
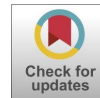


## Indicadores de colonización de hongos micorrícicos arbusculares en “papa” (*Solanum tuberosum* L.)

## Indicators of colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in "potato" (*Solanum tuberosum* L.)

Méndez-Gálvez Silvia\* , Roberta Esquivel-Quispe , Walter Wilfredo Ochoa-Yupanqui 



### Datos del Artículo

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Portal Independencia No. 57  
Huamanga-Ayacucho-Perú  
Tel: (066)312510 – (066)312230

**\*Dirección de contacto:**

**Silvia Méndez-Gálvez**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Portal Independencia No. 57  
Huamanga-Ayacucho-Perú  
Tel: (066)312510 – (066)312230  
Móvil: 966993946

E-mail: [silvimega@hotmail.com](mailto:silvimega@hotmail.com)  
[silviameendezgalvez@gmail.com](mailto:silviameendezgalvez@gmail.com)

### Palabras clave:

Hongos micorrícicos arbusculares,  
*Solanum tuberosum*,  
colonización.

*J. Selva Andina Biosph.*  
2021; 9(1):53-63.

ID del artículo: 097/JSAB/2020

### Historial del artículo.

Recibido septiembre, 2020.  
Devuelto diciembre, 2020.  
Aceptado enero, 2021.  
Disponible en línea, mayo 2021.

*Editado por:*  
*Selva Andina*  
*Research Society*

### Keywords:

Arbuscular mycorrhizal fungi,  
*Solanum tuberosum*,  
colonization.

### Resumen

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo, tienen interacción simbiótica con la mayoría de las plantas, mejoran el suministro de nutrientes, crecimiento y producción de las plantas hospederas, de ahí su importancia como biofertilizante en la agricultura, el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad e infectividad de especies de hongos micorrícicos arbusculares en *Solanum tuberosum* L. “papa” variedad única. El experimento se realizó en condiciones de invernadero, con cinco tratamientos: testigo, *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens*, *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglosum etunicatum*. Se inocularon 75 esporas por maceta (por especie y tratamiento), evaluando los siguientes indicadores: longitud (cm), número de hojas, peso fresco y seco de la parte aérea (g), longitud de la raíz (cm), peso fresco y seco de la raíz (g), número de tubérculos y estolones, vigor de la planta, número de esporas y porcentaje de infección, *G. fasciculatum*, *E. infrequens* y *F. geosporum* tuvieron mayor efectividad y *C. etunicatum*, *G. fasciculatum* y *F. geosporum* mostraron mayor infectividad.

2021. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

### Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are soil organisms, they have symbiotic interaction with most plants, they improve the supply of nutrients, growth, and production of host plants, hence their importance as a biofertilizer in agriculture, the objective of this work was to evaluate the effectiveness and infectivity of species of arbuscular mycorrhizal fungi in *Solanum tuberosum* L. "papa" unique variety. The experiment was carried out under greenhouse conditions, with five treatments: control, *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens*, *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglosum etunicatum*. 75 spores were inoculated per pot (by species and treatment), evaluating the following indicators: length (cm), number of leaves, fresh and dry weight of the aerial part (g), root length (cm), fresh weight, and root dryness (g), number of tubers and stolons, plant vigor, number of spores and percentage of infection, *G. fasciculatum*, *E. infrequens* and *F. geosporum* were more effective and *C. etunicatum*, *G. fasciculatum* and *F. geosporum* showed higher infectivity.

2021. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. All rights reserved.

## Introducción

Los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en el contexto agrícola, contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas terrestres, mediante la recuperación de suelos degradados<sup>1</sup>. El estudio de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) ha tomado mucha importancia, para entender la relación simbiótica que se produce entre estos hongos y el sistema radicular de las plantas<sup>2</sup>.

Los HMA, son constituyentes esenciales de la microbiota natural del suelo en ecosistemas naturales, probablemente colonizando más tejidos vegetales que cualquier otro tipo de organismos, juegan un rol importante en la fertilidad de los suelos, debido a que estos organismos funcionan asociados a sus raíces<sup>3,4</sup>, con un efecto benéfico en el mejoramiento de su nutrición, aprovechamiento de agua, crecimiento y adaptación ante diversas condiciones de estrés provocado por factores bióticos como abióticos<sup>5</sup>.

