



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivares de papa nativa



Narcisa Urgiles Gómez

Paúl Diego Loján Armijos

Esthela Margarita González Sarango

Katherine Alexandra Torres Carrión

Steveen Isrrael Pintado Carriel



# **Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivares de papa nativa**



---

# **Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivos de papa nativa**

---

Narcisa Urgiles Gómez

*Universidad Nacional de Loja*

Paúl Diego Loján Armijos

*Universidad Técnica Particular de Loja*

Esthela Margarita González Sarango

*Universidad Nacional de Loja*

Katherine Alexandra Torres Carrión

*Universidad Nacional de Loja*

Steven Israel Pintado Carriel

*Universidad Nacional de Loja*

UNL



Universidad  
Nacional  
de Loja



**UTPL**  
La Universidad Católica de Loja

**EL NUEVO  
ECUADOR**



**FLASA**

Nikolay Aguirre, Ph.D.

**Rector UNL**

Elvia Zhapa Amay, Ph.D.

**Vicerrectora Académica**

Max Encalada, Ph.D.

**Director de Investigación**

## **Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivares de papa nativa**

### **Autores:**

Narcisa Urgiles Gómez

Paúl Diego Loján Armijos

Esthela Margarita González Sarango

Katherine Alexandra Torres Carrión

Steven Isrrael Pintado Carriel

### **Revisión por pares:**

María Eugenia Ávila Salem

Yajaira Gabriela Arévalo Capa

**ISBN digital:** 978-9942-671-42-4

**ISBN físico:** 978-9942-671-47-9

### **Editorial Universitaria UNL**

Universidad Nacional de Loja

Ciudad Universitaria Guillermo Falconí, Loja - Ecuador

Correo: [comision.editorial@unl.edu.ec](mailto:comision.editorial@unl.edu.ec)

Teléfono: +593 7 259 3550

**[www.unl.edu.ec](http://www.unl.edu.ec)**

Abril, 2026

Loja, Ecuador



## Proyecto de investigación y créditos

FIASA-CA-2023-012 y/o 01-DI-FARNR-2023-E.

Esta publicación ha sido realizada en el marco del Proyecto “Generación de bioconocimiento enfocado a la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad de variedades nativas de papa (*Solanum* spp.) con la aplicación de láminas de riego, enmiendas orgánicas y biofertilizantes en la Sierra Sur del Ecuador”

### Realización:

Narcisa Urgiles Gómez, Paúl Loján, Esthela González, Katherine Torres y Steven Pintado.

### Coordinación:

Narcisa Urgiles Gómez.

### Fotografías:

Narcisa Urgiles, María Guamán, Paúl Loján, Michael Tucto, Ana Sánchez, Gabriela Abad.

### Colaboradores:

María Guamán, Lucía Quichimbo, Michael Tucto, Luis Palacios, Ruth Poma, Gabriela Abad, Laura Poma, Karina Loaiza.

### Financiamiento:

Ejecutado por la Universidad Nacional de Loja (UNL) y coejecutado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

### Cita:

Urgiles-Gómez, N., Loján-Armijos, P., González, E., Torres, K., y Pintado, S. (2026). *Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivares de papa nativa*. Editorial Universitaria UNL. Loja, Ecuador.



# Contenido

|                                                                                                              |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimiento.....                                                                                          | XI   |
| Glosario.....                                                                                                | XIII |
| Introducción.....                                                                                            | 15   |
| Capítulo 1. Generalidades de las micorrizas.....                                                             | 17   |
| 1.1. Definición.....                                                                                         | 17   |
| 1.2. Clasificación de las micorrizas .....                                                                   | 17   |
| 1.2.1. Ectomicorrizas.....                                                                                   | 18   |
| 1.2.2. Endomicorrizas o micorrizas arbusculares (HMA)....                                                    | 18   |
| 1.2.3. Micorrizas ericoides .....                                                                            | 18   |
| 1.2.4. Micorrizas orquidoides.....                                                                           | 19   |
| 1.2.5. Micorrizas arbutoides y ectendomicorrizas.....                                                        | 19   |
| Capítulo 2. Mecanismos de asociación entre plantas HMA .....                                                 | 20   |
| 2.1. Intercambio de nutrientes y beneficios .....                                                            | 20   |
| Capítulo 3. Micorrizas arbusculares en la agricultura sostenible ....                                        | 22   |
| 3.1. Cultivos agrícolas .....                                                                                | 22   |
| 3.2. Fuentes de inóculo de micorrizas de HMA.....                                                            | 23   |
| 3.3. Producción de bioinóculos micorrízicos.....                                                             | 24   |
| 3.4. Técnicas de aplicación y micorrizas manejo de<br>biofertilizante-HMA en la agricultura sostenible ..... | 24   |
| 3.5. Aplicación del biofertilizante-HMA .....                                                                | 26   |
| 3.6. Compatibilidad y manejo del suelo .....                                                                 | 26   |
| Capítulo 4. Caso de estudio: Identificación de micorrizas<br>en papa nativa .....                            | 27   |
| 4.1. Ubicación del área de estudio, muestreo e<br>identificación y multiplicación de HMA.....                | 27   |
| 4.2. Control de calidad (mínimo indispensable).....                                                          | 28   |
| Capítulo 5. Resultados .....                                                                                 | 30   |
| 5.1. Número de esporas de HMA .....                                                                          | 30   |
| 5.2. Colonización .....                                                                                      | 32   |
| 5.3. Obtención del biofertilizante de HMA .....                                                              | 33   |
| 5.4. Aplicación del biofertilizante-HMA .....                                                                | 33   |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5. Resultados preliminares del biofertilizante-HMA en<br>cultivares de papa nativa ..... | 34 |
| Bibliografía .....                                                                         | 40 |

# Agradecimiento

Nuestro reconocimiento y gratitud a todas las personas e instituciones que hicieron posible la elaboración de este manual. De manera especial, a los productores de la parroquia Chuquiribamba, quienes con su esfuerzo y dedicación impulsan el desarrollo del campo y contribuyen a la producción de alimentos de calidad para nuestras comunidades locales.

Agradecemos de igual manera a los colegas de la Universidad Nacional de Loja (UNL), del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) por su valiosa colaboración, el aporte de información actualizada y el fortalecimiento del enfoque técnico y práctico del presente trabajo.

Este manual fue desarrollado en el marco del proyecto FIASA-CA-2023-012, financiado por el Fondo de Investigación de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sostenible (FIASA). Los autores expresan su sincero agradecimiento por el apoyo financiero brindado, el cual hizo posible el desarrollo, validación y difusión de los contenidos presentados en este documento.



