



**Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares nativos y su influencia en la producción de maíz amiláceo en Paquecc –Ayacucho. Segunda parte: Hacia una agricultura sostenible**  
**Native arbuscular mycorrhizogen fungi propagation and their influence in amylose corn production, in Paquecc–Ayacucho. Second chapter: Towards sustainable agriculture**

Esquivel-Quispe Roberta\*

**Datos del Artículo**

Universidad Nacional de Huancavelica.  
Unidad de Posgrado.  
Jr. Victoria Garma N° 330 y Jr. Hipólito  
Unánime N° 209.  
Perú.

**\*Dirección de contacto:**

**Roberta Esquivel-Quispe**  
Universidad Nacional de Huancavelica.  
Unidad de Posgrado.  
Facultad de Ciencias Agrarias.  
Av. Evitamiento Este S/N - Acobamba  
Perú.  
Tel móvil: +51 966714199  
E-mail: [roberesqui@hotmail.com](mailto:roberesqui@hotmail.com)  
[roberta.esquivel@unsch.edu.pe](mailto:roberta.esquivel@unsch.edu.pe)

**Palabras clave:**

Consorcio hongos,  
micorrizógenos arbusculares,  
producción  
*Zea mays* L.

**J Selva Andina Biosph.**  
**2020; 8(1):53-63.**

**Historial del artículo.**

Recibido septiembre, 2019.  
Devuelto diciembre 2019.  
Aceptado febrero, 2020.  
Disponible en línea, mayo 2020.

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

**Resumen**

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son microorganismos que mejoran el crecimiento de plantas. Considerando la importancia de dichos hongos, el objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc, Ayacucho-Perú. Se sembró siguiendo la metodología del agricultor, modificando sólo en el abonamiento y micorrización, aplicando por golpe 29 g de guano de isla en la siembra y aporte, y 55 g de roca fosfórica en la siembra. Lo cual corresponde a un nivel de abonamiento bajo. Se empleó el diseño bloque completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando un área total de 836 m<sup>2</sup>. Con la aplicación del consorcio de HMA tratamiento T<sub>4</sub> (*C. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) se obtuvo un rendimiento de 3909.04 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco, 4779.04 kg ha<sup>-1</sup> de grano fresco, 1.7 mazorcas por planta, 176 granos por mazorca, 557.75 g de peso de 1000 semillas y 2.35 cm de diámetro del tallo, seguido de los tratamientos T<sub>3</sub> (mezcla) y T<sub>1</sub> (*F. geosporum* y *C. luteum*), los cuales tuvieron influencia positiva; mientras el tratamiento sin aplicación de HMA (T<sub>5</sub>) tuvo 1578.04 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco. Los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>, también tuvieron mayor número de esporas de HMA 31.33, 29 y 20.44 esporas/g de suelo respectivamente; frente a 16.47 y 18 esporas en los tratamientos T<sub>2</sub> y testigo (T<sub>5</sub>). Los tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares influyen con significancia en las diferentes variables e indicadores evaluados a excepción del tratamiento T<sub>2</sub> (*E. infrequens*, *C. luteum* y *G. microaggregatum*). Se recomienda micorrizar en cultivo de maíz (*Zea mays* L) con el consorcio de *C. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp.; como también con el consorcio de *F. geosporum* y *C. luteum*.

© 2020. Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. Todos los derechos reservados.

**Abstract**

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are microorganisms, which improve plant growth. Considering the importance of these fungi, the objective of this investigation was to assess the influence of the application of four AMF inoculums on the development and yield of corn (*Z. mays* L.) white "choclero" variety in the community of Paquecc Ayacucho Peru. It was sown following the farmer's methodology, modifying only in the fertilization and mycorrhization, applying per each plant 29 g of island guano in the sowing and hilling, and 55 g of phosphoric rock in the sowing. This corresponds to a low fertilization level. The randomized complete block design (DBCA) with five treatments and four repetitions was used, using a total area of 836 m<sup>2</sup>. With the application of the consortium of AMF T<sub>4</sub> treatment (*C. etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp), it obtained a yield of 3909.04 kg ha<sup>-1</sup> of dry grain, 4779.04 kg ha<sup>-1</sup> of fresh grain, 1.7 ears per plant, 176 grains per ear, 557.75 g of weight of 1000 seeds and 2.35 cm of stem diameter; this treatment was followed by treatments T<sub>3</sub> (mixture) and T<sub>1</sub> (*F. geosporum* and *C. luteum*), which had a positive influence, while the treatment without application of AMF (T<sub>5</sub>) had 1578.04 kg ha<sup>-1</sup> of dry grain. The treatments T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, and T<sub>1</sub>, also had a higher number of HMA spores with 31.33, 29, and 20.44 spores/g of soil respectively; compared to 16.47 and 18 spores in the T<sub>2</sub> and control (T<sub>5</sub>) treatments respectively. The three inoculums of the arbuscular mycorrhizal fungi consortium have a significant influence on the different variables and indicators evaluated; except for T<sub>2</sub> treatment (*E. infrequens*, *C. luteum* and *G. microaggregatum*). It is recommended to mycorrhize in corn (*Zea mays* L) crops with the consortium of *C. etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp, as well as with the consortium of *F. geosporum* and *C. luteum*.

