



POSGRADOS

Maestría en

AGROECOLOGÍA

RPC-SO-34-NO.778-2021

Opción de Titulación:

Artículos profesionales de alto nivel

Tema:

**USO DE MICORRIZAS EN EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DE *PHYSALIS PERUVIANA* L,
COMO APORTE A LA TRANSICIÓN
AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO.**

Autor

NARCISA ELIZABETH PUMA QUISHPE

Director:

LAURA OSORNO BEDOYA

QUITO – Ecuador

2025



Autor(es):***Narcisa Elizabeth Puma Quishpe***

Ingeniera Agropecuaria

Candidata a Magíster en Agroecología

Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

nachitaeli28@gmail.com

Dirigido por:***Laura Osorno Bedoya***

Ingeniera Biológica

M.Sc. en ciencias del suelo

Ph. D en Biotecnología

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín-
Colombia

lauraosornobedoya@gmail.com

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2025 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Narcisa Elizabeth Puma Quishpe

Uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L, como aporte a la transición agroecológica del cultivo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hija, cuya inspiración me ha impulsado a seguir adelante hasta su culminación.

A mis padres, por su amor infinito y su respaldo constante, siempre brindándome su apoyo incondicional.

A las comunidades, especialmente al dirigente de Cumbas Conde, con quienes he compartido el desarrollo de prácticas agroecológicas; su lucha y compromiso han sido una fuente invaluable de inspiración para este estudio.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este camino. Este logro también les pertenece.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por sus bendiciones que me han permitido culminar este proyecto.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de alcanzar este objetivo, con la esperanza de que este trabajo contribuya al fortalecimiento de la agroecología en las comunidades rurales.

A la Dra. Laura Osorno, por su generosidad al compartir sus conocimientos y por su valioso acompañamiento hasta la finalización de este estudio.

Tabla de Contenido

| | |
|---|--------------------------------------|
| Resumen..... | 8 |
| Abstract..... | 9 |
| 1. Introducción..... | 10 |
| 2. Determinación del Problema..... | 11 |
| 3. Marco teórico referencial..... | 13 |
| 3.1 Deficiencia nutricional en los suelos tropicales..... | 13 |
| 3.2 Agroecología que es y cómo se trabaja..... | 14 |
| 3.3 Biofertilizantes..... | 15 |
| 3.4 Hongos micorrízicos arbusculares..... | 15 |
| 3.5 Efecto de los hongos micorrízico arbusculares en plantas..... | 16 |
| 4. Materiales y metodología..... | 16 |
| 4.1 Material vegetal..... | 17 |
| 4.2 Sustratos..... | 17 |
| 4.2.1 BOCASHI..... | 17 |
| 4.2.2 FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA..... | 17 |
| 4.2.3 RIEGO..... | 18 |
| 4.2.4 Siembra..... | 18 |
| 4.2.5 Micorrizas..... | 18 |
| 4.2.6 Seguimiento de la investigación..... | 18 |
| 4.3 Tratamientos..... | 18 |
| 4.3.1 Variables..... | 19 |
| 4.4 Análisis estadístico..... | 20 |
| 5. Resultados y discusión..... | 21 |
| 5.1 Altura DEL TALLO..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.2 Diámetro del tallo..... | 24 |
| 5.3 Número de hojas..... | 25 |
| 5.4 Peso fresco de la raíz..... | 26 |
| 5.5 Biomasa aérea seca..... | 27 |
| 5.6 Fósforo foliar..... | 28 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.7 | Porcentaje de Colonización micorrízica..... | 28 |
| 6. | Conclusiones | 30 |
| | Referencias..... | 31 |

**Uso de micorrizas en el
crecimiento y desarrollo de
Physalis peruviana L, como
aporte a la transición
agroecológica del cultivo**

Autora:

NARCISA ELIZABETH PUMA QUISHPE

Resumen

Considerando la necesidad de mejorar la sostenibilidad en la producción agroecológica, este estudio evaluó el uso de micorrizas arbusculares (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L. Las micorrizas se presentan como una alternativa agroecológica prometedora para incrementar la eficiencia productiva de los cultivos y fertilidad del suelo, favoreciendo la resiliencia en sistemas productivos sostenibles. Se analizaron las limitaciones de las prácticas agrícolas convencionales, que afectan tanto al desempeño agrícola como a la durabilidad ambiental, lo que evidencia la urgencia de implementar enfoques innovadores. En este contexto, la utilización de micorrizas favorece la asimilación de nutrientes esenciales que refuerza el desarrollo vegetal. La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental al azar de 4 tratamientos diferenciados: (T1) control con abono orgánico bocashi, (T2) aplicación de 35 g/planta de HMA, (T3) combinación de 35 g/planta de HMA con 15 g/planta de P_2O_5 , y (T4) aplicación de 15 g/planta de P_2O_5 . Se midieron variables biométricas como la altura, diámetro del tallo, número de hojas, peso de raíz, biomasa aérea seca, fósforo foliar y colonización micorrízica. El tratamiento T3 y T2 fueron favorables en la mayoría de las variables. Estos resultados confirman que la aplicación de micorrizas es una práctica agroecológica efectiva, capaz de mejorar la sostenibilidad del cultivo de *Physalis peruviana* L. y fomentar modelos de producción más eficientes y adaptables

Palabras clave: Micorrizas, *Physalis peruviana* L., agroecología, sostenibilidad, manejo de cultivos.

Abstract

Considering the need to improve sustainability in agroecological production, this study evaluated the use of arbuscular mycorrhizae (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) in the growth and development of *Physalis peruviana* L. Mycorrhizae are presented as a promising agroecological alternative to increase crop production efficiency and soil fertility, favoring resilience in sustainable production systems. The limitations of conventional agricultural practices, which affect both agricultural performance and environmental sustainability, were analyzed, highlighting the urgency of implementing innovative approaches. In this context, the use of mycorrhizae favors the assimilation of essential nutrients that strengthen plant development. The research was employed using a randomized experimental design of 4 differentiated treatments: (T1) control with bocashi organic fertilizer, (T2) application of 35 g/plant of AMF, (T3) combination of 35 g/plant of AMF with 15 g/plant of P_2O_5 , and (T4) application of 15 g/plant of P_2O_5 . Biometric variables such as height, stem diameter, number of leaves, root weight, dry aerial biomass, leaf phosphorus and mycorrhizal colonization were measured. Treatment T3 showed significant improvements in all variables, reaching 62 % root colonization. These results confirm that the application of mycorrhizae is an effective agroecological practice, capable of improving the sustainability of the *Physalis peruviana* L. crop and promoting more efficient and adaptable production models.

Keywords:

Mycorrhizae, *Physalis peruviana* L., agroecology, sustainability, crop management.