# Glosario

**Absorción de fósforo:** Proceso mediante el cual los HMA incrementan la disponibilidad de este nutriente esencial para la planta.

**Absorción de nitrógeno:** Incorporación de nitrógeno mineral facilitada por las hifas micorrícicas.

**Agregados del suelo:** Estructuras estables formadas en parte por glomalina, que mejoran la aireación y retención de agua.

**Agroforestería:** Sistema productivo que combina árboles y cultivos, donde las micorrizas favorecen el intercambio de nutrientes y la fertilidad.

**Biodiversidad microbiana:** Diversidad de microorganismos en el suelo, promovida por la simbiosis micorrízica.

**Colonización micorrízica:** Proceso de establecimiento del hongo en la raíz de la planta, que incluye penetración, desarrollo de micelio y formación de esporas.

**Compatibilidad planta-hongo:** Capacidad de una especie vegetal y un hongo micorrízico de establecer simbiosis efectiva.

**Cultivo trampa:** Método para multiplicar HMA utilizando plantas hospedantes de rápido crecimiento.

**Ectomicorriza:** Micorriza presente en especies leñosas, caracterizada por el manto fúngico y la red de Hartig.

**Endomicorriza:** Tipo de micorriza en la cual el hongo penetra dentro de las células radicales.

**Hifas:** Filamentos del micelio que exploran el suelo y transportan agua y nutrientes hacia la planta.

**Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA):** Grupo de endomicorrizas que colonizan la mayoría de plantas agrícolas.

**Inóculo micorrícico:** Material biológico con esporas, hifas o raíces colonizadas, usado para inoculación en cultivos.

**Micelio:** Conjunto de hifas que constituyen la masa vegetativa del hongo.

**Micorriza:** Asociación simbiótica entre hongos del suelo y raíces de plantas.

**Micorrizas arbutoides:** Forman estructuras mixtas entre ectomicorrizas y endomicorrizas.

**Micorrizas ericoides:** Asociación especializada con plantas de la familia Ericaceae, adaptada a suelos ácidos.

**Micorrizas orquidoides:** Simbiosis exclusiva de orquídeas, esencial para la germinación de sus semillas.

**Propágulo:** Estructura biológica viable del hongo capaz de iniciar una nueva colonización en la raíz de una planta hospedera. En los HMA, los propágulos pueden estar constituidos por esporas, fragmentos de micelio o segmentos de raíces previamente colonizadas.

**Reforestación:** Estrategia que utiliza micorrizas para aumentar la supervivencia de plántulas en suelos degradados.

**Restauración ecológica microbiana:** Recuperación de ecosistemas degradados con apoyo de micorrizas para mejorar la regeneración vegetal.

**Simbiosis:** Relación de beneficio mutuo entre el hongo y la planta.

# Introducción

La producción de papa nativa (*Solanum* spp.) representa uno de los pilares fundamentales para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad en la región andina del Ecuador. No obstante, estos cultivos enfrentan desafíos crecientes debido a la degradación de los suelos, la variabilidad climática y la alta dependencia de fertilizantes químicos, los cuales incrementan los costos de producción y generan impactos ambientales negativos (Trivedi et al., 2020). En este contexto, surge la necesidad de implementar alternativas biotecnológicas sostenibles que optimicen el rendimiento agrícola sin comprometer la salud de los ecosistemas.

Las micorrizas arbusculares, al ser asociaciones simbióticas entre hongos micorrízicos arbusculares (de aquí en adelante, HMA) y las raíces de las plantas, se presentan como una solución biológica clave (Smith & Read, 2010). Los HMA actúan como una extensión del sistema radicular, facilitando la absorción de nutrientes esenciales como el fósforo y el nitrógeno (Wang et al., 2024) y mejorando la resistencia de los cultivos ante condiciones de estrés hídrico. Además, se ha demostrado que los HMA fortalecen los mecanismos de defensa de la planta frente a diversos patógenos del suelo.

El presente manual detalla la importancia de los HMA, su clasificación y los mecanismos biológicos mediante los cuales benefician a las plantas (Begum et al., 2019). Asimismo, se presenta un caso de estudio realizado en la Sierra Sur del Ecuador (provincia

de Loja), donde se evaluó la eficiencia de biofertilizantes micorrízicos en cinco cultivares nativos frecuentes. A través de este análisis, se busca proporcionar herramientas prácticas a técnicos y agricultores para una transición hacia una agricultura sostenible, más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

# Capítulo 1. Generalidades de las micorrizas

## 1.1. Definición

Se define como “micorriza” a la asociación mutualista entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas. Estas asociaciones son específicas, pudiendo el hongo vivir sobre la raíz o dentro de ella (Smith & Read, 2010). Los hongos permiten a las plantas un mayor acceso al agua y a los nutrientes; a cambio, reciben azúcares producidos por la planta. En otras palabras, el hongo formador de micorrizas actúa como un aliado que permite a la planta extender su sistema radicular y explorar un mayor volumen de suelo (Wang et al., 2024).

## 1.2. Clasificación de las micorrizas



Figura 1. Tipos principales de micorrizas y sus estructuras características. Traducido y adaptado de Selosse y Le Tacon (1998).

### **1.2.1. Ectomicorrizas**

Es la asociación simbiótica entre ciertos hongos Basidiomycota y Ascomycota y las raíces de árboles de ecosistemas templados, como pinos y robles. En las ectomicorrizas, el hongo envuelve la raíz formando una capa externa (manto) y desarrolla una red intercelular (red de Hartig), que rodea las células de la raíz sin penetrarlas, facilitando el intercambio de nutrientes entre ambos organismos (Kilpeläinen et al., 2019).

### **1.2.2. Endomicorrizas o micorrizas arbusculares (HMA)**

Es el tipo de micorriza más abundante; a diferencia de las ectomicorrizas, penetran al interior de la raíz hasta llegar al córtex y forman estructuras llamadas arbuscúlos, que son ramificaciones dicotómicas repetidas de una hifa, que les confiere la forma de un árbol, de ahí su nombre. Los arbuscúlos permiten el intercambio bidireccional de nutrientes. La gran mayoría de las plantas cultivadas forman este tipo de asociaciones, como: papa, maíz, arroz, café, hortalizas y son fundamentales en la absorción de fósforo, micronutrientes y agua, especialmente en suelos pobres (Wang et al., 2024).

### **1.2.3. Micorrizas ericoides**

Es la asociación entre algunos hongos del filo Ascomycota (principalmente) y plantas de la familia Ericaceae, como arándanos silvestres, joyapas, rododendros y azaleas. Estos

hongos penetran en las raíces finas y ayudan a la planta a obtener nutrientes en suelos ácidos o pobres, donde la vegetación es limitada, permitiendo un aprovechamiento más eficiente de los recursos y favoreciendo su crecimiento en entornos más orgánicos sin necesidad de fertilizantes químicos (Vohník, 2020).