La colonización por HMA no ocasiona daño, las hifas se desarrollan externamente, se ramifican distribuyéndose en el suelo, facilitando su absorción tanto de nutrientes como de agua<sup>6</sup>.

La efectividad de una especie de HMA se manifiesta por su capacidad para colonizar a su huésped, influir positivamente en su crecimiento, desarrollo, contenido de nutrientes, rendimiento, favoreciendo la multiplicación de los propágulos de dicha especie en el suelo, a medida que una especie tenga mayor magnitud en estos tres aspectos, mayor será su efectividad<sup>7</sup>.

La infectividad se refiere a la capacidad del hongo para penetrar e invadir la raíz intensamente y explorar el suelo, así como su habilidad de persistir en el sistema productivo<sup>8</sup>. Está influenciado por diversos parámetros, como la germinación de esporas, el crecimiento de micelios pre-simbióticos, la formación de apesorios y el crecimiento intrarradical<sup>9</sup>.

Actualmente se emplean en biofertilizantes producidos a partir de HMA para mejorar la producción

agraria, son especialmente importantes las especies nativas ya que presentan mayores posibilidades de efectividad en campo, por estar adaptados a condiciones del suelo de cada región<sup>10</sup>.

Actualmente, en Ayacucho no existen investigaciones realizadas a nivel de efectividad e infectividad con HMA, por tal razón nuestro objetivo fue: evaluar la efectividad e infectividad de estas especies en “papa” (*Solanum tuberosum* L.), inoculándose cuatro especies de HMA: *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens*, *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglomus etunicatum*<sup>11,12</sup>.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó de marzo a octubre de 2016 en el laboratorio e invernadero de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado entre las coordenadas geográficas 13° 08' 50.92" latitud sur y 74° 13' 09.84" longitud oeste, a una altitud de 2750 m.s.n.m. con una temperatura máxima promedio de 18 °C, temperatura mínima promedio de 10 °C, humedad relativa de 70 a 90 %, pH entre 6.5-7.5. El suelo para la extracción de esporas fue de campos de cultivo del distrito de Vinchos, la extracción y aislamiento de esporas se realizó según la metodología de Gendemann & Nicolson<sup>13</sup> y Daniels & Skipper<sup>14</sup>, empleado también por otros investigadores<sup>15</sup>.

La unidad experimental (UE) estuvo constituida por una maceta con sustrato estéril, planta hospedera y esporas de HMA, el sustrato extraído fue suelo sin cultivar (tierra virgen), colectado de áreas no cultivadas de la ciudad universitaria de “Pampa del Arco”, suelo de textura franco arcillo arenoso (Fr-Ar-Ao), pH de 7.82 (ligeramente alcalino), salinidad de 0.560

dS/m (muy ligeramente salino), el porcentaje de materia orgánica 1.15 % (bajo) y un porcentaje de nitrógeno total 0.05 %. El suelo se tamizó y se colocaron en bolsas plásticas en una cantidad de 1.5 kg para su esterilización en autoclave automática durante tres días consecutivos, con una duración de 60 min a una temperatura de 100 °C (1 h/día)<sup>16-18</sup>.

La evaluación de la efectividad e infectividad tuvo un diseño experimental completamente al azar, con cuatro especies de HMA y el testigo, con un diseño conformado por cinco tratamientos, de cuatro repeticiones cada uno, con un total de 20 UE y ordenadas de la siguiente manera: 4 macetas sin inocular (testigo) y 16 macetas inoculadas con esporas de HMA, cada tratamiento con una especie diferente. (*G. fasciculatum*, *E. infrequens*, *F. geosporum*, *C. etunicatum*)<sup>9,10</sup>. La codificación empleada para los tratamientos fue: T (Testigo), Fg (*Funneliformis geosporum*), Ce (*C. etunicatum*), Gf (*G. fasciculatum*), Ei (*E. infrequens*).