1. Introducción

En la provincia de Imbabura, Ecuador, el cultivo de *Physalis peruviana* L., conocido comúnmente como uvilla o Goldenberry, ha adquirido relevancia entre productores que se dedican a la agricultura a pequeña y mediana escala. Este fruto, valorado por su carácter exótico, desempeña un papel crucial en la economía local, contribuyendo significativamente a la generación de ingresos para las comunidades agrícolas de la zona (Fischer et al., 2014).

La uvilla al ser una planta originaria de los Andes presenta un amplio rango de adaptación climática, que puede estar relacionada con su capacidad de asociarse con microorganismos del suelo como los hongos micorrízico arbusculares (HMA) (Fischer et al., 2014).

La simbiosis entre HMA y las plantas es una de las más antigua, tiene más de 400 millones de años, dada la presencia coevolutiva de HMA con las plantas, permitió que las plantas se adaptarán a los ecosistemas terrestres (Honrubia, 2009).

Las plántulas tienden a ser más resistentes al trasplante ya que las micorrizas se conectan a la red que se encuentra en los bancos a través de hifas (redes cilíndricas de filamentos que forman la estructura de los hongos multicelulares) que hacen que crezcan, en un período de tiempo más corto (Arroyo, 2018). En el Ecuador se han realizado varios estudios de utilización de micorrizas en cultivo: Tomate de árbol, riñón, forestales, entre otros, para fortalecer las alternativas sustentables y sostenibles para el ambiente con la finalidad de reducir el uso de fertilizantes y químicos en el sector agropecuario del Ecuador, obteniendo así la reducción de impacto frente al cambio climático (Solis et al., 2017).

Por la importancia que presentan las micorrizas se han realizado estudios en diversos cultivos en el Ecuador, sin embargo, se desconoce de estudios realizados en el uso de micorrizas en *Physalis peruviana* L., por lo que con el propósito de buscar nuevas alternativas agroecológicas se desarrolló la presente investigación sobre el *uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de Physalis peruviana* L.

2. Determinación del Problema

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) se posiciona como una de las frutas exóticas de mayor relevancia en el ámbito económico, destacándose por el aumento de exportaciones de los países andinos como Ecuador, Colombia y Chile en los últimos años (Pássaro, 2014).

Gracias a sus propiedades organolépticas y su aporte de vitaminas A y C, fibra, calcio, fósforo y hierro. También contiene minerales como magnesio, potasio, sodio, zinc, y vitaminas del complejo B, este fruto goza de gran aprecio, siendo reconocido por su alto contenido de antioxidantes naturales y vitaminas, que contribuyen potencialmente a la salud. Además de su función nutricional, *Physalis* es un alimento con un notable potencial saludable, lo que ha impulsado la creación de productos con valor agregado que ofrecen beneficios adicionales para la salud (Fischer et al., 2014).

Este cultivo se maneja bajo sistema de monocultivo con alta utilización de insumos agroquímicos (Fischer et al., 2014), debido a la deficiencia nutricional de los suelos tropicales (Liu et al., 2012; Osorno, 2018). Sin embargo, la escasez mundial de fertilizantes, el agotamiento de las existencias, los cambios y los conflictos políticos pueden causar más problemas en el futuro para la agricultura (FAO, 2022).

Por otro lado, la inestabilidad en los precios de los fertilizantes sintéticos y la preocupación por su limitada disponibilidad han generado inquietudes respecto a su impacto en la seguridad alimentaria (FAO, 2022) y posibles riesgos de contaminación del ambiente durante su fabricación y aplicación (Cordell et al., 2009; Kaur et al., 2013; de Oliveira Souza et al., 2014; Pérez, 2014).

Frente a este escenario, se ha incrementado el interés por alternativas sostenibles, como los fertilizantes orgánicos y agroecológicos, que no solo permiten disminuir la dependencia de productos químicos, sino que también ofrecen soluciones que favorecen la protección del entorno natural (FAO, 2022). En este contexto, la fertilización ecológica sostenible se basa en la utilización de abonos verdes, compost, humus, minerales naturales y

microorganismos beneficiosos, contribuyendo a mejorar la calidad del suelo y la productividad agrícola (Tamayo, 2009).

Entre las alternativas agroecológicas disponibles en los cultivos se encuentra el uso de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), un biofertilizante que ha demostrado ser beneficioso para las plantas, el suelo y el ambiente (Blancol & Salas, 1997). Las micorrizas son muy importantes en los agroecosistemas, son capaces de establecer relaciones ecológicamente beneficiosas con un gran número de especies vegetales (Cué & Torres, 2019), son utilizadas para movilizar y reciclar nutrientes y aprovechar la fertilidad del suelo (Guerra, 2008), mejoran la captura de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitan la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de estrés abiótico y bióticos en el suelo (Barrer, 2009).

Las micorrizas en la agroecología son una guía de los sistemas de producción agrícola, promoviendo la integración de los hongos micorrícicos arbusculares como elemento fundamental en la agricultura sostenible aplicada a diversos sistemas productivos, que se incluyen en la mayoría de los cultivos de importancia económica, siempre que tengan una alta plasticidad ecológica, científica, técnica y social (Cué & Torres, 2019). Esto ha llevado a un mayor interés en el uso de microorganismos beneficiosos como son las micorrizas arbusculares (Barrer, 2009).

El uso de los HMA en los sistemas agrícolas incluye una visión sostenible, ecológica, para asegurar una alta y óptima producción, resistencia a plagas y enfermedades, adaptarse a los cambios ambientales, reducir el uso de recursos como el agua y aumentar los rendimientos anuales, promueve la renovación de suelos continuamente productivos y asegura la disponibilidad de nutrientes fijos (Sanclemente et al., 2018).

El uso de las micorrizas ayuda al futuro de la agricultura y la conservación de los recursos; sin ellos no hay sustentabilidad, no hay agricultura y sin producción no hay humanidad (Arroyo, 2018).

Las micorrizas arbusculares facilitan la absorción de fósforo en las plantas, ya que este nutriente tiene baja movilidad en el suelo. Tiene como función la absorción de nutrientes y agua, es eficaz para incrementar la captación de nutrientes en especial el fósforo y acumulación de biomasa de en los cultivos (Guerra, 2008).

En este contexto se planteó la presente investigación cuyos objetivos fueron:

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la inoculación micorrizal en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L, bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar variables biométricas de crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Physalis peruviana* L, bajo condiciones de vivero.
- Cuantificar el porcentaje de colonización micorrizal existente en plántula de *Physalis peruviana* L.

3. Marco teórico referencial

3.1 Deficiencia nutricional en los suelos tropicales

Los suelos tropicales suelen tener deficiencia de nutrientes debido a su uso continuo y a procesos como la meteorización y la lixiviación avanzada. Además, las arcillas presentes pueden fijar elementos esenciales como el fósforo, limitando su disponibilidad. En este contexto, el material parental es clave para determinar la fertilidad y capacidad productiva del suelo. Su composición influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y en el rendimiento agrícola. Por ello, comprender su papel es fundamental para corregir deficiencias y mejorar la productividad en estas regiones (Torres, 2021).