#### **1.2.4. Micorrizas orquidoides**

Como su nombre lo indica, se desarrollan en las raíces de las orquídeas. El hongo ingresa en la semilla o en la raíz, proporcionando los nutrientes necesarios para la germinación y el crecimiento de la planta.

Cuando esta alcanza la etapa adulta, también nutre al hongo, estableciendo una relación de ayuda mutua (Brundrett y Tedersoo, 2018).

#### **1.2.5. Micorrizas arbutoides y ectendomicorrizas**

Estas micorrizas se relacionan con plantas de cerros secos y pedregosos, las cuales forman una capa delgada alrededor de la raíz y también dentro de ella, aumentando la capacidad para absorber agua y nutrientes, lo que las hace aptas para frutales de clima templado como el durazno, manzano y árboles nativos en suelos degradados (Ori et al., 2020).

## **Capítulo 2. Mecanismos de asociación entre plantas HMA**

Cuando una planta y un HMA interactúan, ocurre un reconocimiento químico en el que la raíz de la planta libera moléculas como las estrigolactonas, que actúan como señales de comunicación. Una vez en contacto, la planta modifica sus raíces para permitir la entrada del HMA, estableciendo así la asociación (Choi et al., 2018).

### **2.1. Intercambio de nutrientes y beneficios**

El intercambio de nutrientes entre los HMA y la planta hospedera constituye uno de los principales beneficios de esta asociación simbiótica. A través de su red de hifas intra y extrarradicales, los HMA incrementan significativamente el volumen de suelo explorado, facilitando la absorción de nutrientes poco móviles como el fósforo, micronutrientes y agua, que se encuentran fuera del alcance directo del sistema radicular (Smith y Read, 2010; Wang et al., 2024). A su vez, la planta transfiere al HMA carbohidratos derivados de la fotosíntesis, indispensables para el crecimiento y mantenimiento del micelio fúngico (Choi et al., 2018), ver Figura 2.

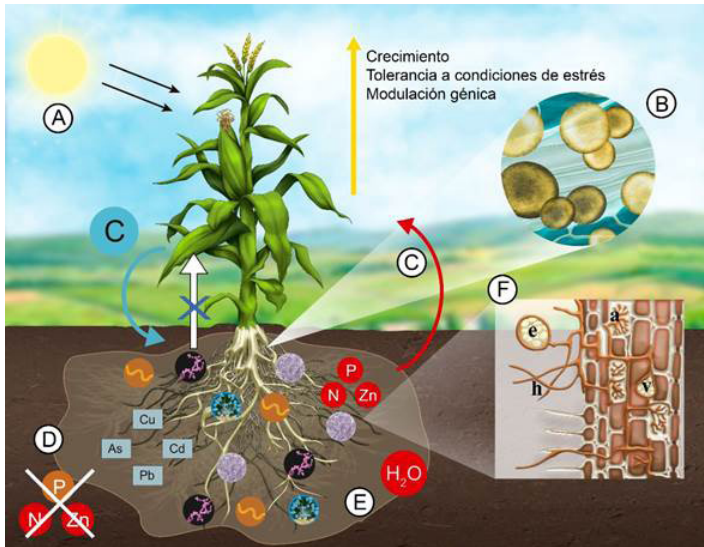


Figura 2. Proceso de interacción simbiótica entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y una planta hospedera.

A.- A través de la fotosíntesis la planta realiza y transfiere carbohidratos al HMA como fuente de energía. B.- Las esporas e hifas del HMA colonizan las raíces, formando estructuras que facilitan el intercambio de nutrientes. C.- Las hifas extrarradicales exploran el suelo, ampliando la zona de absorción más allá del alcance de las raíces. D.- Los HMA inmovilizan metales pesados (Cu, Zn, Cd) y reducen su toxicidad, mejorando la calidad del suelo. E.- El hongo incrementa la absorción de fósforo (P) y agua (H<sub>2</sub>O), mejorando la nutrición y la tolerancia al estrés hídrico. F.- En el interior de la raíz se observa la estructura de colonización micorrízica, donde los arbuscúlos permiten un intercambio eficiente entre el HMA y la célula vegetal.

## Capítulo 3. Micorrizas arbusculares en la agricultura sostenible

### 3.1. Cultivos agrícolas

En la agricultura, los HMA mejoran la absorción de fósforo y nitrógeno, reducen el uso de fertilizantes, fortalecen el sistema radicular y protegen contra patógenos del suelo. Estudios en cultivos como papa, maíz y hortalizas muestran que las plantas micorrizadas presentan mayores rendimientos y mejor tolerancia a la sequía (Murrell et al., 2020; Arévalo et al., 2025).

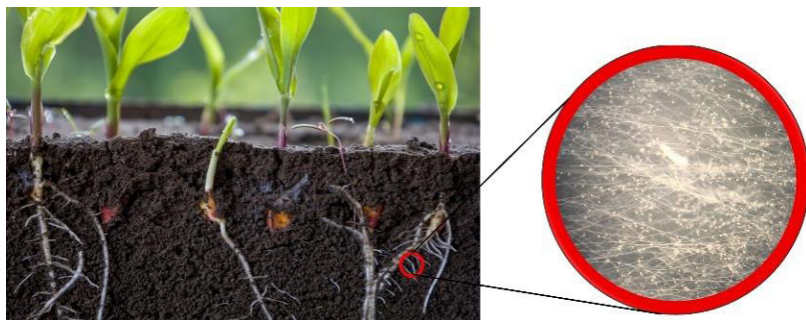


Figura 3. Asociación micorrízica en cultivos agrícolas.

Los HMA producen estructuras tanto al interior como al exterior de la raíz. Dentro de las raíces de plantas colonizadas se puede encontrar: hifas, vesículas, arbuscúlos, y en algunos casos esporas. En el exterior de la raíz se pueden encontrar principalmente hifas, esporas y, en algunos casos, células auxiliares (Figura 4).