Transcurridos 110 días, en cada UE se evaluó: longitud de la planta (LP), número de hojas (NH), peso

fresco aéreo (PFA), peso seco aéreo (PSA) de la planta, peso fresco de raíz (PFR), peso seco de la raíz (PSR), longitud de raíz (LR). La determinación del número de esporas/g de substrato y el porcentaje de colonización, calculándose con la siguiente fórmula<sup>16</sup>.

$$\text{Numero de esporas en 10 g de suelo seco} = \frac{\text{(número de esporas contadas)} \times 100}{\frac{\text{(g de suelo seco)}}{10 \text{ g de suelo humedo}}}$$

Para determinar el porcentaje de colonización, se empleó la metodología<sup>18-20</sup>, y de Giovanetti & Mosse<sup>21</sup>, se calculó con la siguiente ecuación:<sup>15,16,20</sup>.

$$\% \text{ colonización total} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de segmentos colonizados}}{\text{N}^{\circ} \text{ de segmentos totales}} \times 100$$

Los datos obtenidos fueron analizados con el análisis de varianza (ANOVA)<sup>16,19</sup>, utilizando el programa de Infostat al 95 % de confianza, así como la prueba de comparación de promedios DUNCAN al 5 %, para determinar la efectividad e infectividad en los diferentes tratamientos.

## Resultados

**Tabla 1 Evaluación de las características generales de *S. tuberosum* L. “papa” inoculados con cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares**

Tratamiento	LP (cm)	NH	PFA (g)	PSA (g)	LR (cm)	PFR (g)	PSR (g)	PTE	VP
T	8.25	13	15.5	2.2	26	5.75	3.06	0.97	2.25
Gf	8.25	22.75	16.75	2.59	26.25	8.75	4.8	0.44	2.00
Ei	7.25	28.75	19.5	2.86	25.75	12.75	7.43	0.65	2.25
Fg	6.25	16.75	21.5	2.53	17	8.75	3.08	0.17	1.50
Ce	8.25	22	17.5	2.45	20.5	11.25	4.37	1.16	2.25

T: Testigo, Gf: *Glomus fasciculatum*, Ei: *Entrophospora infrequens*, Fg: *Funneliformis geosporum*, Ce: *Claroideoglomus etunicatum*. LP longitud de la planta, NH número de hojas, PFA peso fresco aéreo, PSA peso seco parte aérea, LR longitud de raíz, PFR peso fresco de raíz, PSR peso seco de raíz, PTE peso de tubérculos y estolones, VP vigor de la planta.

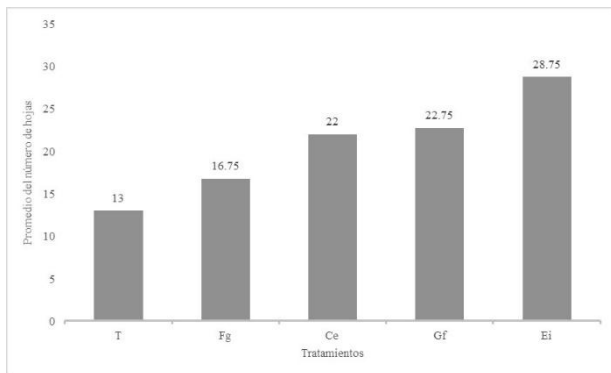
## Discusión

Las plantas micorrizadas necesitan mayor cantidad de fotosintatos para satisfacer su demanda y la del micosimbionte de tal forma que permita sin afectaciones el crecimiento y desarrollo estable de ambos organismos<sup>22</sup>. En la figura 1, se muestra que el trata-

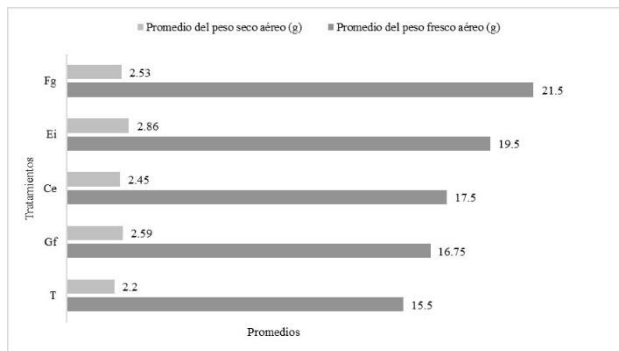
miento inoculado con *E. infrequens* tiene mayor cantidad en NH en comparación con los demás tratamientos (tabla 1 y figura 6), manifestando su efecto positivo al obtener un diámetro de copa mayor y más hojas en plantas micorrizadas<sup>23,24</sup>. También aumenta la cantidad de minerales, como el fósforo en el aumento de biomasa aérea<sup>25</sup>, incrementando su bio-

masa radical en plantas micorrizadas<sup>26</sup>, también señalan menos fotosintatos al crecimiento radical al adquirir los nutrientes principalmente a través del micelio extra radical de hongos formadores de micorizas arbusculares (HFMA) asociados con sus raíces<sup>27,28</sup>.