**Keywords:**

Fungi consortium,  
arbuscular mycorrhizogens,  
*Zea mays* L.  
production.

© 2020. Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. All rights reserved.

**Introducción**

El maíz (*Z. mays* L.) originario de América, ampliamente distribuido en todas las regiones del Perú, por existir gran diversidad de grupos, razas adaptadas a todas las condiciones climáticas, siendo la sierra, zona de mayor producción<sup>1,2</sup>. En la sierra, se siembra principalmente maíz amiláceo (MA) y maíz morocho (MM). Crecen en zonas de clima templado entre 2000 a 3400 msnm. Estos cultivos son suma importancia, por el área que ocupa, ser sustento alimentario, y generador de ingresos económicos para los agricultores<sup>1,3-5</sup>. Sin embargo algunos agroecosistemas de cultivos de maíz (CM), están desequilibrados, por el empleo de tecnologías inapropiadas de altos insumos químicos y plaguicidas<sup>6</sup>. Por otro lado los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), juegan un papel importante en la agricultura, su influencia en el incremento de la productividad, resistencia a estrés hídrico, mejora de la calidad del suelo, y resistencia a enfermedades de los cultivos. Es de suma importancia la propagación y aplicación de HMA para conservar el suelo, obtener agricultura sostenible, evitar contaminación ambiental y obtener alimentos saludables para la población humana<sup>7-21</sup>.

Los HMA, desempeñan diferentes procesos microbiológicos y ecológicos, que se desarrollan en el suelo, mejorando su fertilidad e influyendo en la descomposición, reciclado de nutrientes minerales, materia orgánica, como también en la salud y nutrición de las plantas<sup>21-24</sup>. Estos hongos formadores de micorrizas se caracterizan por existir como simbioses, asociándose con las raíces de la planta<sup>7,25,26</sup>.

El laboratorio de Agrobiología cuenta con consorcios: *Claroideoglomus luteum* y *Funneliformis geosporum* (VAP1), *Gigaspora* sp., *C. etunicatum* y *Sclerocystis* sp. (Zm23), *Entrophospora infrequens*, *C. luteum* y *Glomus microaggregatum* (Zm19) y otros consorcios, así mismo en el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía (LAEPA) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), se cuenta con varios consorcios de HMA definidos que influyen positivamente en el crecimiento y rendimiento de las plantas de papa (*S. chaucha*) en condiciones de invernadero y campo, sin embargo aún no se ha determinado en maíz en condiciones de campo. Considerando los antecedentes y la importancia de los HMA en la producción agroecológica de maíz se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad cholero, en la comunidad de Paquecc, Ayacucho Perú. Corresponde a la segunda parte de la investigación realizada durante los años de 2017 y 2018.

**Materiales y métodos**

El experimento se realizó entre los meses de noviembre 2017 a abril 2018, en la comunidad de Paquecc, Provincia de Huanta, departamento de Ayacucho. Huanta se encuentra dentro de la Región Quechua, comprendida entre 2000 a 3500 msnm, clima templado, moderado y lluvioso a cálido, con

temperatura media anual 17 °C, precipitación promedio multianual de 550.0 mm, humedad relativa media anual de 55%, la vegetación es abundante y consiste en especies espinosa-montano<sup>27,28</sup>.

**Figura 1** Aporque de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc



El nombre de la chacra del presente experimento denominado Paqpa urccu está ubicado en Paquecc, a 6.1 km de Huanta, a una altitud de 2431 msnm, situado entre las coordenadas de 12° 58' 25'' latitud sur y 74° 15' 58.4'' longitud oeste. Respecto a la vegetación abunda las especies de: *Schinus molle*, *Acacia macracantha*, *Prosopis pallida*, *Opuntia ficus* y *Agave americana*.

