas y dos dosis de fósforo en Altura de planta en chile morrón..	13
Figura 2. Diámetro ecuatorial de fruto en respuesta a la interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo en chile morrón..	14
Figura 3. Interacción entre endomicorizas y dos dosis de fósforo en el diámetro de tallo en plantas de morrón.....	15
Figura 4. Interacción de endomicorizas con dos dosis de fósforo en la firmeza de fruto en plantas de chile morrón.....	15
Figura 5. Interacción de endomicorizas con dos dosis de fósforo en el porcentaje de micorrizacion en chile morrón..	16
Figura 6. Interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo en Carotenoides en fruto de chile morrón.....	17
Figura 7. Interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo en peso fresco aéreo de planta de chile morrón..	17
Figura 8. Interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo sobre el peso seco aereo de planta en chile morrón.....	18

RESUMEN

APLICACIÓN DE ENDOMICORRIZAS Y SU EFECTO EN CARACTERES AGRONÓMICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MORRÓN

Por

FLOR ROCÍO BARTOLÓN MORALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL –ASESOR-

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2023

La transición hacia una alimentación y una agricultura sostenibles requiere una acción inmediata. Las micorrizas se suman a las acciones sustentables que se emplean en el sector productor de alimentos para fortalecerlo, consolidarlo y avanzar hacia la autosuficiencia alimentaria. El objetivo del presente proyecto fue evaluar los caracteres agronómicos y bioquímicos al aplicar dos consorcios de endomicorrizas en plántula con dos dosis de fósforo en chile morrón. Se evaluaron 8 tratamientos: T1: control, T2: consorcio 1 (C1) de HMA, T3: consorcio 2 (C2) de HMA, T4: la combinación de ambos consorcios, estos tratamientos bajo dos dosis de fósforo: al 25 y 50% con un control respectivamente. El C2 incrementó la firmeza en un 7.4% en comparación con el consorcio 1, el contenido de carotenos se aumentó en un 22.5% con el C1+C2 +25% P respectivamente. El peso fresco de planta también se elevó en el C1+C2 en un 47.7% con la dosis del 25%P con respecto al C1+C2 de la dosis del 50%P. Cabe señalar que los mejores resultados con diferencia estadística se obtuvieron con la dosis más baja de fósforo (25%), las micorrizas constituyen una alternativa para disminuir las dosis de fertilización fosforada hasta en un 75% y con ello contribuir a una agricultura sustentable.

Palabras clave: HMA; fósforo; consorcios; pimiento; sustentable; agricultura

ABSTRACT

APPLICATION OF ENDOMYCORRHIZAS AND ITS EFFECT ON
AGRONOMIC AND BIOCHEMICAL CHARACTERS IN BELL PEPPER

By

FLOR ROCIO BARTOLON MORALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL –ADVISER-

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2023

The transition to sustainable food and agriculture requires immediate action. Mycorrhizae are added to the sustainable actions used in the food production sector to strengthen, consolidate and move towards food self-sufficiency. The objective of this project was to evaluate phosphorus content, agronomic and biochemical traits when applying two consortia of endomycorrhizae in seedlings with two doses of phosphorus in bell pepper. The treatments evaluated were: T1: control, T2: consortium 1 (C1) of AMF, T3: consortium 2 (C2) of AMF, T4: the combination of both consortia, these treatments under two doses of phosphorus: 25 and 50% with a control, respectively. C2 increased firmness by 7.4% compared to consortium 1, carotene content increased by 22.5% with C1+C2 25%P . Plant fresh weight was also elevated in the C1+C2 by 47.7% with the 25%P dose with respect to the C1+C2 with the 50%P dose. It should be noted that the best results with statistical difference were obtained with the lowest dose of phosphorus (25%), mycorrhizae constitute an alternative to reduce the phosphorus fertilization doses by up to 75% and thus contribute to sustainable agriculture.

Key words: AMF; phosphorus; consortia; bell pepper; sustainable; agriculture.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua debido a prácticas agrícolas insostenibles plantea una grave amenaza principalmente para la salud humana y los ecosistemas del planeta, problema que generalmente se subestima. (FAO, 2018), algunos de los contaminantes del agua y del suelo son los mismos productos que utilizamos para mejorar el rendimiento de los cultivos: productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, herbicidas y antibióticos) así como los fertilizantes minerales y orgánicos (Arus, 2020). Las tecnologías actuales necesitan estar orientadas a mantener la sostenibilidad del sistema a través de la explotación racional de los recursos naturales y aplicar medidas adecuadas que nos permitan preservar el ecosistema (Arath et al., 2012), es por ello que modificando algunas prácticas actuales es posible mejorar la productividad de muchos sistemas agrícolas y de producción de alimentos (FAO, 2021). Recientemente ha cobrado interés el uso de microorganismos benéficos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos como alternativa viable para mejorar el crecimiento y desarrollo de diversos cultivos agrícolas, lo cual reduce la aplicación de fertilizantes químicos, que se hacen tan necesarios para el agroecosistema (Vuelta, 2020).

En la asociación planta-hongo, la planta le proporciona al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un microhábitat para que este complete su ciclo de vida; a su vez el hongo, permite a la planta una mejor captación de agua y le confiere a las plantas defensa contra patógenos, (Camargo et al., 2012). Esta simbiosis además de contribuir positivamente en las plantas mediante su rol biorregulador y bioprotector, ha demostrado un efecto favorable en la respuesta de plantas cuando se utilizan especies de HMA como biofertilizantes, (Seguel, 2014), el efecto beneficioso más estudiado por los científicos es el aumento del aporte de nutrientes a la planta y se ha observado que de todos los elementos que pueden ser absorbidos, el fósforo (P) es el que se trasloca a la planta en mayor porcentaje respecto a otros nutrientes como N, Fe, Cu, Zn, etc. (Téllez et al., 2012), los HMA tipo arbusculares representan entre el 5 a 50% de la biomasa de la microbiota del suelo y se les considerados como una comunidad biológica muy diversa y activa, factores esenciales para aumentar la

sostenibilidad de los agroecosistemas, representando las simbiosis de mayor relevancia en los sistemas agroecológicos, (Pérez et al., 2011). Por tal razón este trabajo tiene el siguiente objetivo e hipótesis:

Objetivo

Evaluar los caracteres agronómicos y bioquímicos al aplicar dos consorcios de endomicorizas en plántula con dos dosis de fósforo en chile morrón

Hipótesis

Al menos uno de los consorcios de endomicorizas mejorará la calidad del chile morrón.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de la Producción de Chile Morón

El chile morrón es la tercera solanácea más importante a nivel mundial, le sigue el tomate y la papa, el chile morrón ha sido ampliamente aceptado como un alimento muy nutritivo y valioso debido al aporte de vitaminas (A, C, E y K1) y antioxidantes, sus características organolépticas son atributos destacantes para su amplia aceptación en diferentes platos culinarios. Se producen alrededor de 57 Mt (millones de toneladas) por año, en el que China se posiciona como el país principal productor con 16.6 Mt, y México se encuentra en segundo lugar con 2.8 Mt. (Almeida *et al.*, 2022)

Actualmente el pimiento morrón es un cultivo importante de exportación en México ya que 29.71% de la producción total se destina al mercado internacional (Sagarpa, 2016). En chile verde morrón, la producción es de 104.4 mil toneladas con un valor de mil 491 millones de pesos y los estados que se destacan en su generación son Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Durango y Coahuila (SADER, 2016).