La deficiencia de nutrientes en los suelos tropicales, junto con la urgencia de optimizar su uso para una agricultura sostenible, ha provocado un incremento en la necesidad de fertilizantes minerales (Torres, 2021).

3.2 Agroecología que es y cómo se trabaja

La agroecología emergió como un campo de estudio científico hacia finales del siglo XX, específicamente durante las décadas de 1980 y 1990. Su propósito principal es ofrecer enfoques alternativos a los promovidos por la revolución verde, centrándose en el análisis de los agroecosistemas para fomentar el desarrollo agrícola sostenible. Este enfoque integra conocimientos de la ecología con prácticas tradicionales de agricultura, permitiendo una gestión más equilibrada de los recursos naturales (Astier et al., 2015).

En 2007, se estableció la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), creada para promover la expansión de la agroecología considerándola un pilar científico clave para diseñar estrategias de sostenibilidad en América Latina. Esta organización busca fortalecer la adopción de prácticas agroecológicas en la región, promoviendo su implementación en la agricultura y en proyectos de desarrollo rural con el fin de alcanzar mayores niveles de sostenibilidad ambiental, social y económica (Astier et al., 2015).

La agroecología se caracteriza por integrar diversas disciplinas de las ciencias naturales con la sociología, facilitando la comprensión de las dinámicas que se producen entre los procesos agronómicos, económicos y sociales. Este enfoque interdisciplinario permite analizar de manera más amplia cómo interactúan los distintos componentes de los sistemas agrícolas y sus entornos (González, 2011).

Además, la agroecología prioriza el uso de insumos naturales y la adopción de prácticas que favorecen tanto la salud de los agroecosistemas como la conservación de la biodiversidad. Su enfoque promueve la resiliencia de los modelos de producción agrícola disminuyendo la necesidad de recursos externos y fomentando métodos de producción sostenibles que benefician tanto al medio ambiente como a las comunidades rurales (González, 2011)

La agroecología impulsa una mayor variedad de cultivos, lo que contribuye a incrementar la productividad preservar la estabilidad ecológica sumado a favorecer la preservación de recursos hídricos y del suelo. También contribuye a disminuir la erosión y promueve la reforestación. Desde una perspectiva económica, este enfoque resulta rentable, ya que permite reducir los gastos de producción mediante un uso más optimizado de los recursos disponibles (Martínez, 2002).

Los agroecosistemas pueden gestionarse de manera que se optimice la producción de forma más sostenible, minimizando los impactos ambientales y sociales negativos, al mismo tiempo que se disminuye la dependencia de insumos externos (Altieri, 2002).

3.3 Biofertilizantes

Los biofertilizantes es una técnica que utiliza microorganismos para optimizar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y reducir los efectos adversos del uso excesivo de fertilizantes (Afanador, 2017). Se vinculan directamente con el sistema radicular, mejorando su nutrición y desarrollo, además, producen hormonas de crecimiento que estimulan funciones de absorción y fijación de nutrientes en las raíces (Irizar et al., 2003).

Han sido empleados en varios países tropicales durante más de 50 años, tanto en áreas pequeñas como en grandes extensiones, entre los principales beneficios observados por los investigadores de estos productos se encuentran la fijación biológica del nitrógeno, la promoción del crecimiento de las plantas, la solubilización del fósforo y la formación de micorrizas (Afanador, 2017)

Dentro de los microorganismos empleados como biofertilizantes se destacan hongos del género *Glomus*, los cuales forman asociaciones con aproximadamente el 85 % de las plantas terrestres. Esta interacción mejora significativamente la eficiencia en la absorción de fósforo, lo que resulta beneficioso para las plantas (Irizar et al., 2003).

3.4 Hongos micorrízicos arbusculares

Los hongos micorrízicos arbusculares se asocian con la mayoría de las plantas terrestres y desempeñan un papel importante en la agregación del suelo (Morell et al., 2009).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son de gran importancia en la rizosfera, puesto que, establecen simbiosis con aproximadamente el 80 % de las plantas, dicha asociación ayuda a tener mejor absorción de agua y nutrientes; también favorece en la protección del sistema radicular de las plantas; por lo cual los hongos micorrízicos arbusculares se encuentran en todos

los tipos de suelo, presentando alto potencial como biofertilizantes en los diferentes cultivos (Urgiles et al., 2020).

3.5 Efecto de los hongos micorrízico arbusculares en plantas

Tabla 1. Inoculación de HMA en diferentes cultivos

| Planta | HMA | Efecto | Referencia |
|-------------------|------------------------|--|----------------------------|
| Pimiento | <i>G, iranicum</i> | Aumento peso seco raíz. | (Alcobendas et al., 2022). |
| Aguaymanto | <i>G, iranicum</i> | Mayor altura de planta, masa radicular y foliar. | (Reyes & Alcántara, 2024). |
| Lulo | <i>G, agregatum</i> | Mayor absorción de Fósforo. | (González & Osorio, 2008). |
| Palma | <i>G, fasciculatam</i> | Aumento de materia seca. | (Motta & Munévar, 2005). |
| Café | <i>G, iranicum</i> | Aumento peso de raíz. | (Reyes, 2020). |

4. Materiales y metodología

La ejecución de la investigación tuvo lugar en un vivero comunitario denominado Cumbas Conde, ubicado en la parroquia Quiroga, dentro de la provincia de Imbabura. El ensayo

experimental se realizó en las coordenadas 79°87'30" de longitud oeste y 0°29'37" de latitud sur, a una altitud de 2.694 metros de altitud sobre nivel del mar. Las condiciones climáticas del sitio incluyeron una temperatura de 15 °C y una humedad del 83 %. El experimento se realizó entre los meses de julio y octubre del año 2023.

4.1 Material vegetal

Se utilizaron plántulas de *Physalis peruviana* L., variedad manzana, proporcionadas por la empresa Tierra Fértil. La siembra se realizó cuando las plántulas alcanzaron 28 días de crecimiento desde su establecimiento, presentando cuatro hojas verdaderas y una altura de 8 cm. Estas plántulas, obtenidas mediante técnicas de micropropagación, fueron trasplantadas en la parcela experimental para la investigación.

4.2 Sustratos

El suelo utilizado para el ensayo fue tipo horizonte A (0-25 cm) secado al sol, se tamizó a 4 mm y se tomó una muestra para análisis físico químico.

El suelo se mezcló en una proporción 2:1 con abono orgánico bocashi, el cual fue puesto en macetas plásticas de capacidad de 2 kg.