Las evaluaciones se efectuaron en el LAEPA, UNSCH, ubicado en pampa del Arco de la ciudad universitaria, a 2750 msnm Ayacucho-Perú. El tipo de investigación fue experimental aplicada. Las variables estudiadas fueron: Variables Independientes (VI), conformado por cuatro consorcios de HMA codificados con VAP1, Zm19, ZmM y Zm23, consorcios propagados y seleccionados en la **primera parte** de esta investigación, tabla 1. La Variable Dependiente fue el cultivo de maíz (*Z. mays* L).

Para determinar la influencia de los 4 consorcios de HMA en el crecimiento y rendimiento de maíz, se sembró siguiendo la metodología del agricultor, modificando sólo en el abonamiento y micorrización. Se consideró algunos antecedentes como: se

utilizó semilla criolla de la zona, incluyendo un tratamiento con labranza de conservación con la que obtienen mejor rendimiento de maíz<sup>29</sup>. También para mayor rendimiento de MA, se siembra en asociación con trébol rastrero, abonamiento con guano de isla<sup>30,31</sup>. Como fuente en la productividad de maíz se utilizó 0.5 y 1.0 t. ha<sup>-1</sup> de compost<sup>32</sup>. Utilizando cinco tipos de compostas en el estudio de la densidad poblacional de los HMA<sup>22</sup>.

**Figura 2** Coordinando con el propietario Sr. Benigno Gutierrez Quintero, para la cosecha de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc 2018



*Técnicas de extracción de esporas de HMA a partir de la rizósfera del cultivo de maíz micorrizado y sin micorrizar.* La extracción y cuantificación de las esporas de HMA de suelo rizosférico del cultivo de maíz, se utilizó la técnica de tamizado húmedo y decantación<sup>16,33</sup>.

*Preparación de terreno y parcelas.* Esta actividad se realizó con el apoyo del propietario, empleando el tractor, luego del surcado se efectuó la demarcación de un área total de 836 m<sup>2</sup>, el terreno empleado tiene 15.4% de elevación o inclinación, su análisis tabla 2. Anteriormente en esta área se cultivó hortalizas, el entorno del terreno tiene poca vegetación, conformada de *Acacia macracantha*, *Agave americana*, *Schinus molle* y *Opuntia ficus-indica*. Seguidamente se realizó la delimitación de 20 parcelas,

cada parcela de 4 x 8 m<sup>2</sup> con 5 surcos, cada surco con 10 golpes, el distanciamiento entre surco 0.8 m y entre golpe 0.4m.

**Tabla 1 Tratamientos de la aplicación de HMA en *Z. mays* L. Paquecc**

Tratamientos	Consortios de HMA
T <sub>1</sub>	VAP1 ( <i>F. geosporum</i> + <i>C. luteum</i> ) Lab. Agrobiología
T <sub>2</sub>	Zm19 ( <i>E. infrequens</i> + <i>Claroideoglossum</i> sp+ <i>Glomus</i> sp) Paquecc
T <sub>3</sub>	ZmM (mezcla de HMA = Zm20+Zm21+Zm23)
T <sub>4</sub>	Zm23 ( <i>Gigaspora</i> sp + <i>C. etunicatum</i> + <i>Sclerocystis</i> sp.) Macachacra
T <sub>5</sub>	testigo sin micorrizar

Se empleó el Diseño Bloque Completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, siendo una población de 1900

plantas, distribuidas en 20 parcelas, cada una con 95 plantas en promedio.

**Tabla 2 Análisis de fertilidad de suelo-Paquecc**

Análisis mecánico (%)			Clase textural	pH (H <sub>2</sub> O)	C.E. (dS/m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos disp. (ppm)	
Arena	Limo	Arcilla							P	K
44.6	29.2	26.2	Fr	8.36	1.09	3.25	2.48	0.12	7.4	193.8

**Tabla 3 Composición de guano de las islas natural aplicadas en *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar Paquecc Ayacucho Perú 2018<sup>41</sup>**