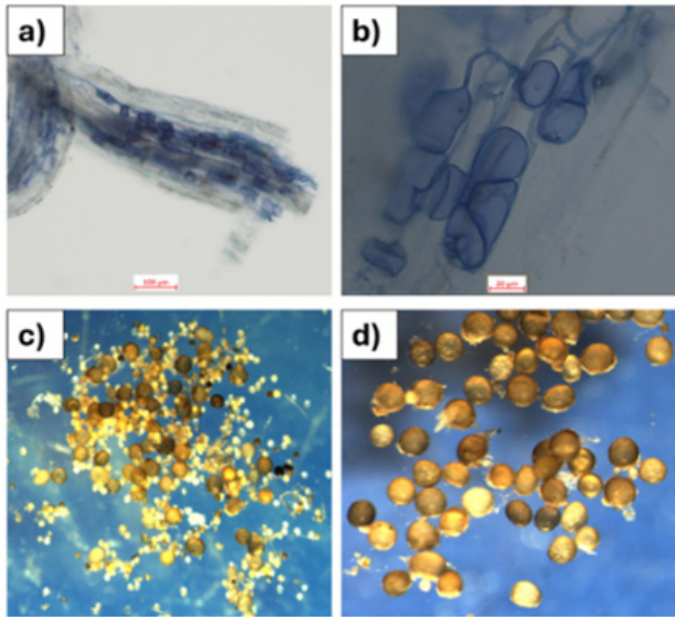


Figura 4. Estructuras y esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). En (a) y (b) se observan, al microscopio óptico, raíces teñidas con azul de metileno con colonización interna por HMA con lente de 10x y 40x, respectivamente. En (c) y (d) se aprecian esporas de HMA vistas con estereoscopio a 20x y 50x.

### 3.2. Fuentes de inóculo de micorrizas de HMA

Suelos y raíces de plantas forestales de un ecosistema no perturbado son fuentes de inóculo de HMA, así como suelos de chakras o parcelas agroecológicas son utilizadas como inóculo inicial de HMA para su multiplicación masiva en cultivos trampa para potenciar la masificación de propágulos.

### **3.3. Producción de bioinóculos micorrízicos**

El agricultor puede producir sus propios inóculos micorrízicos en casa o en un vivero, con tierra local de preferencia de un suelo con baja perturbación, que contenga raicillas, un sustrato a base de tierra negra y arena de mina en proporción 1:1 v/v y una planta micotrófica que actúa como hospedera (ej. maíz, cebollín, puerro, etc.) (Galarza Puga, 2003; Morales, 2019). Estos sistemas se conocen como plantas trampa, ya que ayudan en el proceso de masificación de los HMA (Naranjo-Morán et al., 2025). Luego de un periodo de 4-6 meses los HMA se habrán multiplicado y se puede cosechar el suelo en conjunto con las raíces finamente picadas para ser aplicadas en campo.

### **3.4. Técnicas de aplicación y manejo de micorrizas y biofertilizante-HMA en la agricultura sostenible**

Los propágulos de HMA (esporas, raíces colonizadas, hifas, etc.) se pueden aplicar al momento de la siembra o durante el trasplante de las plántulas al terreno. Para ello, se coloca una pequeña cantidad de inóculo cerca de la raíz o semilla del cultivo de interés, lo que permite iniciar su colonización. Asimismo, la inoculación puede realizarse en semilleros, permitiendo que las raíces se colonicen previamente antes de su establecimiento en campo (ver Figura 5).



Figura 5. Aplicación de un producto formulado en polvo a base de micorrizas nativas durante la siembra o el trasplante.

La aplicación del biofertilizante debe planificarse considerando el tipo de suelo, el nivel de fósforo disponible y las prácticas agrícolas complementarias. Un manejo adecuado garantiza una colonización eficiente y beneficios sostenidos en el tiempo. Es importante trabajar con cepas nativas aisladas de la misma zona donde se desea aplicarlas, para evitar problemas de adaptación.

### 3.5. Aplicación del biofertilizante-HMA

Tabla 1. Recomendación de la aplicación de biofertilizante-HMA según el tipo de suelo.

| Condición del suelo                                | Disponibilidad de fósforo (P)        | Recomendación de la aplicación de HMA                                                              |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suelo franco o franco arenoso, buen drenaje        | Baja (<10 mg P kg <sup>-1</sup> )    | Aplicar inóculo en semillero o directamente en el surco de siembra (5–10 g planta <sup>-1</sup> ). |
| Suelo arcilloso o compactado                       | Media (10–25 mg P kg <sup>-1</sup> ) | Aplicar en mezcla con compost o materia orgánica para mejorar aireación y colonización.            |
| Suelo rico en fósforo (>25 mg P kg <sup>-1</sup> ) | Alta                                 | No se recomienda aplicar biofertilizante-HMA, las plantas reducirán la simbiosis de forma natural. |

### 3.6. Compatibilidad y manejo del suelo

Se necesita un suelo suelto, con buen contenido de materia orgánica y adecuada humedad; cuando el suelo es muy compacto, seco o presenta un exceso de fertilización química, la eficiencia del hongo puede disminuir. Por ello, se recomienda evitar la labranza profunda, mantener los restos de cultivo como abono natural y controlar el pH del suelo (Carrillo-Saucedo et al., 2022).

## **Capítulo 4. Caso de estudio: Identificación de micorrizas en papa nativa**

### **4.1. Ubicación del área de estudio, muestreo e identificación y multiplicación de HMA**

El muestreo se realizó en tres provincias de la Sierra Sur del Ecuador: Loja, Azuay y Cañar. Las mismas que se encuentran ubicadas en la cordillera sur de los Andes, en la Región Interandina del Ecuador.

En la provincia de Loja se colectaron cinco muestras de suelo de los cultivos: uva y carrizo en las parroquias de Saraguro, San Lucas y Urdaneta. En Azuay se muestrearon los cantones de Paute y San Fernando, en donde se tomaron muestras de suelo de los cultivos: chaucha tomate y bolona antigua. En la provincia de Cañar, se obtuvieron cinco muestras de los cantones de Cañar y Azogues de los cultivos: yema de huevo y chaucha tomate. Se realizó un conteo de esporas por 100 gramos de suelo y se determinaron los porcentajes de colonización radicular (Figura 6). Las esporas fueron montadas en placas portaobjetos y se compararon con las descripciones del International Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (<https://invam.ku.edu/>). Las muestras de suelo y raíces fueron posteriormente preparadas para su multiplicación en plantas trampa de acuerdo con el procedimiento descrito previamente, utilizando la papa como planta hospedera. Las plantas trampa se cosecharon luego de un periodo de 6 meses.



Figura 6. Procedimiento de aislamiento, conteo e identificación de esporas de HMA.

## 4.2. Control de calidad (mínimo indispensable)

La determinación de la colonización de las raíces de las plantas trampa se siguió de acuerdo al procedimiento descrito en la Figura 7.