4.2.1 BOCASHI

En el ensayo se utilizó bocashi en una proporción de 1 kilogramo por maceta. Este bioinsumo es preparado de manera artesanal por los agricultores en Biofábricas comunales, utilizando una combinación de estiércol de aves, animales mayores y menores, residuos vegetales, cisco de carbón, microorganismos en forma sólida y melaza.

4.2.2 FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA

En el ensayo se empleó fósforo bajo el nombre comercial Rocalina 9P, conocido genéricamente como roca fosfórica, con una composición de 9% de fósforo, 21% de calcio y 33% de silicio.

4.2.3 RIEGO

El riego se realizó manualmente por plántula, iniciando con un primer riego justo después del trasplante. Posteriormente, se regó cada tres días hasta que las plantas alcanzaron un mes de edad. A partir de entonces, los riegos se realizaron cada ocho días hasta que las plantas llegaron a los 105 días de desarrollo.

4.2.4 Siembra

Se realizó a la raíz desnuda de modo que al aplicar el inoculante en la raíz, sea directo y obtenga un rápido establecimiento del beneficio de la simbiosis en el menor tiempo (Alarcón & Ferrera, 2010).

4.2.5 Micorrizas

El hongo micorrízico utilizado fue un producto comercial MycoUP, producto biológico que contiene el ingrediente activo *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* con una concentración de 120 esporas por g.

4.2.6 Seguimiento de la investigación

Durante el ensayo en el vivero, se trasplantaron un total de 48 plantas, las cuales se mantuvieron vivas en su totalidad hasta la toma de muestras. Las actividades realizadas incluyeron el deshierbe, que se efectuó una sola vez.

4.3 Tratamientos

Tratamiento (T1): Constando como tratamiento testigo las cuales fueron únicamente sembradas con bocashi y riegos en función del requerimiento como lo realizan los agricultores de la comunidad.

Tratamiento (T2): consistió en la aplicación de bocashi al momento de la siembra y de 35 g/planta de HMA.

Tratamiento (T3): consistió en la siembra la incorporación de bocashi y de 35 g/HMA +15 g de P₂O₅ /planta.

Tratamiento (4): Al momento de la siembra se incorporó bocashi y se añadió únicamente P₂ O₅ a una cantidad de 15g.

Todos los tratamientos tuvieron 12 repeticiones.

4.3.1 Variables

Se evaluaron variables biométricas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Physalis peruviana* L, después de 105 días de crecimiento fueron:

- Altura (cm): se midieron cada 15 días después del trasplante. Se realizó con una cinta métrica.
- Diámetro del tallo (cm)
- Número de hojas: Se contabilizaron cada 15 días después del transplante hasta cuando la planta alcanzó los 105 días.
- Peso raíz fresco (g): Se midió el peso en una balanza de precisión al finalizar el experimento.
- Biomasa aérea seca (g): Se cortaron los tallos desde la base, junto con las hojas y flores. Las muestras se secaron en una estufa a 60°C durante 72 horas posterior a lo cual fueron pesadas en una balanza de precisión. El análisis de las muestras se realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana - Extensión Cayambe.
- Fósforo foliar (%): Para analizar esta variable, se empleó el método de Azul-Molibdato, siguiendo la metodología establecida por (Murphy & Riley, 1962).
- Colonización micorrizas (%): Se realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, Extensión Cayambe, se llevó a cabo la tinción de raíces. Para el procedimiento, se pesaron 0.6 g de raíces finas y se colocaron en recipientes

plásticos. A continuación, se añadió KOH al 10% y se introdujeron en una autoclave a 121°C durante 3 minutos con el objetivo de limpiar el citoplasma y permitir la observación clara de las estructuras micorrícicas. Luego, se lavaron las raíces cuatro veces con agua destilada para su despigmentación, lo cual duró 30 minutos. Se preparó una mezcla de peróxido de hidrógeno al 10% con 30 ml, más 3 ml de NH₄OH y 567 ml de agua.

Después, se agregó solución de HCl al 10% durante un periodo de 10 minutos. Las raíces tras ser acidificadas fueron recubiertas con una solución de fucsina ácida y ácido láctico, incubando a temperatura ambiente durante 48 horas. Posteriormente, se destiñeron con una solución compuesta por 63 mililitros de glicerina, 63 mililitros de agua y 874 mililitros de ácido láctico, lo cual eliminó el exceso de colorante, dejándolas reposar durante 24 horas. Finalmente, las raíces se almacenaron en glicerina durante 24 horas hasta su observación (Kormanik et al., 1980).

Para cuantificar las micorrizas siguiendo el método de Giovannetti & Mosse (1980), se empleó un microscopio. Las raíces teñidas se colocaron en portaobjetos con cuadrículas marcadas en la base para facilitar la observación y el conteo de las estructuras micorrícicas. Se evaluó la detección de existencia (+) o por otro lado la falta (-) de estructuras micorrícicas, incluyendo arbusculos, vesículas, hifas y esporas, en cada punto de intersección entre la raíz y la línea de referencia.

Se realizaron un total de 100 interceptos raíz-línea, y el cálculo de colonización se determinó dividiendo la cantidad de intersecciones positivas entre el número total de observaciones realizadas, multiplicando posteriormente este valor por 100 para obtener el porcentaje final.

4.4 Análisis estadístico

Se realizó la tabulación de los datos, de cada una de las variables evaluadas, luego se procedió a analizar si se presentó una distribución normal de los datos de las mencionadas variables.

Para comprobar la normalidad de los datos se realizó la prueba de Shapiro-Wilks. Una vez

comprobado que no hay una distribución normal se procedió a realizar un análisis de varianza no paramétrico, en este caso se utilizó la prueba de Kruskal Wallis. Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020).

5. Resultados y discusión

El análisis del suelo (Tabla 2) realizado en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana muestra que el pH óptimo se encuentra entre 6,5 y 6,9; el resultado obtenido de 5,69 indica una acidez ligera. En cuanto a la materia orgánica, el contenido se sitúa entre el 3,3 y 4,8%, dentro de los parámetros recomendados; sin embargo, sería beneficioso mejorar estos niveles para alcanzar el rango ideal, De este modo, se potenciará la calidad estructural y textural del suelo, mejorando su capacidad para retener agua y nutrientes. En el caso del fósforo, aunque los valores óptimos oscilan entre 16 y 80 unidades, el análisis refleja una baja disponibilidad de este elemento, lo que puede mejorar la asociación micorrizal.