N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
10-14	10 a 12	2 a 3

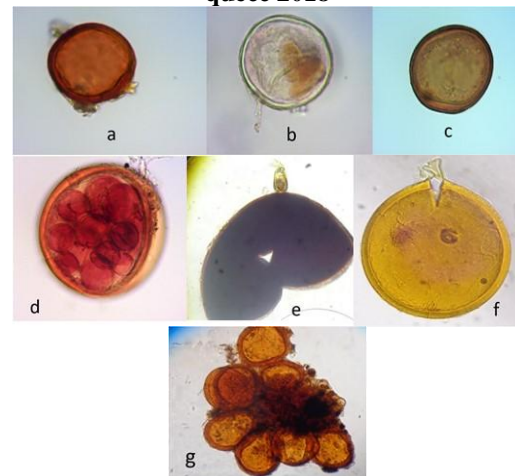
**Figura 3 Vista general de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc 2018**



Abonamiento, siembra, micorrización y aporque. Según el análisis de suelo tabla 2 el abonamiento se realizó aplicando 29 g de guano de isla a la siembra, otros 29 g se aplicó en el aporque, mientras la roca

fosfórica se aplicó 55 g por golpe sólo en la siembra. El guano de las islas natural, fue adquirido del Ministerio de Agricultura-Agro Rural Agencia Ayacucho. Cuya composición se muestra en la siguiente tabla 3.

**Figura 4 Esporas de los consorcios de HMA aplicados a siembra de *Z. mays* tratamientos micorrizados Paquecc 2018**



a.- *F. geosporum*, b.- *C. luteum* c.- *E. infrequens* d.- *G. Microaggregatum* e.- *Gigaspora* sp, f.- *C. etunicatum*, g.- *Sclerocystis* sp.

La siembra y la micorrización se realizaron colocando tres semillas (por golpe), junto al inóculo en el intermedio de los abonos evitando de los rayos solares. Al tratamiento T<sub>5</sub> no se inoculó. Posteriormente se realizó el aporque, añadiendo 29 g de guano de isla en el intermedio de cada golpe de cultivo, (figura 1 a 4). Para lo cual se consideró antecedentes, quienes siembran en hileras a 0.80 m de distancia entre surco y 0.2 a 0.4 m entre planta y planta, aplicando 3 a 4 semillas por golpe<sup>30,31,34-36</sup>.

*Evaluación del factor independiente.* La evaluación del número de esporas y cantidad de micelio de los consorcios de HMA<sup>37-39</sup>.

*Evaluación del factor dependiente.* *Z. mays* L. Se evaluaron: diámetro del tallo (DT), número de mazorca por planta (NMP), peso de grano fresco kg ha<sup>-1</sup> (PGF). Peso de grano seco kg ha<sup>-1</sup> (PGS), número de grano por mazorca (NGM) y peso de 1000 semillas (PMS). Esta evaluación se efectuó a los 145 días después de siembra (DDS), obteniendo una muestra de 10 plantas al azar de los surcos centrales de cada parcela. Los datos del DT y NMP, se obtuvo en la misma chacra Paqpa Urccu; Mientras para la evaluación del resto de los parámetros se realizaron en laboratorio.

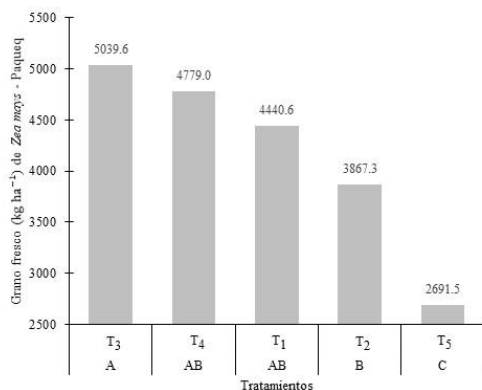
### Resultados

**Tabla 4 Medias por Tukey de los diferentes indicadores de evaluación en *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar Paquecc**

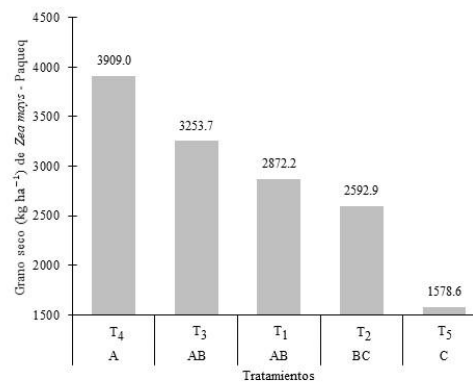
Indicadores	Medias por Tukey Tratamientos									
	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>4</sub>		T <sub>5</sub>	
DT (cm)	2.34	ab	2.17	b	2.38	a	2.35	ab	2.19	ab
NMP	1.68	a	1.48	ab	1.63	ab	1.7	a	1.33	b
PMS (g)	504.21	ab	450.84	bc	491.18	ab	557.99	a	415.36	c
NES	20.44	b	16.47	b	29.0	a	31.33	a	18.0	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0.05). Diámetro de tallo (DT), Número de mazorca por planta (NMP), Peso de 1000 g secos (PMS), Número de esporas/g de suelo (NES)