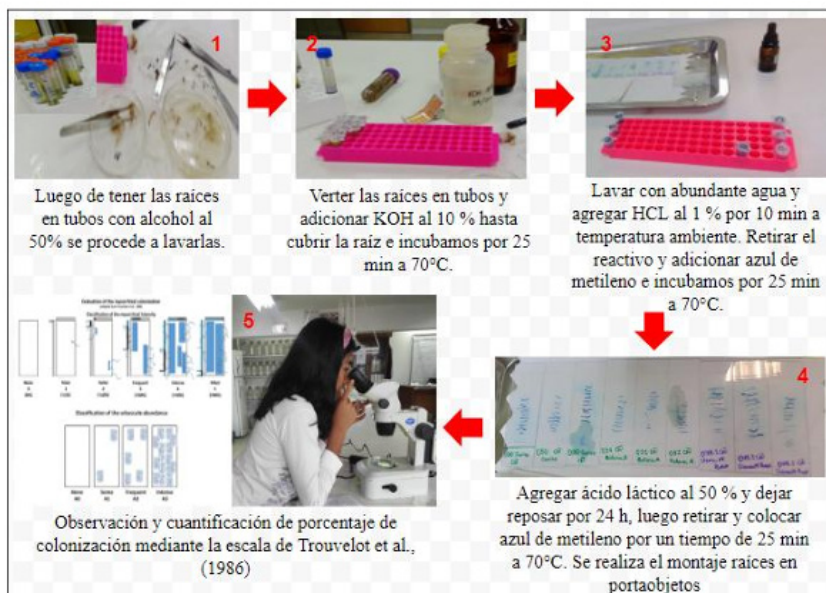


Figura 7. Procedimiento para la tinción de HMA en raíces del cultivo trampa.

# Capítulo 5. Resultados

## 5.1. Número de esporas de HMA

Identificación de micorrizas de papa. Se evidenció la prevalencia del género *Glomus* spp. Se constató, además, la presencia de los géneros: *Acaulospora* spp. y *Scutellospora*. El género *Glomus* es uno de los grupos de HMA más abundantes y esenciales en los ecosistemas terrestres por ser cosmopolita, muy común y diverso. Su importancia ecológica radica en que actúa como un “puente” vital entre el suelo y las plantas, permitiendo la supervivencia en condiciones de estrés abiótico y biótico.

Tabla 2. Morfoespecies de HMA encontrados en las muestras de suelo de los cultivos trampa inoculados con micorrizas de las tres zonas de estudio.

| Zona de estudio | Muestra | Parroquia | Género de HMA               | Número de Morfoespecies | Número total de Morfoespecies |
|-----------------|---------|-----------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Loja            | 1       | Saraguro  | <i>Glomus</i> spp M1        | 1                       | 5                             |
|                 | 2       | San Lucas | <i>Acaulospora</i> spp M2   | 1                       |                               |
|                 | 3       | Urdaneta  | <i>Glomus</i> spp M3        | 1                       |                               |
|                 | 4       | Urdaneta  | <i>Glomus</i> spp M4        | 1                       |                               |
|                 | 5       | Urdaneta  | <i>Scutellospora</i> spp M5 | 1                       |                               |
| Azuay           | 1       | Tomebamba | <i>Glomus</i> spp M6        | 1                       | 2                             |
|                 | 2       | Tomebamba | <i>Glomus</i> spp M6        |                         |                               |
|                 | 3       | Dug Dug   | <i>Glomus</i> spp M6        |                         |                               |
|                 | 4       | Tomebamba | <i>Glomus</i> spp M6        |                         |                               |
|                 | 5       | Chumblín  | <i>Glomus</i> spp M7        | 1                       |                               |

| Zona de estudio | Muestra | Parroquia  | Género de HMA                                                     | Número de Morfoespecies | Número total de Morfoespecies |
|-----------------|---------|------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Cañar           | 1       | Chorocopte | Acaulospora spp M8,<br>Glomus spp M9,<br>Glomus spp M10           | 3                       | 13                            |
|                 | 2       | Chorocopte | Glomus spp M11 ,<br>Glomus spp M12                                | 2                       |                               |
|                 | 3       | Zhud       | Glomus spp M13,<br>Sclerocystis spp M14                           | 2                       |                               |
|                 | 4       | Ingapirca  | Acaulospora spp<br>M15, Acaulospora<br>spp M16, Glomus<br>spp M17 | 3                       |                               |
|                 | 5       | Pindilig   | Glomus spp M18,<br>Glomus spp M19,<br>Glomus spp M20              | 3                       |                               |

\* M: Morfoespecies de HMA

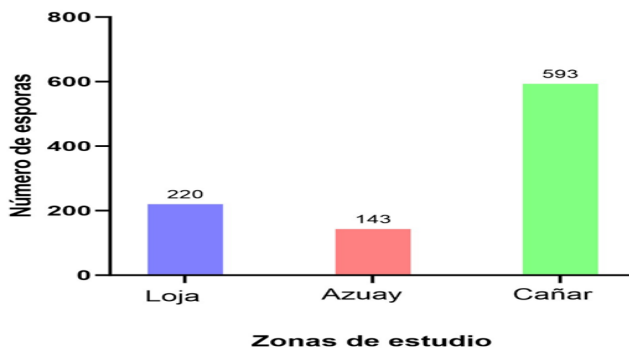


Figura 8. Frecuencia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en 100 g suelo obtenido de cultivos trampa de papa (*Solanum tuberosum*) cultivados a partir de fragmentos de raíces con presencia de micorrizas provenientes de tres provincias del sur del Ecuador.

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró mayor promedio de número de esporas en las muestras de suelo de los cultivos trampa inoculados con HMA provenientes de la provincia de Cañar con una cantidad de 593 esporas/100 g suelo, seguido por la provincia de Loja con 220 esporas/100 g suelo y finalmente Azuay con 143 esporas/100 g suelo (Figura 8).

En la Tabla 3, se muestra el resumen del número de esporas presentes en cada una de las muestras procedentes de las tres zonas de estudio. Se evidenció que el mayor número de esporas totales corresponde a Cañar; no obstante, el número de esporas por 100 g suelo difirió en cada muestra de cada una de las parroquias y provincias.