Usos del pimiento

Su uso destaca principalmente en el consumo humano, puesto que es utilizado en una amplia gama de comidas como especia o condimento (SADER, SIAP). La fruta del pimiento se consume mayormente madura. Se pueden preparar de diversas formas; crudos en ensalada o cocidos, en ocasiones son rellenos con carne u otros productos alimenticios. Pueden ser preparados para preservarlos en encurtido o enlatados. También son utilizados como parte de los ingredientes en sopas, guisos, salsas y en la preparación de sofrito. La fruta madura completamente es deshidratada y molida para ser utilizado este polvo como colorante vegetal y condimento. En cuanto al valor nutritivo, sus frutas aportan fuentes de vitamina C (ácido ascórbico) y es una de las mejores fuentes de vitamina A, especialmente maduras (Fornaris, 2005). Al chile también se le atribuyen algunos efectos medicinales: aumenta el número de calorías quemadas durante la digestión, reduce los niveles de colesterol, es un anticoagulante y se

le asocia con cualidades antioxidantes. Tradicionalmente se usa como infusión para el asma, la tos, el resfriado; como analgésico en casos de artritis, como antiinflamatorio; incluso tiene propiedades para combatir el cáncer de próstata (SIAP, 2010).

Contaminación por Fertilizantes Químicos

Los fertilizantes utilizados en la agricultura contienen elementos químicos que son los que ejercen de nutrientes, el nitrógeno, el fósforo y el potasio son los principales. El uso desmedido de estos es un riesgo para el medio ambiente ya que el nutriente sobrante generalmente se va a las aguas superficiales o subterráneas y las contamina .Siendo la contaminación más común la generada por el nitrato que llega a las aguas por filtración o escorrentía (MITECO, 2020).

Efecto de la contaminación de las aguas por plaguicidas:

- **Pérdida de biodiversidad:** los plaguicidas son sustancias que pueden disminuir y eliminar fauna o flora que es perjudicial para la agricultura, este mismo efecto puede irse sobre otros organismos favorables presentes en el medio ambiente. Llegan al medio acuático a través de escorrentía, filtración o lixiviación.
- **Deterioro de la calidad del agua:** cuando se utilizan concentraciones de un plaguicida superiores a la norma de calidad ambiental este puede tener efectos adversos sobre el medio acuático y a la salud humana a través del mismo.

Problemas de salud atribuidos al uso de fertilizantes:

- Irritaciones en piel y ojos producidas por el contacto con sustancias como amoniaco anhidro, nitrato amónico, sulfato amónico superfosfato, etc... En concentraciones altas este se refleja en irritación severa de pulmones y tos áspera.
- Quemaduras en la piel y mucosas producidas por el contacto con dichas sustancias.
- Asfixia producida por concentraciones elevadas de dióxido de carbono.

- Infecciones por efecto de estiércol o purines.
- Dolor de cabeza y mareos, efecto de los gases emitidos durante la manipulación del producto.

Dependiendo del tipo de formulación de los productos, es el mecanismo de entrada al organismo (Ribeiro, 2017)

Simbiosis Micorrízica

Los Hongos Micorrízicos son asociaciones simbióticas que se realiza con ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas. El término micorriza proviene del griego *mykos* (hongo) y *rhiza* (raíz) que utilizado por primera vez por Frank (1885). La asociación entre hongos y plantas ha sido trascendental para la evolución de las plantas terrestres y la colonización de la mayor parte de los ambientes terrestres. Muchos suelos son pobres en nutrientes y a las plantas les cuesta extraerlos del suelo. Las plantas se asocian de una manera simbionte, ambos obtienen beneficios, con hongos del suelo para incrementar la incorporación de tales recursos (Megias, 2023). El uso de HMA en la agricultura contribuye a mejorar el nivel nutricional de la planta lo que se ve reflejado en mayor masa seca, crecimiento y área foliar de la planta (Barrera, 2009), otra característica que se le atribuye es que los HMA contribuyen a aliviar los efectos perjudiciales de la salinidad mediante la mejora de la toma de agua y la absorción de nutrientes, especialmente P a través de las raíces de plantas colonizadas (Medina, 2016), a la par también mejora su resistencia al medio, esencialmente al estrés hídrico, también mejora su sistema inmunológico incrementando su tolerancia a determinados agentes patógenos, y tolerancia al transplante, producen además un efecto positivo sobre las características del suelo (Bejarano, 2007).

La clasificación actual fue propuesta por Harley y Smith en 1983, y fue refrendada por Smith y Read en 1997 Existen siete diferentes tipos de micorriza, en el que se consideran las características estructurales y el grupo taxonómico del hongo o la planta involucrada y los cambios morfológicos que experimentan las partes en el desarrollo de la estructura nueva (Andrade, 2010).

Tipos de Micorriza

En cuanto a las micorrizas, básicamente se reconocen dos tipos: ectomicorrizas y endomicorrizas. En la primera, el hongo forma un manto hifal alrededor de las raíces alimentadoras y las hifas penetran intercelularmente en la corteza de la raíz formando la red de Harting, en este caso no se genera colonización intracelular. Para las endomicorrizas, en caso contrario, el hongo crece inter e intracelularmente, este no forma manto hifal ni red de Harting, pero, en las células corticales de la raíz produce unas estructuras características llamadas arbúsculos (siempre intracelulares) y vesículas (inter e intracelulares), por lo que también se les puede llamar micorrizas vesículo-arbusculares (Cabello, 2002).

Nutrición Mineral

Las plantas, no pueden vivir solamente con el aire y el agua, sino que también necesitan cierto número de elementos químicos, que por lo general, le son proporcionados a expensas de las sustancias minerales del suelo y a través del sistema radicular (Pérez, 2017). Es importante señalar que las plantas absorben un gran número de elementos que no desempeñan ningún papel en su metabolismo, no obstante, algunos de éstos son micronutrientes esenciales para nosotros los seres humanos y para los animales (Kirkby. 2008)

Macronutrientes

Son todos aquellos elementos constituyentes de las macro biomoléculas estructurales (como las hidratos de carbono, lípidos, proteínas) que se acumulan en la planta en altas concentraciones (su presencia en los tejidos esta siempre por encima del 0.1% tales como el nitrógeno, fósforo y potasio, magnesio, calcio y azufre (Dabrio, 2020).

Micronutrientes

Los micronutrientes forman parte de los nutrientes esenciales, los cuales son requeridos en cantidades reducidas como parte de diversos sistemas enzimáticos de las plantas (Vistoso, 2019). En ellos se encuentran el zinc, boro, molibdeno, manganeso, cloro y cobre, en menor cantidad pero también indispensables para las plantas (Sadeghian, 2015).

Todos estos elementos se disuelven en el agua (se encuentran formando iones) y son absorbidos a través de las raíces de las plantas. Sin embargo, muchas veces el suelo no contiene todos los nutrientes para que las plantas crezcan saludablemente. Por tal motivo se les tienen que adicionar a través de algún fertilizante o abono (UNAM, 2007).

La planta necesita tener cierto nivel de cada nutriente en sus tejidos y si éstos no son suministrados la planta muere. El contenido mineral de nutrientes varía considerablemente entre los diferentes órganos de las plantas. Por lo general las partes vegetativas como hojas, tallos y raíces presentan una mayor variación que la concentración en la composición mineral de los frutos, tubérculos y semillas (Mengel, 2000).

Si bien los fertilizantes y plaguicidas propician diversos efectos benéficos, las pautas de producción y utilización actuales y previstas, y la falta de una gestión eficiente, provocan una serie de efectos negativos para la salud y el medio ambiente a lo largo de sus ciclos de vida por lo que no es sostenible (FAO, 2022).

Un suelo sano es el fundamento del sistema alimentario. Los suelos son la base de la agricultura y el medio principal en el que crecen las plantas destinadas a la agricultura. Los suelos sanos producen cultivos sanos que alimentan a las personas y a los animales. De hecho, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos, (FAO, 2015)

Al utilizar los fertilizantes de forma apropiada, principio que es intensamente fomentado por la industria de fertilizantes, los efectos son favorables y esenciales para que el suelo sea fértil, para un buen rendimiento y calidad de las cosechas, esencialmente para la salud humana, aportando los elementos esenciales al metabolismo, y el ecosistema (Pereira et al, 2011)

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, en un invernadero de mediana tecnología.