**Figura 5 Peso de grano fresco de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar, Paquecc**



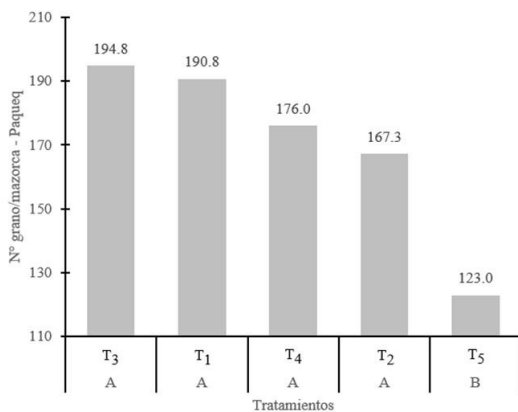
**Figura 6 Peso de grano seco kg ha<sup>-1</sup> de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar, Paquecc**



**Figura 7 Vista comparativa de mazorcas de los cinco tratamientos de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar-Paquecc 2018**



**Figura 8 Número de grano por mazorca de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar, Paquecc**



**Discusión**

*Sobre el DT de Z. mays micorrizados y sin micorrizar-Paquecc.* La tabla 4, oscilan 2.17 a 2.38 cm, con T<sub>3</sub> supera con significancia a T<sub>2</sub>, entre los otros tratamientos no existe diferencia significativa. Estos resultados algo similares a los hallados de otros autores, quienes obtuvieron entre 2.43 hasta 2.75 cm de DT, mientras que, diámetros inferiores oscilan entre 1.4 a 1.6 cm<sup>32,29</sup>.

*NMP.* En la tabla 4, las medias por planta, señalar que con los tratamientos micorrizados T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> se obtiene un promedio de 1.68 y 1.7 NMP, que supe-

ran con significancia al T<sub>5</sub>. De la misma manera T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> tienen un promedio de 1.63 y 1.48 NMP, y son algo similares al T<sub>5</sub>. Se reportó que las micorrizadas presentaron mayor NMP a comparación del tratamiento sin micorrizar<sup>40</sup>.

*PGF.* En el figura 5 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar, destacándose T<sub>3</sub>, con la que se obtuvo 5039.61 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de T<sub>4</sub> T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, cuyo PGF oscila entre 4779.04 a 3867.28 kg ha<sup>-1</sup>, frente al tratamiento sin micorrizar que tuvo solo 2691.45 kg ha<sup>-1</sup>. También, se obtiene una diferencia entre los inoculados con el consorcio micorrízico al evaluar a los 90 DDS, reporta un promedio de PGF entre 140 a 230 g por mazorca<sup>40</sup>.

*PGS.* La figura 6 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar, obteniéndose 3909.04 kg ha<sup>-1</sup> con T<sub>4</sub>, seguido de T<sub>3</sub> T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>; cuyo rendimiento de PGS de 3253.7, 2872.2 y 2592.9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos resultados concuerdan con la evaluación visual en el mismo campo y la observación comparativa de las mazorcas figura 7. Concluyendo, la aplicación del consorcio de HMA T<sub>4</sub> (*C. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) incrementa el rendimiento de grano seco (3909.04 kg ha<sup>-1</sup>), grano fresco y otros indicadores de evaluación, seguido de T<sub>3</sub> (mezcla) y T<sub>1</sub> (*F. geosporum* y *C. luteum*), los cuales también tuvieron influencia positiva a comparación del T<sub>5</sub> (1578.6 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco).

Estos resultados obtenidos son similares e incluso superiores a los realizados el trabajo de investigación sobre “Densidad poblacional de los HMA en suelos agrícolas aplicados con composta”<sup>22</sup>, trabajo realizado en Tlaxcala México, obtuvieron un promedio de rendimiento de 1554.1 kg ha<sup>-1</sup> aplicando 75% de residuos de chile más 25% de rastrojo de maíz. Mientras con la fertilización de 200 kg ha<sup>-1</sup> de urea y 100 kg ha<sup>-1</sup> de triple fosfato, obtuvo 1291.6 kg ha<sup>-1</sup> y con el tratamiento sin composta y sin ferti-

lizante 422.5 kg ha<sup>-1</sup>. También con lo mencionado por Ministerio de Agricultura<sup>41</sup>, el rendimiento de MA en la sierra del Perú es de 1086 kg ha<sup>-1</sup>. Así mismo obtuvieron un promedio de rendimiento de maíz que oscila entre 920 a 8525 kg ha<sup>-1</sup>, en cuatro zonas, con cuatro sistemas de siembra y con fertilización de 100-60-00 de NPK<sup>29</sup>.