Tabla 3. Resumen de número de esporas/100 g suelo de los cultivos trampa inoculados con micorrizas procedentes de las tres zonas de estudio.

| Zona de estudio | Muestra | Parroquia  | Número de esporas | Número de esporas totales |
|-----------------|---------|------------|-------------------|---------------------------|
| Loja            | 1       | Saraguro   | 83                | 220                       |
|                 | 2       | San Lucas  | 33                |                           |
|                 | 3       | Urdaneta   | 13                |                           |
|                 | 4       | Urdaneta   | 33                |                           |
|                 | 5       | Urdaneta   | 57                |                           |
| Azuay           | 1       | Tomebamba  | 13                | 143                       |
|                 | 2       | Tomebamba  | 10                |                           |
|                 | 3       | Dug Dug    | 57                |                           |
|                 | 4       | Tomebamba  | 47                |                           |
|                 | 5       | Chumblín   | 17                |                           |
| Cañar           | 1       | Chorocopte | 10                | 593                       |
|                 | 2       | Chorocopte | 70                |                           |
|                 | 3       | Zhud       | 333               |                           |
|                 | 4       | Ingapirca  | 67                |                           |
|                 | 5       | Pindilig   | 113               |                           |

## 5.2. Colonización

Al observar bajo el microscopio las raicillas teñidas se constató la presencia de estructuras que forman los hongos micorrízicos (ver Figura 10).

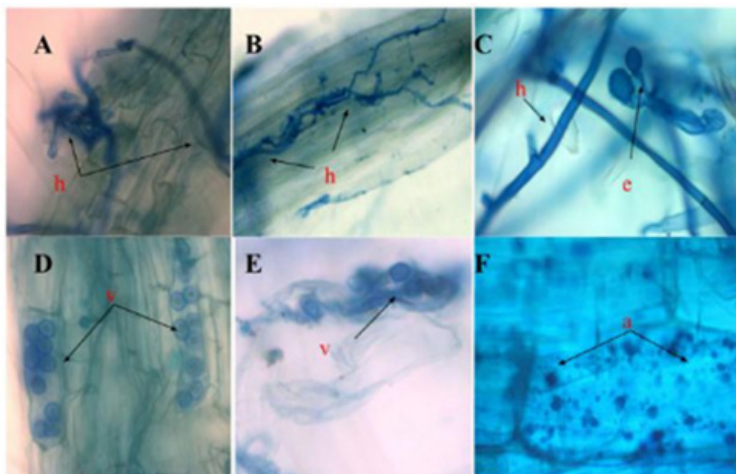


Figura 9. Observación de estructuras microscópicas de HMA en raíces de papa bajo lente de 10x y 40x. A) y B) hifa intracelular, C) hifa extracelular, D y E) esporas. E). F) arbúsculos.

## 5.3. Obtención del biofertilizante de HMA

Una vez realizado el establecimiento y multiplicación de HMA en plantas de papa como cultivo trampa, se realizó la multiplicación masiva de HMA para elaborar biofertilizante para el cultivo de papa nativa (Figura 10).

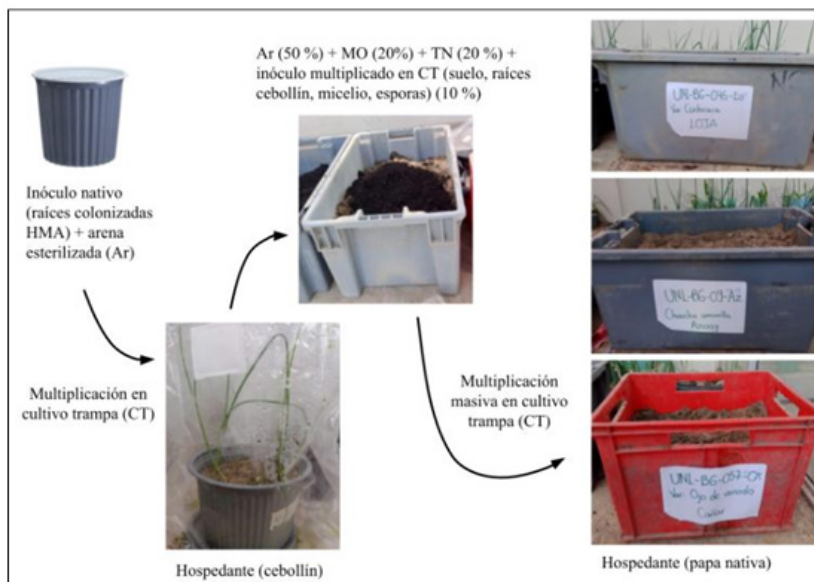


Figura 10. Esquema de la obtención del biofertilizante de HMA mediante la implantación de cultivos trampa.

## 5.4. Aplicación del biofertilizante-HMA

**Dosificación sencilla:** 5–10 g de mezcla por plántula, en contacto con raíces (almácigos) o 20–50 g en hoyo de plantación (campo). Mantener bajo P en las primeras semanas tras el trasplante. Guíese por el número de propágulos (raíz colonizada + esporas + micelio) más que por masa.

## **5.5. Resultados preliminares del biofertilizante-HMA en cultivares de papa nativa**

La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) ha sido ampliamente estudiada en el cultivo de papa debido a su capacidad para mejorar la absorción de fósforo y otros nutrientes poco móviles en el suelo, ya que incrementan la eficiencia en el uso del agua y favorecen el desarrollo radicular, especialmente en sistemas de producción con fertilización orgánica o niveles moderados de fertilidad. Diversos estudios han demostrado que la asociación micorrízica puede traducirse en incrementos moderados del crecimiento vegetativo y rendimiento, así como en una mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico, aunque la magnitud de la respuesta depende del cultivar, la disponibilidad inicial de nutrientes y las condiciones edáficas del sitio.

En papa, se ha reportado que la aplicación de HMA puede mejorar el rendimiento comercial y la sanidad de los tubérculos al incrementar el vigor de la planta y la modificación de la rizosfera (Chifetete & Dames, 2020). En este contexto, los resultados presentados a continuación corresponden a evaluaciones preliminares del biofertilizante-HMA en cultivares de papa nativa bajo condiciones de campo, con el objetivo de analizar su efecto sobre variables productivas y sanitarias en dos localidades del cantón Loja en la región sur del Ecuador.