El diseño utilizado fue bloques completos al azar dispuesto en un arreglo factorial 2 x 2, el primer factor consistió en dos consorcios de endomicorizas Consorcio 1 (C1): Muzquiz; Consorcio 2 (C2): Cuatro Ciénegas y el segundo factor en dos dosis de fósforo, al 25 y 50% utilizando la solución Steiner modificada que se aplicó vía riego iniciando con el 25% e incrementando de acuerdo a la etapa fenológica de la planta hasta completar el 100%.

Los tratamientos evaluados fueron 8: T1: consorcio 1 de HMA, T2: consorcio 2 de HMA, T3: la combinación de ambos consorcios, T4: control, estos tratamientos bajo dos dosis de fósforo antes mencionadas y que se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de endomicorizas y fertilización fosforada aplicados a chile morrón.

Tratamiento	Consorcios de endomicorizas (C1/C2)	Dosis de fertilización (P)	Abreviación usada
1	C1. Múzquiz	25%	MUZ.
2	C2. Cuatro Ciénegas	25%	C.CIEN
3	Múzquiz+Cuatro Ciénegas	25%	MUZ+C.CIEN.
4	Ninguna	25%	TEST.
5	C1. Múzquiz	50%	MUZ.
6	C2. Cuatro Ciénegas	50%	C.CIEN
7	Múzquiz+Cuatro Ciénegas	50%	MUZ+C.CIEN.
8	Ninguna	50%	TEST.

Prueba de comparación de medias. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas según Fisher $p \leq 0.05$.

Las semillas de chile morrón (variedad Hawakino HM Kiause color amarillo) se colocaron para germinar en una charola de poliestireno de 200 cavidades esterilizada previamente, que contenía fibra de coco y suelo (50:50) esterilizado. La humedad de las bandejas se mantuvo mediante riegos periódicos. Las plantas se trasplantaron a suelo directo a los 45 días después de la siembra.

Los dos consorcios de endomicorizas fueron anteriormente reproducidas en el cultivo trampa frijol, la inoculación endomicorrízica se hizo con la adición de 20 esporas por planta al momento del trasplante.

El riego fue a través de un sistema de goteo con mangueras como líneas regantes superficiales y goteros con espacio a 30 cm, con un goteo individual. La poda efectuada fue a dos tallos y se realizó poda de flores y hojas.

Estudio de Variables Agronómicas y Calidad de Fruto

Se cosecharon frutos alcanzados su madurez fisiológica.

Altura de planta (AP). Medida en con una cinta métrica en cm desde la parte basal hasta el ápice de la planta.

Diámetro de tallo (DT).esta variable fue medida en mm en la parte media del tallo con un vernier digital.

Firmeza de fruto (FF). Fue medida una vez cosechado el fruto con un penetrómetro en kg cm²

Diámetro ecuatorial de fruto (DEF). Esta variable fue medida en cm y se utilizó un vernier digital para ello.

Peso fresco de planta (PFP). Medida en gramos con una balanza analítica marca Ohaus, se tomó el peso después del último corte.

Peso seco de planta (PSP). El peso se midió en gramos con una balanza analítica marca Ohaus después de haberse sometido a secado durante 20 días en una secadora solar.

Contenido de carotenoides totales (CC). Unidades de medida: mg 100 g⁻¹.

Para esta variable se siguió la siguiente metodología: se pesaron 10 g de muestra picada finamente, se le agregó acetona hasta cubrir la muestra y se dejó reposar

24 horas en refrigeración, tapada con aluminio; pasado este tiempo se trituró y el líquido filtrado se llevó a un embudo de separación (ES), enseguida se lavó la muestra cuatro veces más con 20 mL acetona, recuperando el líquido filtrado en el ES, se le agregó 20 mL de éter de petróleo (EP) y 100 mL de agua destilada (AD), se mezcló y dejó reposar hasta que se separaran 2 capas, después se desechó la capa inferior y la otra se conservó, esto se repitió dos veces, desde agregar el EP hasta desechar la capa inferior. Enseguida se agregó 10 mL de NaOH al 40%, se lavaron con porciones de 50 mL de AD hasta eliminar el NaOH, usando fenolftaleína como indicador, hecho esto, tres veces se agregaron 20 mL de sulfato de sodio (Na_2SO_4) al 10%, y reposando se desechó la parte inferior; lo que se conservó se filtró con gasa que tenía Na_2SO_4 anhidro, se midió el volumen, y aprox. 10 mL se leyó la absorbancia en celdilla de espectrofotómetro a una longitud de 454 nm, usando como blanco EP. Al final se calculó en microgramos por cada 100 gramos ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) con la fórmula:

$\text{Carot. tot.} = (\% \text{Abs} \times V \times 3.857 \times 100) \div (PM)$, donde %Abs= %Absorbancia a 454 nm, V= volumen obtenido, y PM= peso de la muestra.

Porcentaje de micorrización. La tinción de las raíces se realizó utilizando el método descrito por Phillips & Hayman, (1970), que consiste en el clareo con KOH al 10 % (de 3-5 minutos Baño de María, a 70 °C dependiendo del grosor de la raíz), se añadió H_2O_2 al 3 % (1 minuto BM), acidificación con HCl al 2 % (5 minutos BM) lavando con agua destilada entre cada reactivo añadido y tinción de raíces con una solución colorante de Azul de Tripano al 0.05% (10 minutos a baño de maría o 24 h a temperatura ambiente). Posteriormente se elimina el colorante y se dejan las raíces en una solución de lactoglicerol. Una vez teñidas, se procede a cortar las raíces en segmentos y colocarlas en laminillas utilizando lactoglicerol. Se observan las raíces al microscopio óptico a 40X de aumento y se registra la frecuencia de las estructuras fúngicas micorrízicas (arbúsculos, vesículas o hifas) en las células corticales y segmentos de raíces.

Se analizaron las raíces bajo el lente 40X de un microscopio óptico compuesto, dichas raíces se dividieron en tres campos ópticos observables, y a cada campo se lo marcó como positivo si se observaba al menos una de las tres estructuras micorrízicas. La fórmula utilizada para determinar el porcentaje aproximado de micorrización fue:

$$\% \text{Micorrizacion} = \frac{\# \text{ campos con (hifas, arbusculos, vesiculas)} * 100}{\# \text{total de campos observados}}$$

La misma que fue establecida por McGonigle *et al.* (1990).

Análisis del contenido de minerales en fruto (K, Ca y Mg). Se realizaron mediante espectrofotometría de absorción atómica, en las unidades g/100g.

Análisis de Fósforo en fruto (g/100g). Se realizó mediante la técnica de colorimetría la cual se describe a continuación: El material vegetativo (fruto de chile morrón) se metió a la estufa de secado a una temperatura de 55º C, hasta obtener peso seco constante de las muestras enseguida se trituró la muestra seca en un mortero, y se colocó 1 g de muestra en un crisol para meterlos en la mufla a 600º C durante 4 horas, una vez enfriadas las muestras se procedió a colocar las muestras en la campana de extracción de gases y se le agregó 2 mL de HCl al 50% a cada crisol con una micro pipeta para después colocar papel filtro Whatman en embudos.

Los embudos se colocan sobre matraz de aforación (identificados) a los que se les incorporó la muestra del crisol, una vez filtrado, se procedió a aforar a 50 mL con agua destilada.

Del extracto resultante de la muestra:

Tomamos 1 mL de la muestra y en seguida se colocó en un tubo de ensaye (perfectamente limpio), agregamos 5 mL de una solución de molibdato de amonio y 2 mL de solución de ANSA, se agitó y dejamos reposar por 20 minutos, pasado este tiempo las muestras fueron leídas en el espectrofotómetro de luz visible y

ultravioleta V-1100/UV-1100 marca DLAB a una longitud de onda de 650 nm de absorbancia.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos de cada variable fueron sometidos a ANOVA bajo un arreglo factorial A x B. El factor A corresponde a dos consorcios de micorrizas y el B dos dosis de fósforo (25 y 50%), posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias Fisher ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico INFOSTAT.

RESULTADOS

En cuanto a la AP se obtuvo diferencia estadística significativa entre dosis de fósforo, superando la dosis del 25% de fósforo con el 20.9% a la dosis del 50%P, entre tratamientos de igual forma, se encontró diferencia estadística superando los tratamientos de la dosis del 25% de fósforo al tratamiento Muzquiz con el 50%P (Figura 1).