**NGM.** La figura 8, observándose que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar y no existe diferencia entre los tratamientos micorrizados. Con el T<sub>3</sub>, se obtuvo un promedio de 194.75 NGM, seguido de T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>, y T<sub>2</sub> con las que se obtuvieron un promedio de 190.75, 176 y 167.33 NGM respectivamente. El tratamiento sin micorrizar tuvo 123 NGM.

**PMS.** En la tabla 4, se observa que el T<sub>4</sub> tiene mayor significancia respecto al resto de los tratamientos, alcanza 557.99 g por cada 1000 granos de maíz, seguido de T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> con las que se obtuvo 504.21, 491.18 g respectivamente, mientras el T<sub>2</sub> no tiene diferencia con el T<sub>5</sub>, alcanzan 450.84 y 415.36 g respectivamente por cada 1000 granos de maíz. También obtuvieron un promedio entre 423.32 g hasta 471.37 gramos por 1000 grano secos de maíz<sup>32</sup>. Lo que significa que los resultados de los tratamientos micorrizados del presente trabajo incluso son superiores a lo obtenido por quienes lo gran entre 423.32 a 471.66 g por cada 1000 granos<sup>32</sup>.

**NES.** En la tabla 4, se observa que los T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> superan con significancia al resto, tienen 31.33 y 29 esporas respectivamente por gramo de suelo de la rizósfera de los cultivos de MA micorrizados. Mientras entre los T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> no existe diferencia entre ellos, pero superan numéricamente al T<sub>5</sub>. Los T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>, tuvieron mayor NES de HMA 31.33, 29 y 20.44 respectivamente, frente a 16.47 y 18 esporas en los T<sub>2</sub> y T<sub>5</sub>.

Tres inóculos de consorcio de HMA influyen con significancia en las diferentes variables e indicadores evaluados a excepción del T<sub>2</sub> (*E. infrequens*, *C. luteum* y *G. microaggregatum*).

Los resultados de esta investigación contribuyen, a que se puede micorrizar cultivos de maíz (*Zea mays* L) con el consorcio de HMA *C. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp., como también con el consorcio de *F. gesosporum* y *C. luteum*, porque incrementan el rendimiento y desarrollo de *Zea mays* L.

### Fuente de financiamiento

La autora declara que la logística del trabajo fue autofinanciado.

### Conflictos de intereses

La investigación corresponde a la segunda parte de la tesis doctoral, el experimento en campo se realizó en Paquecc Huanta y los análisis en el laboratorio de Agrobiología Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

### Agradecimientos

La autora agradece a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica; por el apoyo científico, técnico y logístico.

Al Dr. Gregorio J. Arone Gaspar (asesor) y a la Dra. Laura Hernández Cuevas del Laboratorio de Micorrizas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala-México, por sus aportes y contribución durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a través del Proyecto de investigación FO-CAM de: Recuperación, conservación y aplicación

de hongos micorrícicos y entomopatogenos nativos en Vinchos y Chiara Ayacucho FOCAM, me facilitaron los equipos y ambientes.

### Aspectos Éticos

La investigación es tesis doctoral, ha sido aprobada por los Jurados Evaluadores de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica y siguió las pautas establecidas para este proceso.