A continuación, se reportan datos promedios de productividad e incidencia de *Rhizoctonia solani* en 5 cultivares de papa nativa (uva, chaucha tomate, yema de huevo, bolona y carrizo) en dos

sitios de experimentación: Quinta Experimental La Argelia y parroquia Chuquiribamba, pertenecientes al cantón Loja. Los experimentos fueron llevados a cabo durante el año 2025. Los ensayos se realizaron por triplicado, siendo una réplica un surco compuesto por 20 plantas de papa. Se evaluó el rendimiento promedio y la incidencia de *Rhizoctonia solani*. Los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 4, en donde se comparó el efecto de la inoculación de micorrizas (Figura 11) con la fertilización convencional. Con los datos obtenidos se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta. Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (HSD) con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ , con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

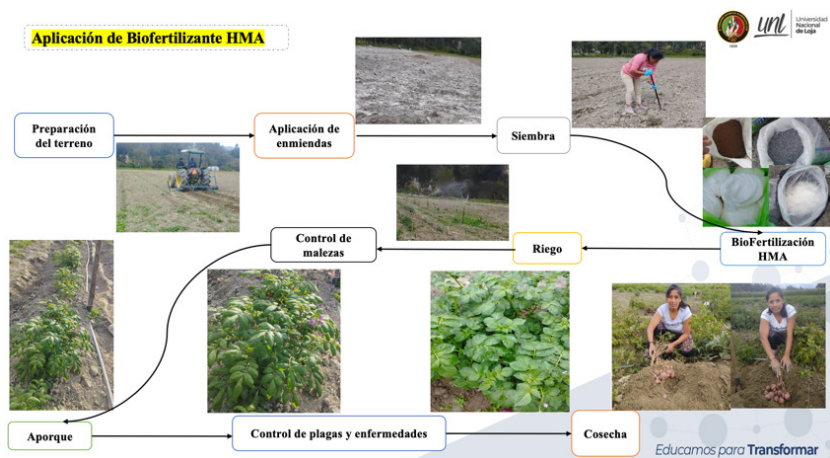


Figura 11. Aplicación de biofertilizante-HMA en cultivares de papa nativa.

Tabla 4. Tratamientos evaluados del biofertilizante-HMA

| Código     | Tratamiento         | Inoculación micorrízica | Fertilización orgánica | Fertilización mineral (NPK) | Descripción                                             |
|------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|
| ABS        | Control absoluto    | No                      | No                     | No                          | Sin inoculación ni fertilización                        |
| C-PM2.5    | Control + PM 2,5    | No                      | 2,5 t ha <sup>-1</sup> | No                          | Control con abono orgánico bajo                         |
| C-PM5      | Control + PM 5      | No                      | 5 t ha <sup>-1</sup>   | No                          | Control con abono orgánico alto                         |
| AMFn-PM2.5 | AMF nativa + PM 2,5 | Sí (AMF nativa)         | 2,5 t ha <sup>-1</sup> | No                          | Inoculación micorrízica con fertilización orgánica baja |
| AMFn-PM5   | AMF nativa + PM 5   | Sí (AMF nativa)         | 5 t ha <sup>-1</sup>   | No                          | Inoculación micorrízica con fertilización orgánica alta |
| NPK-PM2.5  | NPK + PM 2,5        | No                      | 2,5 t ha <sup>-1</sup> | Sí                          | Fertilización mineral + orgánica baja                   |
| NPK-PM5    | NPK + PM 5          | No                      | 5 t ha <sup>-1</sup>   | Sí                          | Fertilización mineral + orgánica alta                   |

Los resultados obtenidos en ambos sitios evidencian que la aplicación del biofertilizante basado HMA generó una respuesta positiva en el cultivo de papa, particularmente cuando se combinó con fertilización orgánica. Los tratamientos con HMA nativas mostraron rendimientos superiores al control absoluto y a los tratamientos con abono orgánico sin inoculación, lo que sugiere una mejora en la eficiencia de absorción de nutrientes y en el aprovechamiento del fósforo presente en formas poco disponibles en el suelo (Figura 12). Este comportamiento es consistente con el rol funcional de las micorrizas, cuyo micelio externo

incrementa el volumen de suelo explorado por la raíz y favorece la adquisición de nutrientes limitantes, especialmente en sistemas de fertilización moderada.

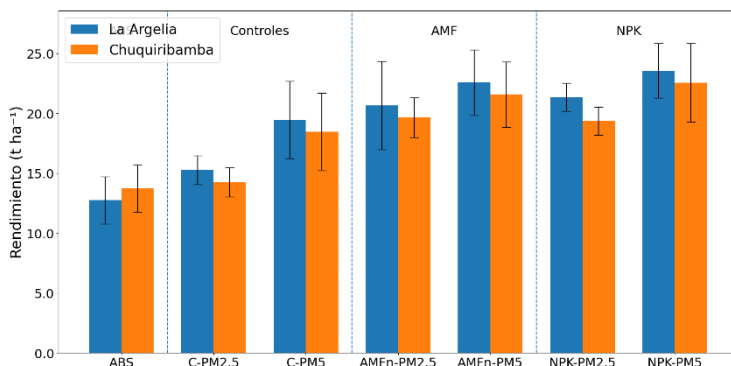


Figura 12. Efecto de la aplicación de HMA sobre el rendimiento del cultivo de papa en dos localidades (La Argelia y Chuquiribamba). Las barras representan el rendimiento promedio ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de 5 cultivares nativos y las líneas verticales el error estándar ( $\pm \text{S.E.}$ ).

Aunque los tratamientos con fertilización mineral (NPK) alcanzaron los mayores rendimientos absolutos, los tratamientos micorizados presentaron valores cercanos, indicando que la inoculación puede constituir una alternativa biológica para mejorar la productividad bajo esquemas de manejo con menor dependencia de insumos minerales. Además, la consistencia del comportamiento observado en La Argelia y Chuquiribamba sugiere que el efecto de las micorrizas no es puntual, sino reproducible bajo distintas condiciones edafoclimáticas. En conjunto, estos resultados preliminares respaldan el potencial del uso de HMA como componente de estrategias de manejo sostenible en cultivares de papa nativa, contribuyendo a mejorar

la eficiencia nutricional del cultivo y a fortalecer los sistemas productivos de base agroecológica.

En cuanto a la incidencia de *Rhizoctonia solani*, los resultados mostraron que en ambos sitios el control absoluto (ABS) presentó valores intermedios de incidencia, mientras que la aplicación exclusiva de abono orgánico (C-PM2.5 y C-PM5) tiende a incrementar la incidencia respecto al tratamiento AMF-PM2.5.

Los tratamientos con inoculación de HMA muestran una reducción consistente de la incidencia cuando se aplican en combinación con 2,5 t ha<sup>-1</sup> de abono orgánico (AMFn-PM2.5), alcanzando valores inferiores a los controles con fertilización orgánica sin inoculación. Este comportamiento sugiere un efecto protector asociado a la micorrización, posiblemente vinculado con una mejora en el vigor radicular, mayor eficiencia nutricional y una modulación de la rizosfera que limita el establecimiento del patógeno. Sin embargo, cuando la micorrización se combina con mayores niveles de fertilización (AMFn-PM5), la incidencia tiende a incrementarse (Figura 13).