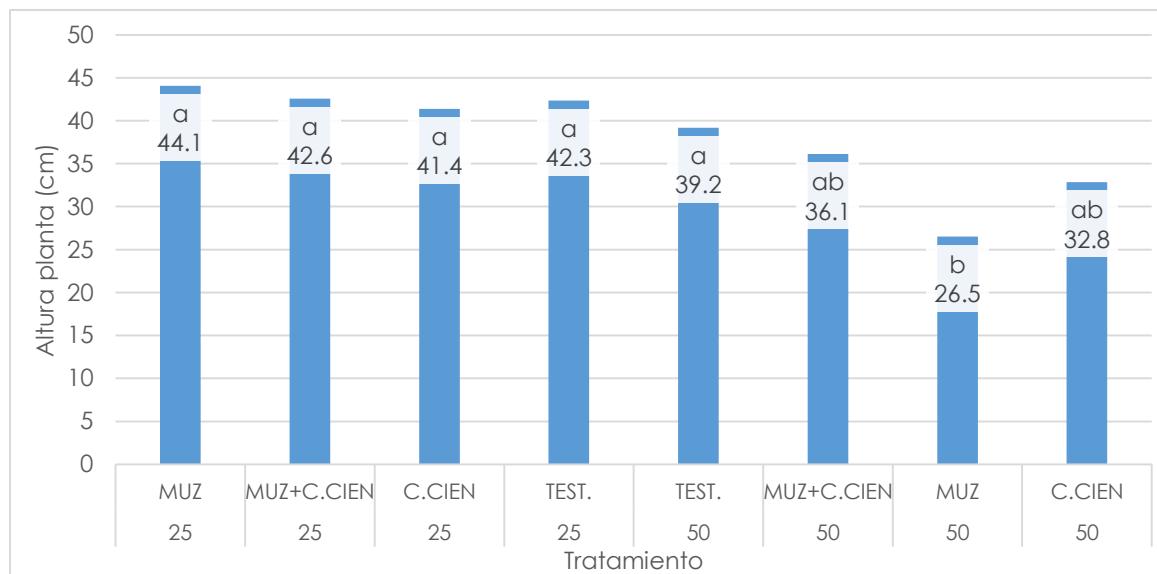


Figura 1. Interacción entre micorrizas y dos dosis de fósforo en Altura de planta en chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

El DEF siguió la misma tendencia de la altura de planta, obteniendo diferencia estadística entre las dosis de fósforo, predominando la dosis del 25% con 11.65% con respecto a la dosis del 50%, entre tratamientos el que más incremento el DEF fue Muz. al 25% de fosforo con respecto a los tratamientos con dosis del 50% (Figura 2).

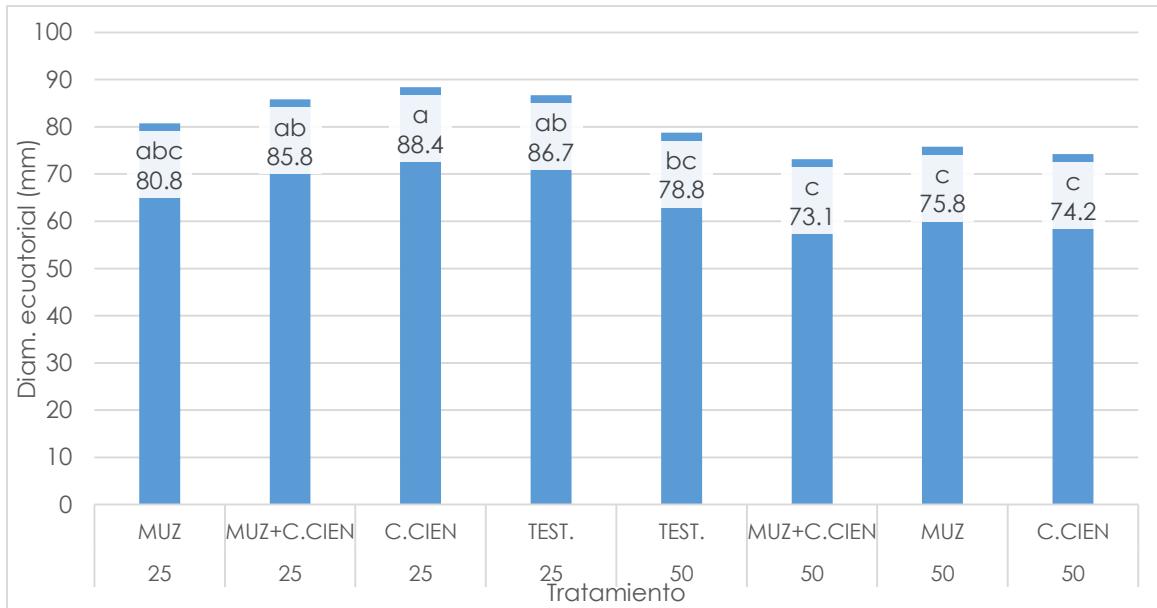


Figura 2. Diámetro ecuatorial de fruto en respuesta a la interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo en chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

Para el DT de igual manera se obtuvo diferencia estadística entre dosis de fósforo, los resultados muestran que con el 13.08% la dosis del 25%P supero a la dosis de 50% de fósforo, en cuanto a los tratamientos los valores más altos se obtuvieron en los tratamientos con menor dosis de fosforo 25% con respecto a los del 50%P en el cual Muz. presentó el valor más bajo. (Figura 3).

Para la variable FF se obtuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos y dosis, los valores más altos entre tratamientos se registraron en la dosis más baja de fósforo (25%), siendo el tratamiento C.Cien. superior con el 7.4% en comparación con el tratamiento Muz. y el 17.1% en comparación al testigo de la dosis del 50% de P. En cuanto a las dosis de fosforo, los valores más altos se registraron en la dosis del 25%P (Figura 4).

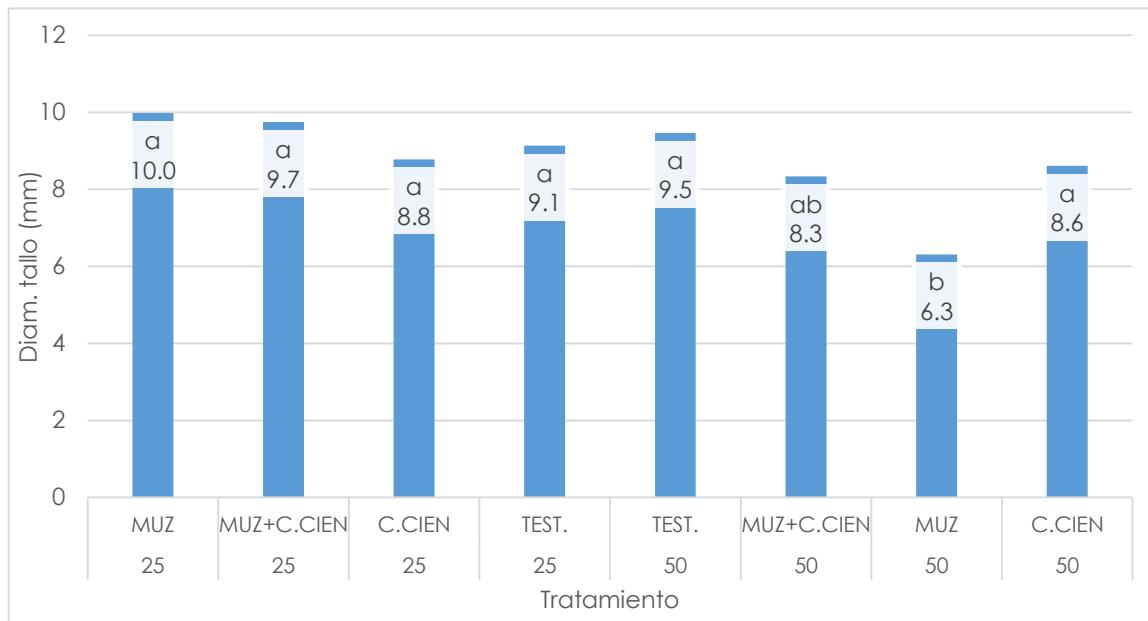


Figura 3. Interacción entre endomicorizas y dos dosis de fósforo en el diámetro de tallo en plantas de morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