### Literatura Citada

1. Valdez A. Adaptación y requerimientos ambientales del maíz. I curso de maíz amiláceo en la sierra. Perú; 1977. p. 48-53.
2. Pipermo DR. The Origins of plant cultivation and domestication in the new world tropics. *Curr Antropol* 2011;52(Suppl 4):453-70. DOI: <https://doi.org/10.1086/659998>
3. Martinez W. Diagnóstico del sistema de producción de maíz choclo (*Zea mays* L.) en el valle del Mantaro [tesis máestría]. Lima: Universidad Agraria La Molina; 1994. 79 p.
4. Chávez A. Producción de semilla de maíz amiláceo con el sector informal en Perú. En: Instituto Nacional de Innovación Agraria-Dirección General de Protección y Sanidad Agropecuaria, editores. Ponencia presentada en el taller: Producción de semilla y agrobiodiversidad: 2003. Disponible en: [www.predusa.org/alexander.htm](http://www.predusa.org/alexander.htm)
5. Justiniano E. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina [tesis maestría]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2010 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1716>
6. Vaz Pereira DJCJ, Leyva Galán A. El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultrop* 2015; 36(2):153-8.
7. Becerra A, Bartoloni N, Cofré N, Soterías F, Cabello M. Arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils: vertical distribution at different soil depth. *Braz J Microbiol* 2014;45(2):585-94. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000200029>
8. Perez A, Rojas J, Donicer V. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev Colombiana Cienc Anim* 2011; 3(2):366-85. DOI: <http://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.412>
9. Almeida León JM. Efecto de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) y formulación química (omega 3, 6, 9 más extracto de algas marinas y silicio) en el aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola en la parroquia González Suárez, cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador [tesis licenciatura]. [Tulcán]: Universidad Politécnica Estatal de Carchi; 2014 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/46?locale=es>
10. Cofré MN. Comunidades nativas de hongos micorrícicos arbusculares: respuesta frente a distintas prácticas agrícolas y efectos sobre el crecimiento de *Glycine max* (L.) Merrill [tesis doctoral]. [Córdoba]: Universidad Nacional de Córdoba; 2014 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/>



- [Record/RDUUNC\\_a8a2e1c944689fe8ac0b701e7fa67e2c](#)
11. Longo S, Nouhra E, Urcelay C. ¿Las comunidades de hongos micorrícicos nativos favorecen el crecimiento de plantas exóticas invasoras en áreas afectadas por incendios?. En: III Congreso Latinoamericano de Micología, Medellín, 2014.
  12. Hodge A, Helgason T, Fitter AH. Nutritional ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. *Fungal Ecol* 2010;3(4):267-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.02.002>
  13. Zaidi A, Khan MS, Ahemad M, Oves M, Wani PA. Recent advances in plant growth promotion by phosphate-solubilizing microbes. In: Khan M, Zaidi A, Musarrat J. editors. *Microbial strategies for crop improvement*. Berlin: Springer, Heidelberg; 2009. DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_2)
  14. Cronquist A. *Botánica Básica*. 3<sup>ra</sup> ed. México: Editorial continental S.A;1992.
  15. Sieverding E, Sánchez de Prager M. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. En: *Memorias del Primer Curso Nacional sobre Micorrizas*. Colombia; 1995. p. 237-249.
  16. Ferrera Cerrato R, Gonzales Chavez MCA, Rodriguez Mendoza MN. *Manual de Agromicología*. 1ra Ed. México: Editorial Trillas;2003.
  17. Altieri M, Nicholis C. *Diseños agroecológicos*. Perú: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología; 2013.
  18. Esquivel R. Influencia de *Glomus* en formación de micorrizas y crecimiento de papa (*Solanum chaucha*) Ayacucho. En: VIII Simposio Nacional y V Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrícica. Mexico: Oaxtepec. Mexico, Ed. Única. Sociedad Mexicana de la Simbiosis Micorrícica (SOMESIMI), Universidad Autónoma Metropolitana Oaxtepec México. Universidad Autónoma Metropolitana Oaxtepec;2016. 125 p.
  19. Esquivel R. Influencia de microorganismos y biol en *Lactuca sativa*, en invernadero y campo. Ayacucho. En: Libro de resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Biología: del 24 al 29 de octubre de 2010, Ayacucho.
  20. Estrada Torres A, Montoya A, Montiel A. Los hongos y el hombre. En: Estrada Torres A, Briseño Zamora LV, Cerón Martínez A, Cruz Cruz CA, Luna Hernandez V, editores. *Hongos: diversidad, importancia, impacto y potencial en los ecosistemas y el desarrollo humano*. Micología por competencias. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala; 2013. p. 164.
  21. Lovato P. Micorrizas arbúsculares en agroecosistemas. En: VIII Congreso Latinoamericano de Micología - Actualidades Biológicas: 2014, Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología; 2014.
  22. Luna Zendejas HS. Densidad poblacional de los hongos micorrícicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta [tesis doctoral]. [México]: Instituto Politécnico Nacional; 2012 [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18416>
  23. Morton JB, Benny GL. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Zygomycetes*). A new order, *Glomales*, two new suborders, *Glomineae* and *Gigasporineae*, and two new families, *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. *Mycotaxon* 1990;37:471-91.
  24. Gamalero E, Berta G, Glick BR. The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils. In: Khan M, Zaidi A, Musarrat J, editors. *Microbial strategies for crop improvement*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2009. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_1)