**Figura 1 Efectividad de cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares sobre el número de hojas en *S. tuberosum* L. “papa”**



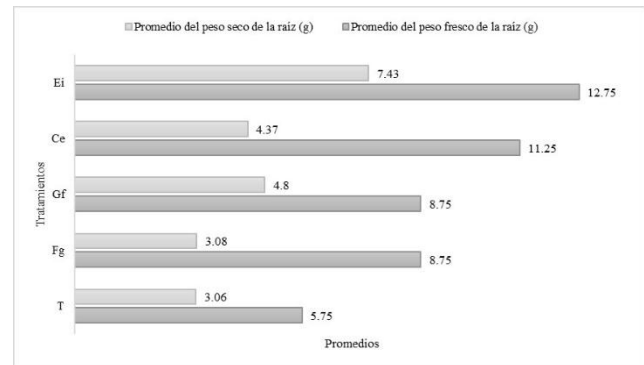
**Figura 2 Efectividad de cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares sobre el peso fresco aéreo y peso seco aéreo en *S. tuberosum* L. “papa”**



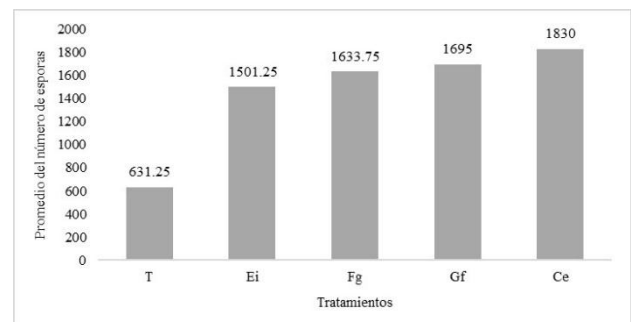
Respecto a la efectividad, sobre el PFA y PSA, figura 2 se observa que el tratamiento inoculado con *F. geosporum*, es mayor. El PFA aumentó por la formación de esporas, en comparación al tratamiento sin inocular, estas diferencias son el resultado de que cuanto mayor es la micorrización en las plantas, el desarrollo es mejor, Las plantas experimentan un

considerable aumento en su biomasa debido principalmente al mejoramiento de su nutrición mineral inducido por el hongo<sup>29</sup>.

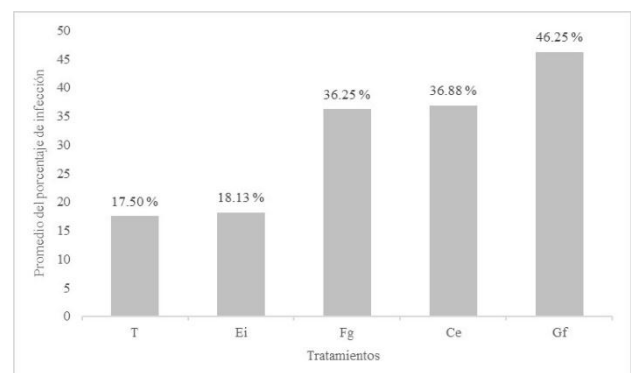
**Figura 3 Efectividad de cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares sobre el peso fresco de raíz y peso seco de raíz en *S. tuberosum* L. “papa”**



**Figura 4 Número de esporas de cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares en *S. tuberosum* L. “papa”**



**Figura 5 Porcentaje de infectividad de cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares en *S. tuberosum* L. “papa”**