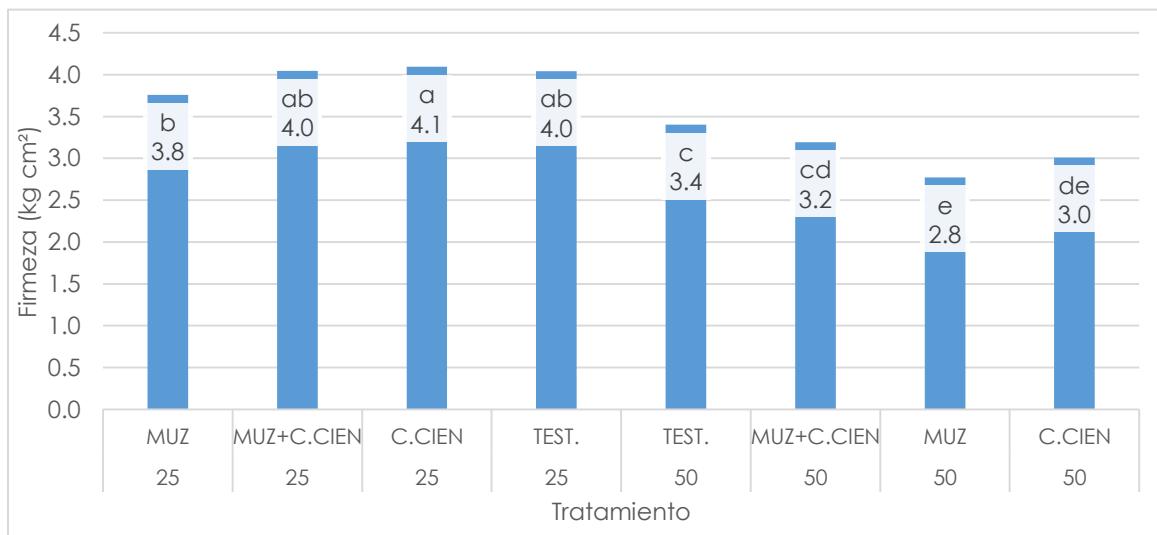


Figura 4. Interacción de endomicorizas con dos dosis de fósforo en la firmeza de fruto en plantas de chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

El porcentaje de micorrización se ve disminuido con el C2 conformado por C.Cien. bajo la dosis del 50% de fósforo en comparación con Muz. 25%P y Muz.+C.Cien. 50% esto se comprueba estadísticamente, en cuanto a dosis de fósforo no se encontró diferencia (Figura 5).

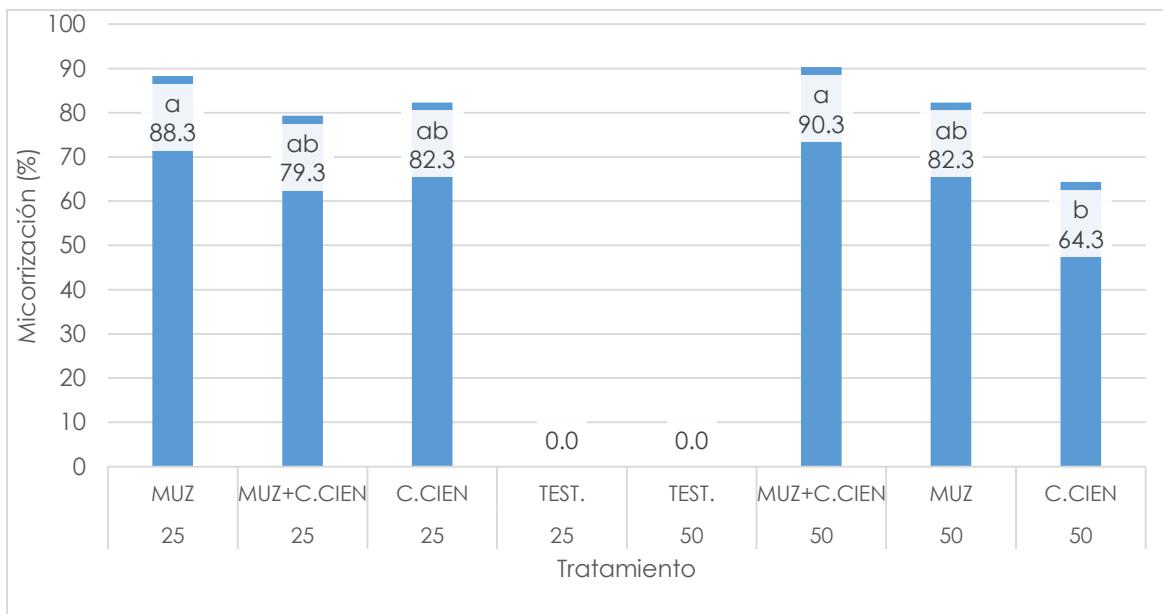


Figura 5. Interacción de endomicorizas con dos dosis de fósforo en el porcentaje de micorrización en chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

Se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos y dosis de fósforo en la variable CC, en la dosis del 25% se observan los mejores resultados, en el cual el tratamiento Muz.+C.Cien. supera con el 22.5% y 23.8% a muz. y C.Cien. respectivamente, y con el 45.7% y 45.8% a Muz.+C.Cien. y Muz. respectivamente en la dosis del 50% de fósforo (Figura 6).

El PFP en la Figura 7 se ve disminuido al aumentar la dosis de fósforo, esto se comprueba al encontrar diferencias significativas entre tratamientos, siendo Muz+C.Cien de la dosis del 25%P el que aumentó el PFP con el 47.7% en comparación con Muz.+C.Cien. de la dosis del 50% de P. También se registró

diferencia estadística entre dosis de fósforo en el cual la dosis del 25% P fue mejor con un 31.64% en comparación con la dosis del 50%P (Figura 7).

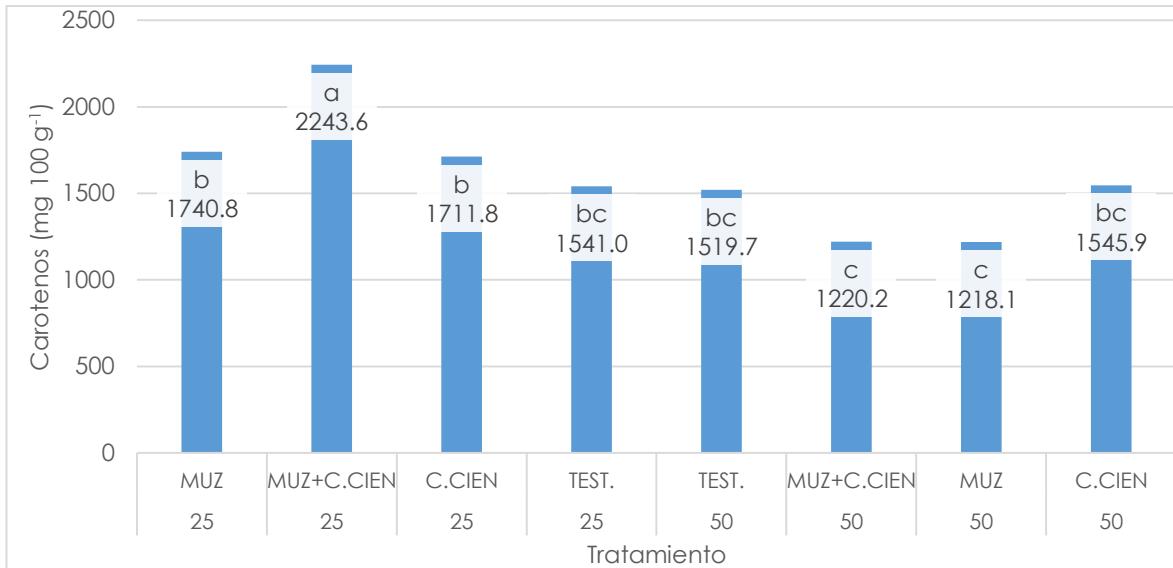


Figura 6. Interacción de endomicorras y dos dosis de fósforo en Carotenoides en fruto de chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p\leq 0.05$).