Tabla 2. Análisis de laboratorio

| Parámetros | Unidad | Cumbas | Conde | Niveles Suficiente |
|------------|--------|--------|-------|--------------------|
| pH | U pH | 5,69 | | 6,5-6,9 |
| CE | mS/cm | 0,46 | | 0,5-1,5 |
| MO | % | 3,21 | | 3,3-4,8 |
| S | mg/kg | 9,78 | | 11,0-80,0 |

| | | | |
|-----------------------|----------|--------|------------|
| NO₃ | mg/kg | 302,52 | 29,0-112,0 |
| P | mg/kg | 5,34 | 16,0-80,0 |
| K | meq/100g | 0,87 | 2,0-3,1 |
| Ca | meq/100g | 3,62 | 5,2-10,1 |
| Mg | meq/100g | 1,55 | 3,1-5,1 |
| Na | meq/100g | 0,11 | <2 |
| CIC | meq/100g | 6,15 | 11,0-280,0 |
| Fe | mg/kg | 0,21 | 3,0-5,0 |
| Cu | mg/kg | <0,02 | 0,6-1,5 |
| Mn | mg/kg | 0,08 | 0,5-1,0 |
| Zn | mg/kg | 0,01 | 0,5-1,0 |
| B | mg/kg | 0,43 | 1,1-2,0 |
| Arena | % | 70 | NA |
| Limo | % | 24 | NA |

Arcilla

%

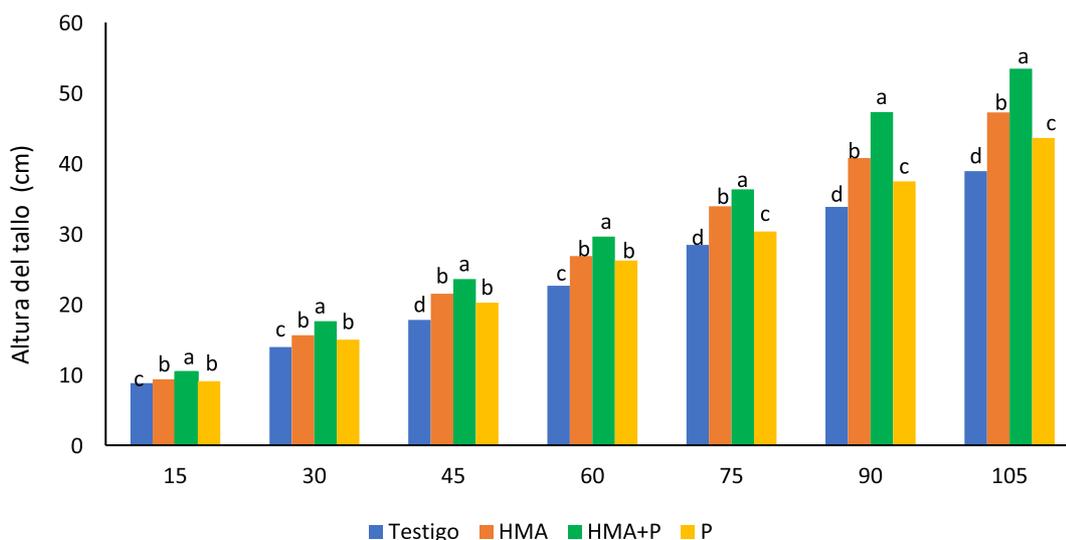
6

NA

5.1 ALTURA DEL TALLO

La altura del tallo presentó diferencia estadística muy significativa ($p < 0.0001$) entre los distintos tratamientos a lo largo del período de evaluación (Figura 1). El tratamiento T3 (Micorriza a una dosis de 35g/planta + 15g de P_2O_5) fue el que presentó la mayor altura de tallo desde la primera evaluación realizada a los 15 días de trasplante con una mediana de 10,40 cm hasta 53,45 cm de altura de tallo registrada en la última evaluación a los 105 días posterior al trasplante respectivamente. En todas las fechas evaluadas se observó el menor valor de longitud de tallo en el testigo con medias que oscilaron entre 8,80 cm a los 15 días de trasplante hasta 38,90 cm en la evaluación a los 105 días respectivamente.

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Reyes y Alcántara (2024) quienes en un estudio realizado en el Perú con la misma especie de micorriza reportaron el efecto positivo de este bio insumo comercial en la producción de las plántulas de *Physalis peruviana*. En el estudio de Alarcón et al. (2020), la incorporación de especies de micorrizas arbusculares del género *Glomus* en plántulas de tomate demostró un impacto favorable sobre la altura de la planta, al contrarrestar con el tratamiento control que no recibió el bioinsumo. En la evaluación de esta misma variable Luna et al. (2016) al comparar el efecto de dos hongos micorrízicos (*Glomus* sp. vs *Acaulospora* sp) en plántulas de ají (*Capsicum annuum*) observaron que las plantas que recibieron *Glomus* mostraron una mejor respuesta, lo que se puede atribuir a la efectividad de este hongo. A esto se suma lo observado por Quiñones et al. (2020) quienes reportaron el efecto positivo de la adición de hongos micorrízicos nativos como estimulantes del desarrollo de la planta de guayaba, mostrando una clara diferencia en cuanto a la longitud de la planta entre el tratamiento testigo y micorrizas del mismo género (*Glomus* sp.) del evaluado en la presente investigación.



Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

Figura 1. Altura de tallo (cm) en la evaluación del uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L.

5.2 Diámetro del tallo

En la variable diámetro de tallo se observaron diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos en los siete momentos de evaluación (Tabla 3). El tratamiento T3 (Micorriza a una dosis de 35g/planta + 15g de P_2O_5) fue el que presentó el mayor valor del diámetro de tallo desde la primera evaluación realizada a los 15 días de trasplante con una mediana de 0,60 cm hasta 1,10 cm de diámetro de tallo registrada en la última evaluación a los 105 días posterior al trasplante respectivamente.

Los resultados son comparables con los observados por Reyes y Alcántara (2024) quienes observaron el efecto positivo de la adición de micorrizas en la variable diámetro de tallo en la producción de plántones de *Physalis peruviana*. Si bien estos autores no adicionaron una fuente de fósforo a sus tratamientos, manifestaron que la adición de hongos micorrízicos arbusculares a esta solanácea favorece la absorción de nutrientes por la planta lo cual incrementa el desarrollo de los tejidos del tallo. Por su parte Alarcón et al., (2020) en un estudio comparativo del efecto de varias especies de hongos micorrízicos del género *Glomus* en la producción de plántulas de tomate observaron el efecto positivo de la aplicación de las mismas comparadas con el testigo en cuanto a la variable diámetro de tallo. De la misma manera Quiñones et al., (2020) en un estudio

realizado con hongos micorrízicos nativos como promotores de crecimiento en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.) observaron que los mejores tratamientos en la variable diámetro de tallo se obtuvieron con los tratamientos que contenían HMA del género *Glomus* similares a los empleados en el presente estudio.