**Figura 6 Comparación de los tratamientos inoculados con diferentes especies de HMA frente al testigo**



Los HFMA incrementan su supervivencia y producción de biomasa de plantas hospedadoras y mejoran la absorción de nutrientes<sup>28</sup>, asimismo, incrementan la formación de microbiota del suelo y un rápido restablecimiento del equilibrio biológico natural, permitiendo su mayor, y rápido crecimiento, una rápida generación de una cubierta vegetal, formación de una mayor masa de raíces, un mejor enraizamiento en el sustrato, asimilación de sustancias nutritivas que de otra forma no estarían disponibles para las plantas<sup>29</sup>. El PSA es mayor con *E. infrequens*, la relación PSA de la parte aérea normalmente es más alta en plantas colonizadas por micorrizas, la respuesta de la planta puede variar en función del grado de dependencia entre los endófitos y la planta hospedante, así como al grado de colonización. Así mismo, la actividad fúngica representa un costo para la planta, la cual aporta fuentes energéticas carbonadas para el metabolismo del hongo, de aquí la generación de un sistema de beneficio mutuo<sup>8</sup>. Es importante considerar que los HMA, son microorganismos que representan hasta un 50 % de la biomasa de los microorganismos del suelo, forman simbiosis de mayor relevancia con más del 90 %<sup>30</sup>.

La simbiosis raíz-hongo micorrícico estimula el incremento en la densidad de longitud radicular, debido

posiblemente a la ventaja que las raíces micorrizadas poseen para explorar mayor volumen de suelo y compensar sus necesidades nutricionales captando especialmente aquellos nutrientes de poca movilidad como el fósforo<sup>31</sup>.

En la figura 3, se observa la efectividad de cuatro especies de HMA sobre el PFR y PSR en *S. tuberosum* L. “papa”. En el que se observa que los tratamientos inoculados con *E. infrequens* y *C. etunicatum* tienen mayor PFR (tabla 1), parece existir una relación positiva entre la presencia de HMA y el incremento en la densidad de su sistema radicular. Las micorrizas incrementan la formación de microflora del suelo, un rápido restablecimiento del equilibrio biológico natural, permitiendo un mayor y más rápido crecimiento de las plantas, una rápida generación de una cubierta vegetal, formación de una mayor masa de raíces, un mejor enraizamiento en el sustrato, asimilación de sustancias nutritivas que de otra forma no estarían disponibles<sup>29</sup>.

La tabla 1, presenta el promedio de las características generales de *S. tuberosum* L. “papa” inoculados con cuatro especies de hongos micorrícicos, resultados prometedores en la simbiosis de la raíz-hongo, debido a que se incrementó la densidad del sistema radicular, ya que las raíces micorrizadas exploran más el suelo, recibieron los beneficios de la simbiosis de los HMA, generalmente este aumento está asociado a un incremento en el área de exploración del sistema radical, por tanto mayor disponibilidad de nutrimentos<sup>32,33</sup>. Los HMA tienen un efecto muy positivo en la producción de biomasa.

El efecto más importante que producen las micorrizas en los hospederos es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo. La principal causa de este efecto es la expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico, que permite la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces<sup>34</sup>.

El número de esporas tiene diferencias importantes de acuerdo con el lugar que se tomen las muestras. Diversos autores han reportado variaciones en la cuantificación del número de esporas<sup>33-37</sup>. En la figura 4, se observa en el tratamiento inoculado con *C. etunicatum* (1830 esporas/10 g de suelo), estadísticamente similares a los tratamientos inoculados con *G. fasciculatum* y *F. geosporum*. Las diferencias en el número de esporas de HMA del suelo también pueden estar relacionadas con diferentes estrategias de supervivencia de las especies de HMA al habitar en un ecosistema determinado, es decir, el ciclo de vida de los HMA presenta una alta adaptación al ambiente que los rodea, sobre todo durante la etapa de formación de esporas, además su habilidad competitiva puede ser afectada por diversos factores<sup>38</sup> en dependencia de la especie fúngica inoculada. De manera general se conoce que las variaciones en el número de esporas de HMA pueden estar asociadas a patrones estacionales de esporulación, que puede variar de acuerdo con la especie de HMA o de la planta hospedera<sup>39</sup>.

El número de esporas de HMA del suelo, no necesariamente se refleja en la capacidad de colonización de estos hongos<sup>32,38</sup>, por ello es importante hacer observaciones en períodos anuales, dado que la asociación micorrícica puede variar a través del tiempo y del espacio. La figura 5, se muestra el porcentaje de infectividad de cuatro especies de HMA en *S. tuberosum* L. “papa”. en condiciones de invernadero. *G. fasciculatum* presenta un mayor porcentaje de infección o colonización, considerándose más eficientes<sup>22</sup>, su alta infectividad ocurre en etapa temprana y se distribuye extensivamente dentro de la raíz produciendo infección densa por punto de entrada<sup>36</sup>.