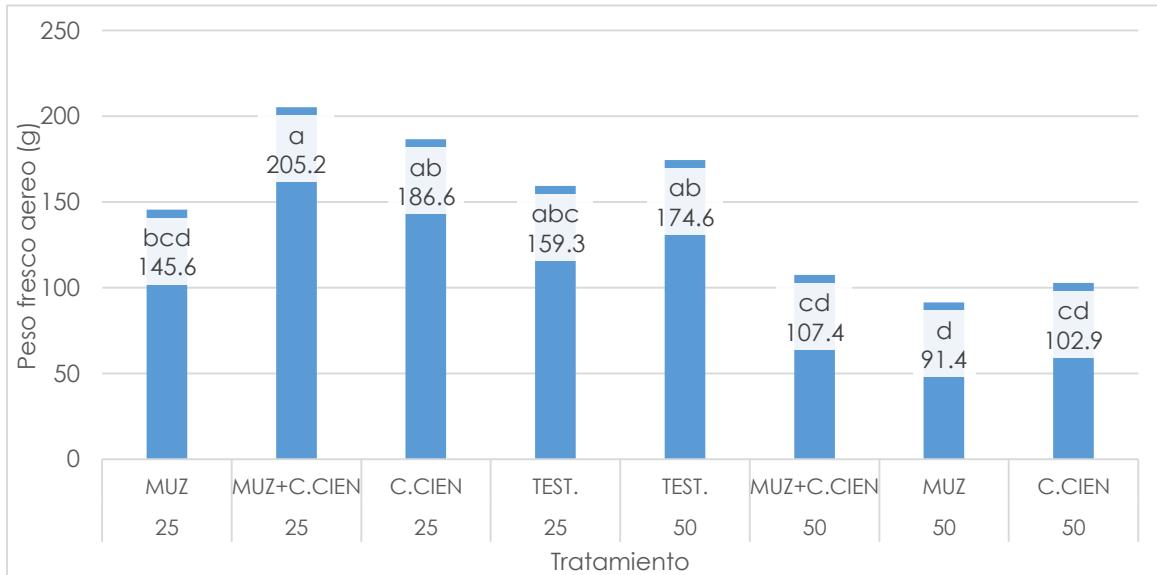


Figura 7. Interacción de endomicorras y dos dosis de fósforo en peso fresco aéreo de planta de chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p\leq 0.05$).

En la variable PSP (Figura 8) se encontraron diferencias estadísticas significativas en las dosis de fósforo, los mejores resultados se reflejan en la del 25%P con el 35.5% en comparación con la dosis del 50%P., en cuanto a los tratamientos quien indujo mayor PSP fue Muz.+C.Cien. al 25% P, superando a los tratamientos con dosis del 50% de fósforo a excepción del testigo (Figura 8).

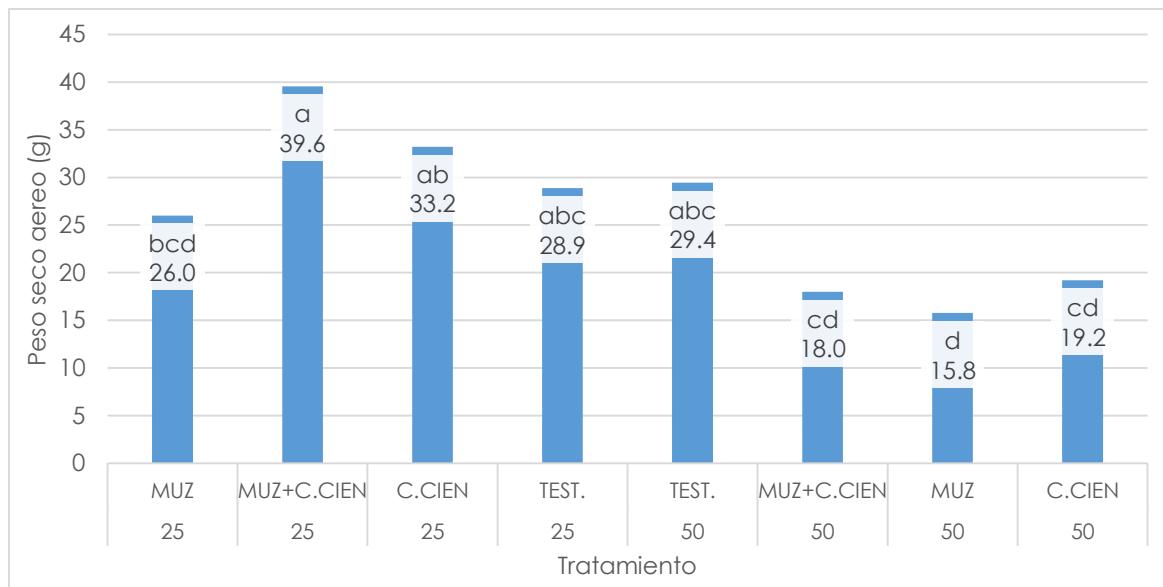


Figura 8. Interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo sobre el peso seco aéreo de planta en chile morrón. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Fisher $p \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Componentes agronómicos y bioquímicos

Los resultados obtenidos en la AP se vieron favorecidos en los tratamientos con la dosis de fósforo de 25%, estos difieren con los reportados por Quiñones *et al.* (2012) quien encontró en papaya que la AP se vio favorecida por la dosis más alta de fósforo (90 mg kg^{-1}) y decrecieron conforme este disminuía, sin embargo coinciden con Hernández *et al.* (2021) que reporta diferencia estadística para esta variable al utilizar un consorcio de HMA en café, de igual manera Arias *et al.* (2019) reporta que la AP fue significativamente mayor en todos los tratamientos con HMA con respecto al testigo en plantas de jitomate. Es importante señalar que en la mayoría de casos el crecimiento de las plantas se ve disminuida en condiciones de altas cantidades de P soluble (Gadea y Wagner 2013), Para el DT donde los tratamientos con el 25%P son superiores a Muz. 50% P, García *et al.* (2021) reporta los mejores valores con la dosis del 50% de P (43.5 mg kg^{-1}) en agave. Estos resultados puede atribuirse a la efectividad de los consorcios utilizados con la dosis de fósforo (25%), y a la disponibilidad de nutrientes efectuada por los HMA que repercuten en el crecimiento de la planta (Toledo *et al.*, 2020).

Los valores obtenidos para la variable FF en el cual el tratamiento C.Cien. al 25%P presentó los valores más altos los cuáles difieren con los reportados por López *et al.* (2022); y Hernández *et al.* (2011) quienes no encontraron diferencia estadística significativa para esta variable en pepino y papaya. En las variables CC, PFP y PSP el tratamiento Muz.+C.Cien. al 25% P presentó los valores más altos con diferencia estadística en comparación con la dosis del 50%P se infiere que hubo una mejor respuesta en la combinación de consorcios debido a una alta calidad del inóculo ya que esta característica es determinante para evaluar la efectividad sobre las plantas (Osorio, 2012) en cuanto a PFP y PSP se le puede atribuir a que la combinación de consorcios favoreció la absorción de fósforo en la planta ya que un adecuado suplemento de este elemento induce un mejor follaje debido a que el P es un elemento que participa en diversos procesos importantes de las plantas uno de ellos es la fotosíntesis, la reacción química

más importante en la naturaleza (Munera y Meza, 2014). Los resultados para el DEF coincide con algunos autores quienes reportan que la inoculación de *R. intraradices* promovió mayor tamaño en tomate y pimiento (Alvarado *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2013). El porcentaje de colonización micorrízica de 90.3% supera el valor de 58.47% en *Capsicum frutescens* L reportado por Jiménez *et al.* (2017) cuando se utilizó *F. mosseae* y al reportado por Ojeda *et al.* (2018) quien probó tres cepas de HMA en *Canavalia ensiformis* las cuales oscilaron entre el 50.94 y 59.39% de colonización, cabe mencionar que el valor más bajo se obtuvo con el consorcio muz+50%P, Trejo *et al.* (2020) encontraron en piña que al incrementar las dosis de fósforo el porcentaje de colonización también disminuía, esto puede ser debido a que hay HMA que se desarrollan mejor en condiciones bajas de fertilización química y un inadecuado nivel de nutrientes puede interferir en la actividad micorrízica. Es necesario resaltar que esta actividad requiere de niveles adecuados de nutrientes, que no interfieran en la actividad micorrízica. En la medida en que las posturas comienzan a establecerse en el medio natural son influenciadas por los factores climáticos y la biota del suelo. (Bell *et al.*, 2017).