Tabla 3. Prueba de Kruskal Wallis para variable diámetro de tallo(cm) en el tiempo (días) en el uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L.

| Tratamientos (cm) | Días | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 |
| T1 | 0,30 d | 0,30 d | 0,40 c | 0,40 d | 0,50 b | 0,50 d | 0,60 d |
| T2 | 0,50 b | 0,50 b | 0,60 a | 0,60 b | 0,70 a | 0,80 b | 0,90 b |
| T3 | 0,60 a | 0,60 a | 0,70 a | 0,70 a | 0,80 a | 0,90 a | 1,10 a |
| T4 | 0,40 c | 0,40 c | 0,50 b | 0,50 c | 0,60 b | 0,60 c | 0,70 c |

Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

5.3 Número de hojas

Se detectaron diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0.0001$) en la variable correspondiente al número de hojas entre los distintos tratamientos (Tabla 4). En las tres primeras evaluaciones, es decir hasta los 45 días después del trasplante, los tratamientos T2 y T3 que corresponden a Micorriza 35 g/planta y Micorriza 35 g /planta + 15 g de P_2O_5 respectivamente, se comportaron de manera similar, es decir no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. El T3 a partir de los 60 días se ubica como el mejor tratamiento para la variable de lo que respecta el número de hojas en las evaluaciones realizadas, con medias que oscilaron entre 25 y 40 hojas respectivamente.

Nuestros resultados son comparables con los observados por Reyes & Alcántara (2024) quienes reportaron que la aplicación de micorriza a una dosis de 10 gr/L en plantines de *Physalis peruviana* evaluados a los 60 días después del repique ocupó el primer lugar con una media de 10.67 hojas por planta confirmando que las micorrizas benefician significativamente la mayor formación de hojas en esta especie. En un estudio realizado por

Motta & Munévar (2005) sobre la micorrización de palma aceitera, si bien el ciclo de evaluación fue mucho más largo que el realizado en la presente investigación debido al ciclo de la especie vegetal en estudio, observaron el impacto de la micorrización en el crecimiento de la plántula expresado en una de sus variables como número de hojas.

Tabla 4. Evaluación del número de hojas utilizando la prueba de Kruskal-Wallis en plantas de *Physalis peruviana* L. con la aplicación de micorrizas.

| Tratamientos | Días | | | | | | |
|--------------|------|--------|---------|------|------|---------|---------|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 |
| T1 | 6 c | 9,50 b | 14 b | 18 c | 20 d | 23 d | 26,50 c |
| T2 | 8 a | 12 a | 18 a | 24 b | 27 b | 31 b | 35 b |
| T3 | 9 a | 14 a | 20,50 a | 25 a | 30 a | 34,50 a | 40 a |
| T4 | 7 b | 11 b | 14 b | 19 d | 24 c | 28 c | 33 b |

Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

5.4 Peso fresco de la raíz

El análisis del peso de la raíz, realizado 105 días después de aplicar el tratamiento, mostró diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0.0001$) (Tabla 5). El T3 (Micorriza + P_2O_5) y el T2 (Micorriza) compartieron el rango a como los mejores tratamientos.

Los resultados son comparables con los obtenidos por Enríquez (2013) quienes en un estudio realizado con *Ochroma pyramidale* (balsa) en la fase de vivero observaron que, en un estudio comparativo entre diferentes géneros de micorrizas, el mayor promedio, correspondiente a 33,22 g por planta, se obtuvo en el tratamiento que incorporaba hongos MA del género *Glomus*

Tabla 5. Evaluación comparativa de diferentes tratamientos en el peso fresco considerando el uso de micorrizas en el desarrollo y crecimiento de *Physalis peruviana* L., a los 105 días.

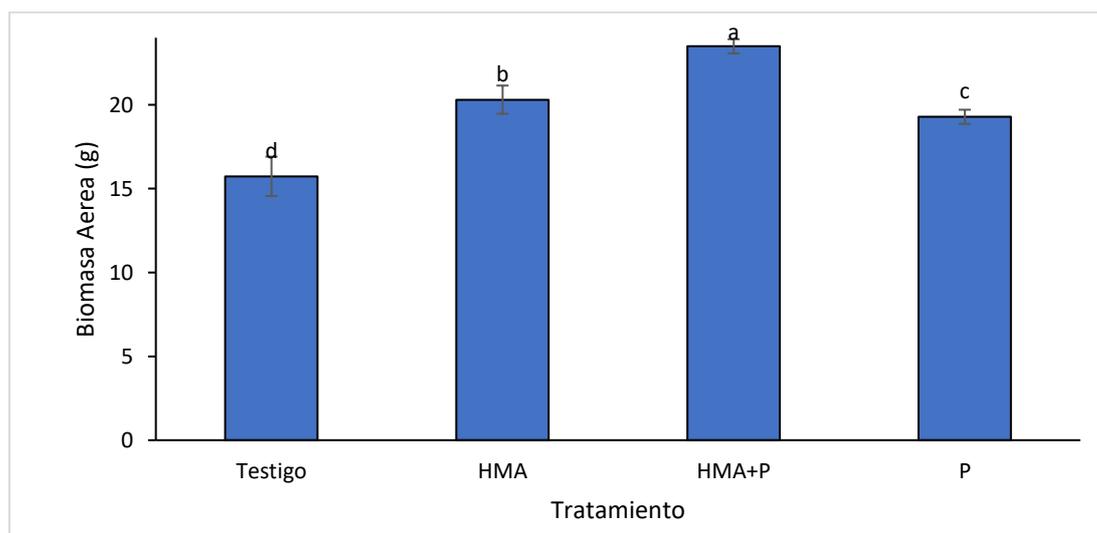
| Tratamientos | Mediana |
|--------------|---------|
| T1 | 9,00 b |
| T2 | 20,50 a |
| T3 | 26,00 a |
| T4 | 10,00 b |

Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

5.5 Biomasa aérea seca

En la variable biomasa aérea seca del follaje, evaluada a los 105 días de la aplicación del tratamiento (Figura 2), se observaron diferencias estadísticas muy significativas presentando el testigo con un valor bajo de 15,73g, seguido por el T4, con 19,28g y en valores muy cercano el T2 de 20,31g y siendo el mejor de T3 (HMA+P) con un valor de 23,49g.

Los resultados son comparables con los obtenidos por Reyes (2020), quienes, en un estudio realizado con plántulas de café en etapa de vivero, observaron que la aplicación de micorrizas una de ellas del género *Glomus*, similar al evaluado en la presente investigación, presentó grandes diferencias estadísticas con respecto al testigo, con medias de 0,45g.