Por otro lado, los tratamientos con NPK presentan comportamientos variables entre sitios. En La Argelia, NPK-PM5 registra la mayor incidencia del ensayo, mientras que en Chuquiribamba la respuesta es menos marcada. En conjunto, los resultados sugieren que la inoculación con micorrizas, especialmente bajo fertilización orgánica moderada, puede contribuir a reducir la incidencia de *R. solani*, constituyendo una herramienta potencial dentro de estrategias de manejo integrado del cultivo de papa.

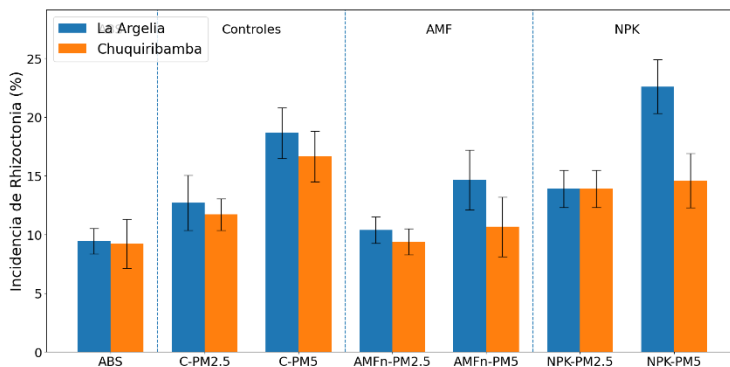


Figura 13. Efecto de la aplicación de HMA sobre la incidencia de *R. solani* en el cultivo de la papa en dos localidades (La Argelia y Chuquiribamba). Las barras representan la incidencia media (%) de 5 cultivares nativos y las líneas verticales el error estándar ( $\pm$  S.E.).

## Referencias bibliográficas

- Arévalo, Y., Avila-Salem, M. E., Loján, P., Urgiles-Gómez, N., Pucha-Cofrep, D., Aguirre, N., y Benavidez-Silva, C. (2025). Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Ecological Restoration of Tropical Forests: A Bibliometric Review. *Forests*, 16(8), 1266. <https://doi.org/10.3390/f16081266>
- Brundrett, M., y Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), 1108-1115. <https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- Begum, N., Ahanger, M. A., Khan, M. I., Ahmed, N., Raza, S., Qin, C., . . . Zhang, L. (18 de Septiembre de 2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *frontiers*, 10 (1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>
- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, (129). <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Choi, J., Summers, W., y Paszkowski, U. (2018). Mechanisms Underlying Establishment of Arbuscular Mycorrhizal Symbioses. *Annual Review of Phytopathology*, 56(1), 135-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035521>
- Chifetete, V. W., & Dames, J. F. (20 de Diciembre de 2020). Mycorrhizal Interventions for Sustainable Potato Production in Africa. *frontiers*, 4(1), 1-17. doi:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.593053>

- Galarza Puga, J. M. (2003). Producción de inoculante de micorriza vesículo-arbuscular empleando sustratos alternativos (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/10355e8b-b505-41c5-8c45-1dc09ffa55c1>
- Morales, M. (2019). Manual: Cómo producir inóculos y protocolos para inocular semillas y producir planta micorrizada. <http://www.micorrizas.elcolletero.org/assets/impresion--libreto-micorriza-final.pdf>
- Naranjo-Morán, J., Olivo-Fernández, K., & Oviedo-Archundia, R. (2025). Elección de planta trampa y sustrato para la producción de inóculo micorrízico. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 42(2), 45–58. <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/5129>
- Kilpeläinen, J., Barbero-López, A., Adamczyk, B., Aphalo, P. J., y Lehto, T. (2019). Morphological and ecophysiological root and leaf traits in ectomycorrhizal, arbuscular-mycorrhizal and non-mycorrhizal *Alnus incana* seedlings. *Plant and Soil*, 436(1), 283-297. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-03922-w>
- Murrell, E. G., Ray, S., Lemmon, M. E., Luthe, D. S., y Kaye, J. P. (2020). Cover crop species affect mycorrhizae-mediated nutrient uptake and pest resistance in maize. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 35(5), 467-474. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000061>
- Ori, F., Leonardi, M., Faccio, A., Sillo, F., Iotti, M., Pacioni, G., y Balestrini, R. (2020). Synthesis and ultrastructural observation of arbutoid mycorrhizae of black truffles (*Tuber melanosporum* and *T. aestivum*). *Mycorrhiza*, 30(6), 715-723. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00985-5>

- Selosse, M. A., & Le Tacon, F. (1998). The land flora: a phototroph-fungus partnership?. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(1), 15-20.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press. pp. 11-145.
- Trivedi, P., Leach, J. E., Tringe, S. G., Sa, T., & Singh, B. K. (12 de Agosto de 2020). Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. *Nature Reviews Microbiology*, 18 (11), 1-15. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/343617162\\_Plant-microbiome\\_interactions\\_from\\_community\\_assembly\\_to\\_plant\\_health](https://www.researchgate.net/publication/343617162_Plant-microbiome_interactions_from_community_assembly_to_plant_health)
- Vohník, M. (2020). Ericoid mycorrhizal symbiosis: Theoretical background and methods for its comprehensive investigation—PMC. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00989-1>
- Wang, Q., Liu, M., Wang, Z., Li, J., Liu, K., y Huang, D. (2024). The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis



Universidad  
Nacional  
de Loja



**UTPL**  
La Universidad Católica de Loja



EL MUNDO  
**ECUADOR**  
Ministerio de Educación

**FASA**

## Aplicación de micorrizas y sus beneficios en cultivares de papa nativa

Este manual presenta una guía técnica y práctica sobre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y su importancia en los cultivares de papa nativa de la Sierra Sur del Ecuador. El contenido se desarrolla en el marco de la agricultura circular y sostenible, con énfasis en la soberanía alimentaria y en la conservación de un patrimonio cultural, social, económico y biológico de gran relevancia para la región. Con base en fundamentos teóricos, evidencia científica y experiencias de estudio, se expone el papel de los HMA en la mejora de la absorción de agua y nutrientes, el crecimiento vegetal, la tolerancia al estrés biótico y abiótico, así como en la conservación de la biodiversidad edáfica. Asimismo, se presentan metodologías para la identificación, producción y aplicación de inoculantes micorrízicos, junto con recomendaciones prácticas para su manejo en campo. El manual está dirigido a productores, técnicos, estudiantes e investigadores, y tiene como propósito difundir el potencial de los HMA en el cultivo de papa nativa, promoviendo sistemas de producción más eficientes, sostenibles y resilientes frente al cambio climático, así como la conservación de la agrobiodiversidad y el uso responsable de los recursos fitogenéticos de la Sierra Sur del Ecuador.



9 789942 671479 >