Análisis de Minerales

Cuadro 2. Efecto de la interacción de endomicorizas y dos dosis de fósforo sobre el contenido de macroelementos minerales en chile morrón.

Dosis P (%)	Tratamiento	P	K	Mg	Ca	
						mg/100g
50	Múz+C.Cién	179.67 a	2656.00 a	87.00 c	189.00 c	
25	C.Cién.	168.67 a	2648.33 a	104.00 a	190.00 c	
25	Múz+C.Cién	163.33 ab	2362.67 bc	103.00 ab	229.33 b	
50	Múz.	160.00 ab	2582.00 ab	88.67 bc	232.67 b	
25	Múz.	156.67 ab	2228.33 cd	106.00 a	246.67 b	
25	Test.	143.33 bc	2070.67 d	110.50 a	270.00 a	
50	Test.	141.67 bc	2224.67 cd	103.00 ab	237.00 b	
50	C.Cién.	128.67 c	2556.00 ab	105.67 a	230.00 b	

Prueba de comparación de medias. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas según Fisher ($p \leq 0.05$).

Fósforo (P)

En los resultados obtenidos, para el contenido de P se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, los valores más altos se registraron en Múz+C.Cién. 50%P y en el tratamiento C.Cién. 25%P, en comparación con el testigo del 25 y 50%P. Así este efecto se observó anteriormente para las variables morfológicas y bioquímicas donde se presenta un efecto significativo en la mayoría de las variables con la dosis del 25%P. En estudios previos en frutos de chile morrón se reportan valores muy similares a los obtenidos en este trabajo, de 150 a 180 mg 100 g⁻¹ (Sánchez, 2007). Arias (2019) reporta que la interacción de Hongos solubilizadores de fósforo (HSF) y HMA propiciaron una mayor disponibilidad y transporte del fósforo en las plantas de jitomate.

Magnesio (Mg)

En cuanto al contenido de Mg no se presentó diferencia estadística entre tratamientos, esto puede deberse a que la función más importante de este elemento es la de átomo central en la molécula de clorofila (Gutierrez-Liñan 2017). Por otro lado en ocasiones la contribución de los minerales no satisface la demanda total de Mg del cultivo durante el ciclo de crecimiento y es insuficiente para prevenir las deficiencias (Mikkelsen, 2010), los resultados difieren con los reportados por Enriquez y Bernal (2009) quienes encontraron diferencias estadísticas significativas para micorrizas al evaluar diferentes dosis y cuatro niveles de fósforo en vivero de palmito.

Calcio (Ca)

No se obtuvo diferencia estadística entre tratamientos en cuanto a contenido de calcio, quizá por que el Ca no estaba disponible, debido a que el mecanismo de absorción queda restringida al movimiento apoplástico, y se restringe a raíces jóvenes y no suberizadas (Quiñones *et al.*, 2014).

Potasio (K)

Para el contenido de potasio se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos, en el la dosis del 50% de fósforo en Múz+C.Cién. y en el tratamiento C.Cién. 25%P, en comparación con el testigo del 25 y 50%P, este efecto podría atribuirse a que el K de la solución de suelo está inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas de forma inmediata (Conti, 2004). El potasio se requiere en grandes cantidades en el momento de floración, ya que el desarrollo del fruto depende de este elemento (García, 2010).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los HMA tienen un efecto positivo y favorable en el cultivo de chile morrón con la dosis de fósforo del 25% al promover mejor desarrollo en la planta, esta tendencia se observa en la mayoría de las variables de calidad medidas. La combinación HMA con el 25% de fósforo de P se establece como una alternativa promisoria para la producción hortícola de chile morrón. Así los HMA se suman a las acciones viables y sustentables debido a que favorecen la reducción del 75 % de la fertilización inorgánica fosforada lo que impacta en los costos de producción.

REFERENCIAS

- Almeida-García, G.R., Gordon-Núñez P.H., Ruiz-Aguilar G.M.L., Pérez-Negrete D., Beltrán-Mendiola P.I., Flores-Contreras J.A. et al., (2022). Manual de producción de pimiento morrón en invernadero. XXVII Verano de la Ciencia. 16 1-8. Disponible en: http://www.veranos.ugto.mx/wp-content/uploads/2022/09/157-MANUAL_Hector-Gordon-Nu%C3%B1ez.pdf
- Alvarado-Carrillo, M., Díaz-Franco, Arturo, y Peña-del Río, M. de los Á. (2014). Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 513-518. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000300014
- Andrade-Torres, A. 2010. Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Revista Ciencia*. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICRIZAS.pdf
- Arias-Mota, R.M. Romero-Fernández, A. de J., Bañuelos-Trejo, J., De la Cruz Elizondo, Y. 2021. Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (8). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000801747
- Arús, P. 2020. Agriculture of the future: Science and technology for sustainable agricultural development. *Mètode Science Studies Journal*. 10, 33-39. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5117/511767145018/html/>
- Barrera-Berdugo, S.E. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biología en el Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 7(1), 123-132. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/706>
- Bejarano-Perona, P. y Cano-Vidal, M. Las micorrizas. Ambient 27^a edición, 2006-2007. Barcelona.

- Bell-Mesa, T.D. Osoria-Galan, D., Montero-Limonta, G., Molina-Lores, L.B. 2017. Efecto de hongos micorrícos arbusculares sobre pimiento (*capsicum annum l.*) en la producción de plántulas en campo antena, Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 4, 53-67. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181353794003>
- Cabello, M. 2002. Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA): desde su conocimiento a la conservación de su diversidad. *ProBiota*, FCNyM. Serie Folletos T08: 1-3. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/88613/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cabrales-Herrera, E. M., Toro, M., López, D. 2016. Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. *Temas Agrarios*, 21(2), 21-31. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.898>
- Camargo-Ricalde, S.L., Montaño, N. M., De la Rosa-Mera C. J. y Montaño-Arias, S.A. 2012. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*, 13 (7), 1-19. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- Conti. M.E. 2004. Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. Disponible en: [http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA%204.pdf](http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA%204.pdf)
- Dabrio A. y. Marassi, M. A. 2020. Guía de estudio: Nutrición mineral de los vegetales. Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura. Cátedra de Fisiología vegetal, 2-24. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Gu%C3%ADa%20de%20estudio-Nutricion%20mineral%202020.pdf>
- Díaz-Franco, A. Alvarado-Carrillo, M., Ortiz-Chairez, F., Y Grageda-Cabrera, O. (2013). Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(2), 315-321. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

- 09342013000200011&lng=es&tlng=es.
- FAO. 2015. Suelos sanos para una vida sana. Disponible en:
<https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>
- FAO, 2018. Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta. Disponible en:
<https://www.fao.org/news/story/pt/item/1141818/icode/>
- FAO. 2021. Alimentación y agricultura sostenibles. Disponible en:
<https://www.fao.org/sustainability/background/es/>
- FAO. 2022. Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y las formas de reducirlos. Disponible en:
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf
- Fornaris, G. J. 2005. Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento. Colegio de Ciencias Agrícolas. Estación Experimental Agrícola. 164. Disponible en: <https://1library.co/document/zl9m3d6z-variedades-seleccion-prof-guillermo-j-fornaris.html>
- Gadea, P. y Peña W. 2013. La importancia de la relación entre las micorrizas arbusculares y el fósforo en nuestros suelos. *Repertorio Científico*, 16(1). <https://doi.org/10.22458/rc.v16i1.595>
- García, M. A. 2010. Guía técnica del cultivo de la papaya. Programa mag-centa-frutales. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Alvarez Córdova”.
- García-Martínez, L.I., Sanchez-Mendoza, S., & Bautista-Cruz, A. 2020. Combinación de hongos micorrízicos y fertilización fosforada en el crecimiento de dos agaves silvestres. *Terra Latinoamericana*, 8(4) <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.702>
- Grajeda-Cabrera, O.A. Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J.J., y Vera-Nuñez, J.A. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261-1274. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015&lng=es&tlng=es.