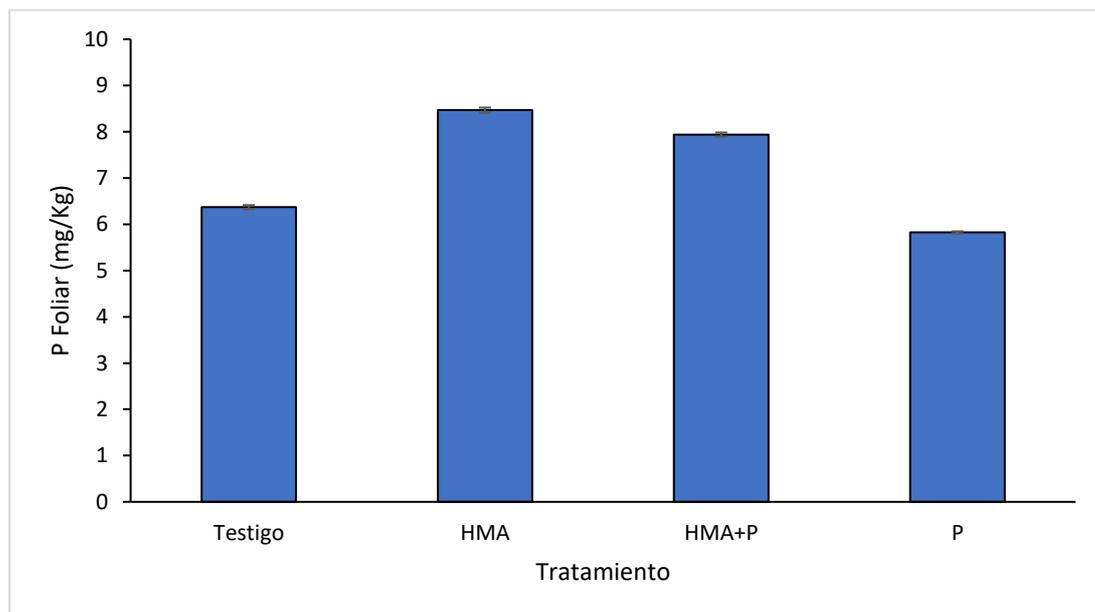


Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

Figura 2. Comparaciones entre tratamientos para la variable biomasa seca del follaje en el estudio del uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L, evaluado a los 105 días.

5.6 Fósforo foliar

En la variable fósforo foliar, evaluada a los 105 días de la aplicación del tratamiento (Figura 3), la concentración más alta de fósforo foliar se registró en el tratamiento T2 HMA (35g) con un valor de 8,47%, seguido por HMA (35g) +P₂O₅ (15g) con 7,94%. En el tratamiento T4, donde se aplicó únicamente P₂O₅ (15g), se obtuvo un 5,82%, mientras que el testigo (T1) presentó un porcentaje de fósforo foliar de 6,37%. Resultados similares fueron reportados por Benítez (2017), quien encontró que el uso exclusivo de micorrizas nativas obtuvo el 75% de fósforo, mientras que la combinación de micorrizas nativas con fósforo alcanzó un 50%.



Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

Figura 3. Concentración de fósforo foliar en el estudio del uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L, evaluado a los 105 días.

5.7 Porcentaje de Colonización micorrízica.

En la variable correspondiente a la colonización micorrizal se encontraron diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos (Tabla 6). A los 105 días posteriores al trasplante, en el tratamiento T1, que es correspondiente al testigo, no presentó colonización micorrizal. En contraste, el tratamiento T2, donde se aplicaron 35g de micorrizas, mostró un 36% de colonización. Por su parte, el T3, con la aplicación de 35 g de micorrizas por planta combinadas con 15g de P_2O_5 , alcanzó un 62% de colonización micorrizal. Finalmente, el T4, en el que se aplicaron únicamente 15g de P_2O_5 , no presentó colonización micorrizal, mostrando resultados similares al testigo.

Estos resultados son similares a los reportados por Ley et al., (2015), quienes observaron un 62% de colonización micorrizal en cultivos de tomate después de la aplicación de micorrizas *Glomus* sp. evaluadas a los 63 días. Asimismo, un estudio realizado por Alarcón et al., (2020), presentó resultados comparables, indicando que en los tratamientos sin aplicación de micorrizas el testigo tuvo un 0% de colonización micorrizal, mientras que con la aplicación de *Glomus intraradices* se obtuvo un 16,5% de colonización en la producción de plántulas de tomate.

Tabla 6. Evaluación del porcentaje de colonización micorrízica mediante la comparación de tratamientos en la utilización de micorrizas para el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L., a los 105 días.

| Tratamientos | 105 días |
|--------------|----------|
| T1 | 0% |
| T2 | 36% |
| T3 | 62% |
| T4 | 0% |

Medias con letras minúsculas diferentes muestran diferencia estadística ($p < 0,05$)

Se evidencia en la figura 4 raíces colonizadas por *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* observadas al microscopio, teñidas con fucsina ácida en el T2 HMA (35g) y T3 HMA 35g+ P_2O_5 (15g).

T2



T3

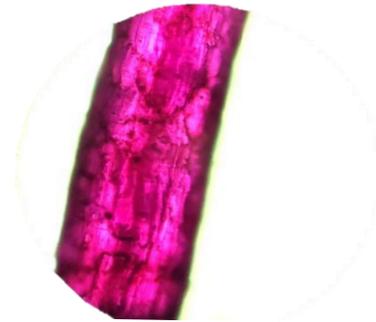


Figura 4. Colonización micorrizal en el estudio del uso de micorrizas en el crecimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L, evaluado a los 105 días.

6. Conclusiones

- Los hongos micorrizicos arbusculares tienen la capacidad de asociarse a *Physalis peruviana* L. En el caso específico de las variables biométricas en la fase de vivero de esta especie, fue el T3 MHA (35g) + P₂O₅ (15g), el que presentó los mejores resultados.
- En cuanto al porcentaje de fósforo foliar el mejor tratamiento fue el T2 HMA (35g), seguido del T3 MHA (35g) + P₂O₅ (15g).
- La colonización micorrizal fue mayor en el T3 MHA (35g) + P₂O₅ (15g), evidenciándose el aporte del fósforo en este proceso.
- El uso de micorrizas arbusculares (HMA), podría implementarse como una práctica agroecológica recomendada para mejorar la producción de *Physalis peruviana* L, ya que favorece la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, y contribuye al desarrollo saludable de la planta.

Referencias

- Afanador, L. (2017). *Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia*. *Ingeciencia*, 2(1), 65–76.
- Alarcón, A., & Ferrera, R. (2010). *Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas*. *Tierra Latinoamericana*, 17(3), 178–191.
- Alarcón, A., Viltres, R., Boicet, T., & Ramos, M. (2020). *Evaluación de micorrizas arbusculares en la producción de plántulas de tomate*. *Revista Granmense de Desarrollo Local REDEL*, 4, 928–937.
- Alcobendas, R., Parra, M., Bayona, J., Fernández, F., Romero, C., Nicolás, E., & Alarcón, J. (2022). *Efecto de la inoculación con *Glomus iranicum* var *tenuihypharum* sobre la respuesta nutricional de plantas de pimiento cultivadas sobre fibra de coco* (pp. 1–8).