El grado de colonización micorrícica puede depender de diversos factores tales como la humedad, temperatura, el pH del suelo, luminosidad, nivel de oxígeno en la rizósfera<sup>39</sup>, especie de HMA y la planta hospedera, aunado a los ciclos biológicos de los HMA se

sincronizan con los ciclos fenológicos y características particulares de la especie de planta a la que se asocia aumentando la diversidad de las interacciones HMA-planta<sup>40</sup>.

Se destaca que los tratamientos micorrizados fueron estadísticamente similares entre sí y superiores a las no micorrizadas<sup>28</sup>, y en el caso de los parámetros de crecimiento la respuesta fue diferente en cada especie evaluada<sup>4,41</sup>, los consorcios de HMA manifiestan su efectividad según su procedencia.

Diversos autores afirman que es necesario evaluar el efecto de algunas cepas y de los consorcios nativos aislados en estas zonas de producción, por su capacidad de adaptación y eficiencia de éstos, además de reducir la dependencia económica a los biofertilizantes comerciales<sup>15,42</sup>.

Concluimos que las especies con mayor efectividad fueron *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens* y *Funneliformis geosporum*, las más infectivas *Claroideoglomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* y *Funneliformis geosporum*. En tal sentido, sería conveniente emplear como biofertilizantes a *G. fasciculatum*, *E. infrequens*, *F. geosporum* y *C. etunicatum*, realizando inoculaciones para mejorar la calidad de suelo, productividad de las plantas, absorción de nutrientes.

## Fuente de financiamiento

La investigación fue desarrollada con autofinanciamiento.

## Conflictos de intereses

La investigación corresponde a una tesis de titulación realizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por lo que los autores expresan la no existencia de conflictos de intereses.

## Agradecimientos

Al Proyecto FOCAM “Recuperación, conservación y aplicación de hongos micorrízicos y entomopatógenos nativos en Vinchos y Chiara. Ayacucho-2012”, por las facilidades en los materiales y equipos.

A la Doctora Laura Hernández Cuevas, del Laboratorio de Biología Molecular del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. Por su valiosa contribución en la identificación de las cepas de HMA.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias por facilitar sus instalaciones y equipos.

## Consideraciones éticas

Todos los aspectos procedimentales y experimentales fueron aprobados por la comisión evaluadora de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

## Contribución de los autores

*Silvia Méndez Gálvez*, conceptualización, idea, investigación y realización de la investigación, redacción del manuscrito. *Roberta Esquivel Quispe*, desarrollo de la metodología de la investigación, revisión, análisis estadístico. *Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui* elaboración de tablas, redacción y revisión final del manuscrito.

## Literatura Citada

1. Aguilar-Ulloa W, Arce-Acuña P, Galiano-Murillo F, Torres Cruz TJ. Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha* 2016;24(4):5-14. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v29i7.2700>
2. Tejena Vergara JP. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en la Finca Agrofuturo de la Comuna Zapotal, Cantón Santa Elena [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2012 [citado 20 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/819>
3. Barrera Berdugo SE. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Rev Bio Agro* 2009;7(1):123-32.
4. Acosta Peñaloza D. Aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación [tesis de maestría]. [Cuernavaca]: Universidad Autónoma del Estado de Morelos; 2019. citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/713>
5. López-Gómez BF, Alarcón A, Quintero-Lizaola R, Lara-Herrera A. Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción de Chile. *Rev Mex Cienc Agríc* 2015; 6(6):1203-14. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i6.567>
6. Saboya Pisco A. Evaluación del efecto bio-protector de hongos micorrízicos arbusculares nativos sobre roya (*Hemileia vastatrix*) en café (*Coffea arabica*) variedad caturra bajo condiciones de vivero en la Región San Martín [tesis licenciatura]. [Tarapoto]: Universidad Nacional de San Martín; 2018. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3272>
7. Martín GM, Arias L, Rivera R. Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *CulTrop* 2010;31(1):27-31.