- Gutierrez-Liñan J. L. 2017. Nutrición mineral de las plantas. Repositorio Institucional, Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/70078>
- Hernández-Acosta, E. Trejo-Aguilar, D., Rivera-Fernández, A., y Ferrera-Cerrato, R., 2020. La micorriza arbuscular como biofertilizante en cultivo de café. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 613-628. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.659>
- JIMÉNEZ, I. J., Ramírez, M., Petit, B., Colmenares, C., y Parra, I. (2017). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y estiércol de bovino en el crecimiento inicial y pigmentación en Capsicum frutescens L. *Bioagro*, 29(2), 137-144. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000200008&lng=es&tlang=es.
- Kirkby E. y Romheld V. 2007. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad, primera parte. Informaciones agronómicas núm. 68. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., y Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceutica del pepino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(5), 785-798. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>
- MCGONIGLE, T. P. et al., 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 115, 495–501. Doi: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x
- Medina-García, L. R. 2016. La agricultura, la salinidad y los hongos micorrízicos arbusculares: una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 42-49. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000300004&lng=es&tlang=es.

- Megías M., Molist. P. PombaL M.A. 2023. Atlas de histología vegetal y animal. <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.
- Mengel K., Kirkby, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Instituto Internacional del potasio. 4ta edición, 1ra edición en español. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf
- Mikkelsen R. 2010. Fuentes de Magnesio. Informaciones agronómicas. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/47833649504C3064852579A0006A1A38/\\$FILE/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/47833649504C3064852579A0006A1A38/$FILE/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio.pdf)
- MITECO. 2020. Impacto de los nitratos y pesticidas en el uso y calidad de las aguas. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua.html>
- Munera-Velez, G.A., y Meza-Sepulveda, D.C. 2014. El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. Book, 4. Disponible en= <https://hdl.handle.net/11059/5248>
- Ojeda-Quintana, L.J., González-Cañizares, P. J., Rivera-Espinosa, R., Furrazola-Gómez, E., de la Rosa-Capote, J. J et al., 2018. Inoculación de *Canavalia ensiformis* con hongos micorrízico arbusculares en la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 41 (3), 189-195. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269158218005>
- Osorio, N.W. 2012. Uso de hongos formadores de micorriza como alternativa biotecnológica para promover la nutrición y el crecimiento de plántulas. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, 1 (2). Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Hongos-formadores-de-micorrizas.pdf>
- Pérez, C. A., Rojas, S.J. Montes, V.D. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana*

- de Ciencia Animal - RECIA, 3(2), 366–385.
<https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.412>
- Pereira-Morales, C. A., Maycotte-Morales C. C., Restrepo, B. E., Francesco M., Calle-Montes A., y Esther-Velarde, M. J. 2011. Sistemas de producción vegetal II. Proyecto UNICA. Universidad de Caldas-Unión Europea. Disponible en:
https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf
- Pérez-Leal F. 2017. Nutrición mineral, Fisiología vegetal, parte III. Disponible en:
<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>
- Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández-Acosta, E., Rincón-Enríquez, G., y Ferrera-Cerrato, R. Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 165-176. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324446008>
- Quiñones, A., Bermejo, A., Martínez-Alcántara, B. y Legaz, F. 2014. Absorción y translocación del calcio y nitrógeno en plantas jóvenes de cítricos cultivadas en suelo. *Levante Agrícola*, 421, 72-82. Disponible en:
<https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/3986>
- Ribeiro-Oliveira, P.C. 2017. Análisis y prevención de riesgos en el uso de fertilizantes en agricultura. Facultade de Ciencias do Traballo. Universidade da Coruña. Disponible en:
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20373/RibeiroOliveira_PaulaCristina_TFM_2017.pdf
- Ricárdez-Pérez, J.D., Gómez-Álvarez, R., Álvarez-Solís, J.D., Pat-Fernández, J.M., Jarquín-Sánchez, A., y Ramos-Reyes, R. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3).
<https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2282>
- Sadeghian, S., y Salamanca, A. (2015). Micronutrientes en frutos y hojas de café. *Revista Cenicafé*, 66(2), 73-87. Disponible en:
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/656>

- SADER. (2016). Producción nacional de chile alcanza 2.3 millones de toneladas. Publicaciones. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/produccion-nacional-de-chile-alcanza-2-3-millones-de-toneladas>
- SADER, SIAP. (2020). Chile verde morrón. Publicaciones. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726653/Chile_Verde_Morron_web.pdf
- SADER. (2022). México, principal exportador mundial de pimientos frescos: Agricultura. Publicaciones. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-mundial-de-pimientos-frescos-agricultura>
- SAGARPA. (2017). Chiles y pimientos mexicanos. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Publicaciones. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Gobierno de México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf
- Sanchez C.A. (2007). Chapter 3: Phosphorus. En: Barker A.V., Pilbeam D.J. Handbook of Plant Nutrition. Section III Essential Elements-Macronutrients. CRC Press, Taylor & Francis Group. 51-82.
- Seguel-Fuentealba, A. (2014). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia* (Chile), 32(1), 3-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>
- SIAP. (2010). Un panorama del cultivo de chile. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de México. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>
- Smith, S.E. y Read, D.J. (1997). Simbiosis micorrízica. 2^a edición. Academic

- Press, Londres. Elsevier Ltd. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-652840-4.X5000-1>
- Téllez, Á., Abalos, D., Cobeña, A.S., Sánchez-Martín, L., y García-Marco, S. (2012). El papel de las micorrizas en la agricultura: relaciones simbióticas. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*. (957), 834-838.
- Trejo, D., Bañuelos, J., Gavito, M.E., y Sangabriel-Conde, W. (2020). Altas dosis de fertilización fosforada reducen la colonización micorrízica y biomasa de la planta de tres variedades de piña. *Terra Latinoamericana*. 38(4), 853-858. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.701>
- Toledo-Cabrera, B., Montero-Limonta, G., y Bazán-Delgado, A. (2020). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA), en el rendimiento del Pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas. *Agrisost*. 26(1), 1-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7590091>
- UNAM. 2007. Suelo, fuente de nutrientes para las plantas. Portal Académico, Colegio De Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim2/quimicII/Q2U1OA7AlimentoPlantasV.1.pdf>
- Vázquez-Hernández, M.V., Arévalo-Galarza M.L., Jaén-Contreras D., y Escamilla-García J.L. (2011). Evaluación del efecto de micorrizas en la producción y calidad de papaya maradol (*Carica papaya*). *Agro Productividad*. 4(2). 27-32. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/577>
- Vistoso G.E., y Martínez-Lagos, J. (2019). Los micronutrientes del suelo. Osorno: Ficha Técnica 18. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/66900>
- Vuelta-Lorenzo, D.R., Mas-Diego, S.M., Montero-Limonta, G., y Rizo-Mustelier, M. (2020). Efecto de 8 especies de hongos micorrízicos arbusculares sobre el manejo de nematodos en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones protegidas. *Ciencia en su PC*. 1(3), 108-124. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181365138007>