25. Fernandez K, Fernández F, Rivera R, Olalde V. Micorrización in vitro e in vivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* var. Alfa). *Cultrop* 2010;31(2): 21-31.
26. Mahecha Vásquez GA. Diversidad alfa, beta y gamma en hongos de micorriza arbuscular (HMA) en el cultivo de banano (*Musa Paradisiaca*) en Colombia [tesis licenciatura]. [Bogotá]: Corporación Universitaria Minuto de Dios; 2015 [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/3772?show=full>
27. Pulgar Vidal J. Las ocho regiones naturales del Perú. Terra Bras [Internet]. 2014 [Citado 14 abril 2020]; 3. Recuperado a partir de: <https://journals.openedition.org/terrabrasiliis/1027?gathStatIcon=true&lang=es>
28. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [Internet]. Ayacucho: Ministerio del Ambiente, Estación Meteorológica de Huanta (Peru); 2015 [citado 10 de octubre de 2015]. Recuperado a partir de: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=estaciones>
29. Olgún López JL, Guevara Gutiérrez RD, Carranza Montaña JA, Scopel E, Barreto García OA, Mancilla Villa OR, et al. Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *Idesia* 2017;35(1): 51-61. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000018>
30. Arone Gaspar GJ. Biodiversidad microbiana en chacras maiceras de allpas (Acobamba, Huancavelica, Perú) cultivadas bajo el sistema tradicional andino [tesis doctoral]. [Granada]: Universidad de Granada; 2012 [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=58969>
31. Chunhuay Ruiz Y. Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas-Acobamba [tesis licenciatura]. [Acobamba]: Universidad Nacional de Huancavelica; 2017. 156 p. [citado 20 de octubre de 2016]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1247>
32. Sotomayor Alvarez R, Chura Chuquija J, Calderon Mendoza C, Sevilla Panizo R, Blas Sevillano R. Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad de maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales científico*, 2017;78(2):232-40. DOI: <http://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1061>
33. Hernández Cuevas L, Guerra De la Cruz V, Santiago Martínez G, Cuatlal Cuahutencos Porfirio. Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Rev Mex de Cienc Forestales* 2011;2(7): 87-96. DOI: <http://doi.org/10.29298/rmcf.v2i7.566>
34. Tamayo Borja LF. Efecto de la aplicación de cinco dosis de fitohormona con dos niveles de fertilización en la productividad de maíz [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2014 [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6641>
35. Barroso Costa FR, Ortega Ribeiro Gomes K, Moreno MA, Ballesteros R. Caracterización del crecimiento de un cultivo de maíz regado en una zona semiárida mediante el empleo de imágenes aéreas de alta resolución. *Rev Bras Agric Irrig* 2017;11(5):1763-71. DOI: <http://doi.org/10.7127/rbai.v11n500802>
36. Macuri Nuñez ER. Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L.) en la sierra baja y media del Perú [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Agraria La Molina; 2016 [citado 20 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1981>

37. Gerdemann JW, Nicolson TH. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br Mycol Soc* 1963; 46(2): 235-244. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
38. Daniels BA, Skipper HD. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: Schenck NC, editors. *Methods and principles of mycorrhizal research*. USA: American Phytopathological Society; 1982. p. 29-35.
39. Hernández L, Guadarrama I, Ramos J. Micorriza Arbuscular: Colonización intraradical y extracción de esporas de suelo. En: Álvarez Sánchez J, Monroy A, editores. *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración*. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2008. p. 1-14.
40. López Torres JF. Métodos y adherentes para la inoculación micorrízica del maíz en campo. [Monografía en Internet]. México: Universidad Veracruzana; 2012 [acceso 19 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/21913256/metodos-y-adherentes-para-la-inoculacion-micorrizica-del-maiz-en->
41. Mescoco Sallo V. Principales amenazas del cultivo de maíz en el contexto del cambio climático en el distrito de Huayllabamba–Cusco. [Monografía en Internet]. Cusco: Gobierno Regional Cusco; 2011 [acceso 19 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://190.108.89.84/documentos/principales-amenazas-cultivo-maiz-contexto-cambio-climatico-distrito>

---

**Nota del Editor:**

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