8. Tapia-Goné JJ, Ferrera-Cerrato R, Varela-Fregoso L, Rodríguez-Ortiz JC, Soria-Colunga JC, Tiscareño-Iracheta M, et al. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Rev Mex Mic. 2010;31:69-74.
9. Bonilla-Loor MJ, Solórzano Zambrano LJ. Evaluación de la infectividad de comunidades de hongos micorrízicos arbusculares. Pro Sciences 2019;3(21):1-5. DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss21.2019pp1-5>
10. Armenta-Bojórquez AD, García-Gutiérrez C, Camacho-Báez JR, Apodaca-Sánchez MÁ, Gerardo-Montoya L, Nava-Pérez E. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai 2010;6(1):51-6. DOI: <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.07.aa>
11. Arbuscular mycorrhizal fungi [Internet]. International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi. 2017 [citado 5 de marzo de 2019]. Recuperado a partir de: <http://fungi.invam.wvu.edu/>
12. Błaszczowski J. Fungal taxa described [Internet]. Department of Plant Pathology of the Agricultural University of Szczecin, Poland. 2018. [citado 3 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Blaszkowski%20Janusz.html>
13. Gerdemann JW, Nicolson TH. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans Br Mycol Soc 1963; 46(2):235-44. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
14. Daniels BA, Skipper HA. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: Schenck NC, editor. Methods & Principles of Mycorrhizal Research. American Phytopathological Society: St. Paul; 1982. p. 29-35.
15. Martínez Rosales CR. Respuesta del chile ancho (*Capsicum annuum* L. var. Abedul) a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares [tesis maestría]. [Soledad de Graciano Sánchez]: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí; 2016. [citado 16 de septiembre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5857>
16. Gómez Oré LC. Efecto de concentraciones de esporas de *Glomus* sp. en *Zea mays* "maíz"; en condiciones de invernadero [tesis licenciatura]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2015. [citado 6 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2254>
17. Reyes Tena A, Quiñones Aguilar EE, Rincón Enriquez G, López Pérez L. Micorrización en *Capsicum annuum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. Rev Mex Cienc Agríc 2016;7(4):857-70. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.260>
18. Phillips JM, Hayman DS. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans Br Mycol Soc 1970;55(1):158-61. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
19. Sagadin MB, Monteoliva MI, Luna CM, Cabello MN. Diversidad e infectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de algarrobales del Parque Chaqueño argentino con características edafoclimáticas contrastantes. AgriS-cientia 2018;35(2):19-33. DOI: <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v35.n2.21001>
20. Medina Repoma VE. Biogeografía de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la región San Martín, Perú [tesis licenciatura]. [Tarapoto]: Universidad



- Nacional de San Martín; 2017 [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/855>
21. Giovanetti M, Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol* 1980;84(3):489-500. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
  22. Ley-Rivas JF, Sánchez JA, Ricardo NE, Collazo E. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agron Costarricense* 2015;39(1):47-59. DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v39i1.19544>
  23. Rodríguez-Gonzales B. Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación combinada de hongos micorrízicos arbusculares, un estimulador del crecimiento y fertilizantes minerales [tesis maestría]. [San José de las Lajas]: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 2009. [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2841/1/Respuesta%20del%20tomate%20a%20la%20aplicaci%C3%B3n%20combinada%20de%20hongos%20micorr%C3%ADzicos%20arbusculares.pdf>
  24. Lagos Molina SM. Evaluación de cuatro cepas de micorriza arbuscular en plantas de tomate en vivero, Zamorano, Honduras [tesis licenciatura]. [Zamorano]: Escuela Agrícola Panamericana; 2010. citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/605>
  25. Mrabet SE, Lahcen O, Abdelhamid EM, Msanda F, Abbas Y. The effectiveness of arbuscular mycorrhizal inoculation and bio-compost addition for enhancing reforestation with *Argania spinosa* in Morocco. *Open J For* 2014;4(1):14-23. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojf.2014.41003>
  26. Soterias F, Renison D, Becerra AG. Growth response, phosphorus content and root colonization of *Polylepis australis* Bitt. seedlings inoculated with different soil types. *New Forests* 2013; 44:577-89. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-013-9364-x>
  27. Johnson NC. Resource stoichiometry elucidates the structure and function of arbuscular mycorrhizas across scales. *New Phytol* 2010;185(3):631-47. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03110.x>
  28. Navarro Ramos SE, Renison D, Becerra AG. La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares promueve el crecimiento de plantines de *Kageneckia lanceolata* (Rosaceae). *Bol Soc Argent Bot* 2018;53(2):161-7. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n2.20537>
  29. Estremayordo Lam RG. Efecto de la aplicación de micorrizas combinadas con abonos orgánicos en la producción de tuberculillos de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. unica, bajo condiciones de invernadero [tesis licenciatura]. [Arequipa]: Universidad Católica de Santa María; 2016. [citado 12 de octubre de 2011]. Recuperado a partir de: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5163>
  30. Pérez Mondaca UA. Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*) [tesis licenciatura]. [Bogotá]: Pontificia Universidad Javeriana; 2011. [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1530>
  31. Cabrera Del Águila FT. Efecto Antagónico entre hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y nemátodos de nudos (*Meloidogyne* spp.) en plántulas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en la región de San Martín [tesis licenciatura]. [Tarapoto]:

- Universidad Nacional de San Martín; 2017. [citado 16 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2776>
32. Ortas I, Sari N, Akpınar Ç, Yetisir H. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Sci Hort* 2011;128(2):92-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.014>
33. Romero Cachique G. Efecto de especies de hongos micorrízicos arbusculares en plántulas de *Coffea arabica* L., variedad caturra en condiciones de vivero en la región San Martín [tesis licenciatura]. [Tarapoto]: Universidad Nacional de San Martín; 2018. [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3279>
34. Paillacho Cedeño FI. Evaluación de la efectividad de las micorrizas arbusculares nativas sobre el desarrollo y estado nutritivo del palmito (*Bactris gasipaes* HBK) en etapa de vivero, en Santo Domingo de los Tsáchilas [tesis licenciatura]. [Santo Domingo de los Tsáchilas]: Escuela Politécnica del Ejército; 2010. [citado 11 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2892>
35. Viera W, Campaña D, Lastra A, Vásquez W, Viteri P, Sotomayor A. Micorrizas nativas y su efecto en dos portainjertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Bioagro* 2017;29(2):105-14.
36. Salgado García S, Castelán Estrada M, Jiménez Jerónimo R, Gómez Leyva JF, Osorio Miranda M. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en suelos cultivados con caña de azúcar en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Rev Mex Mic* 2014; 40:7-16.
37. Carballar-Hernández S, Hernández-Cuevas LV, Montaña NM, Larsen J, Ferrera-Cerrato R, Taboada Gaytán OR, et al. Native communities of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Capsicum annuum* L. respond to soil properties and agronomic management under field conditions. *Agric Ecosyst Environ* 2017;245:43-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.004>
38. Camargo-Ricalde S, Esperón-Rodríguez M. Efecto de la heterogeneidad espacial y estacional del suelo sobre la abundancia de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares en el valle semi-árido de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Rev Biol Trop* 2005;53(3-4):339-52. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3-4.14594>
39. Del Águila Parillo KM. Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares a plantones de café (*Coffea arabica*), variedad caturra a nivel de vivero en la región San Martín [tesis licenciatura]. [Tarapoto]: Universidad Nacional de San Martín; 2016. [citado 12 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/826>
40. Muñoz Cervantes AA, García Sánchez R (dir). Consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares asociados a seis especies vegetales provenientes de matorral xerófilo [tesis licenciatura]. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2013. [citado 26 de septiembre de 2019]. Recuperado a partir de: [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_munoz\\_cervantes.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_munoz_cervantes.pdf)
41. Sánchez Santillán T. Efecto de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas

clonales de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra en condiciones de invernadero, Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas [tesis licenciatura]. [Chachapoyas]: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; 2017. [citado 11 de septiembre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1300>

42. Pilco Pomagualli MF, Cabezas Gonzales E (dir). Estudio de las micorrizas asociadas a *Miconia bracteolata* Bonpl. en el bosque de ceja andina sector Guangra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo [tesis licenciatura]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015. [citado 6 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3885>

---

**Nota del Editor:**

*Journal of the Selva Andina Biophere (JSAB)* se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.