- Altieri, M. A. (2002). *Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables*. En *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 27–34). Santiago, Chile: Ediciones CET.
- Arroyo, E. (2018). *El uso de micorrizas en una finca agroecológica: incremento de producción, mecanismos de defensa y capital económico y minimizar estrés*. *Perspectivas En Asuntos Ambientales*, 6(1), 1–59.
- Astier, Orozco, Q., González, S., Morales, H., Gerritsen, P., Escalona, M., Rosado, M., Sánchez, E., Martínez, T., Sánchez, C., Arzuf, B., Castrejón, A., Morales, H., Soto, P., Mariaca, M., Ferfuson, Ramírez, R., Jarquín, G., Moya, G., González, E., & Ambrosio, M. (2015). *Historia de la agroecología en México*. *Historia de La Agroecología En México*, 10(2), 9–17.
- Barrer, S. (2009). *El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura*. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 124–132.
- Bedoya, L. (2018). *Efectividad de un hongo inmovilizador en alginato para solubilizar P y promover el crecimiento vegetal en suelos tropicales* (p. 133). *Universidad Nacional de Colombia sede Medellín*.
- Blancol, A., & Salas, E. (1997). *Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica*. *Agronomía Costarricense*, 21(1), 55–67.
- Crosley, L., Henríquez, J., Parra, F., Pacheco, P., & Escobar, H. (2019). *Rescate del cultivo Goldenberry (Physalis peruviana) en los Andes del norte de Chile*. *Idesia*, 37(4), 115–118.
- Cordell, D., Drangert, J. O., & White, S. (2009). *La historia del fósforo: seguridad alimentaria mundial y elementos para la reflexión*. *Cambio Ambiental Global*, 19(2), 292–305.
- Cué, J., & Torres, A. (2019). *Micorrizas arbúsculares: su valoración en el marco de la agroecología*. *Revista Alfa*, 3(9), 143–150.

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2020). InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar/>
- Enríquez, W. (2013). *Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Ochroma pyramidale (balsa), en fase de vivero. Tesis de grado - Universidad Técnica Estatal de Quevedo.*
- FAO. (2022). *El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades* (pp. 1–8). <https://investing.com>
- Fischer, G., Almanza, P., & Miranda, D. (2014). *Importancia y cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.). Revista Brasileira de Fruticultura, 36(1), 1–15.*
- Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). *An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 13(1), 489–500.*
- González, O., & Osorio, W. (2008). *Determinación de la dependencia micorrizal del Lulo. 13(2), 163–174.*
- González. (2011). *Agroecología e Historia Agraria. Una hibridación necesaria. Estudios Rurales, 1(1), 1–29.*
- Guerra, B. (2008). *Micorriza arbuscular: recurso microbiológico en la agricultura sostenible.*
- Honrubia, M. (2009). *Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. Anales Del Jardín Botánico de Madrid, 66(1), 133–144.*
- Irizar, Vargas, P., Garza, D., Tut, C., Rojas, I., Trujillo, A., García, R., Aguirre, D., Concepción, J., Alvarado, S., Grageda, O., Valero, J., & Aguirre, J. (2003). *Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. Agricultura Técnica en México, 29(2), 213–225.*
- Kaur, S., Dhillon, G. S., Brar, S. K., Chauhan, V. B., Chand, R., & Verma, M. (2013). *Potential Eco-friendly Soil Microorganisms: Road Towards Green and Sustainable*

- Agriculture*. En *Management of Microbial Resources in the Environment* (pp. 249–287). Springer Netherlands.
- Kormanik, P., Craig, W., & Schultz, C. (1980). *Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay*. *Canadian Journal of Microbiology*, 26(4), 536–538.
- Ley, Sánchez, J., Ricardo, N., & Collazo, E. (2015). *Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de tomate*. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 47–59.
- Liu, R., Dai, M., Wu, X., Li, M., & Liu, X. (2012). *Supresión del nematodo agallador [Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood] en tomate mediante inoculación dual con hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas*. *Mycorrhiza*, 22, 289–296.
- Luna, J., Romero, I., & Rojas, K. (2016). *Hongos micorrizógenos arbusculares y su efecto en el desarrollo de plantas de ají (Capsicum annuum, Solanaceae)*. *Temas Agrarios*, 21(2), 76–85.
- Martínez. (2002). *Agroecología: atributos de sustentabilidad*. *Revista de Las Sedes Regionales*, 3(5), 25–45.
- Morell, Hernández, A., Borges, Y., & Marentes, F. (2009). *La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo*. *Cultivos Tropicales*, 30(4), 25–31.
- Motta, D., & Munévar, F. (2005). *Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización*. *Palmas*, 26(3), 11–20.
- Murphy, J., & Riley, J. (1962). *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31–36.

- Oliveira Souza, S., da Costa, S. S. L., Santos, D. M., dos Santos Pinto, J., Garcia, C. A. B., Alves, J. do P. H., & Araujo, R. G. O. (2014). *Simultaneous determination of macronutrients, micronutrients and trace elements in mineral fertilizers by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 96, 1–7.
- Pássaro, L. (2014). *Physalis peruviana L.: Fruta andina para el mundo*, 7(1), 1–49.
- Pérez, J. P. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. Tesis de maestría - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.*
- Quiñones, E., Rincón, G., & López, L. (2020). *Hongos micorrízicos nativos como promotores de crecimiento en plantas de guayaba (Psidium guajava L.)*. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 541–554.
- Reyes, D. (2020). *Efecto de la inoculación de micorrizas en el desarrollo de plantas de café en etapa de vivero en San Martín de Pangoa-Satipo. Tesis de grado - Universidad Nacional del Centro del Perú.*
- Reyes, J., & Alcántara, L. (2024). *Efecto de la micorriza Myco-Up en la producción de plántones de Aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de Yanahuanca - Pasco (p. 97). Tesis de grado - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.*
- Sanclemente, Sánchez, M., & Prager, M. (2018). *Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz – soya (Zea mays L. – Glycine max L.)*. *Idesia (Arica)*, 2, 217–224.
- Solis, K., Quiroz, F., Vernaza, L., & Carrera, F. (2017). *Biofertilizantes: una alternativa ecológica para la agricultura frente al cambio climático en el Ecuador*. *Dominio de Las Ciencias*, 3, 75–88.
- Tamayo, A. (2009). *La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural*. *Letras Verdes: Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 4, 24–26.

Torres, S. (2021). *Evaluación de una formulación orgánica mineral en la producción del maíz (Zea mays L.)* (p. 66). *Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias*.

Urgiles, Guachanamá, J., Granda, I., Robles, A., Encalada, M., Loján, P., Ávila, M., Hurtado, L., Poma, N., Collahuazo, Y., Araujo, S., & Quichimbo, L. (2020). *Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados al café en sistemas agroforestales de la provincia de Loja, Ecuador*. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 137–145.