

# **Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo**

*Effect of nitrogen fertilization in corn (*Zea mays* L.) on populations of  
mycorrhizal fungi, in Babahoyo*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4424768>

**AUTORES:** Eduardo Colina Navarrete<sup>1\*</sup>

Eduardo Paredes Acosta<sup>2</sup>

Xavier Gutiérrez Mora<sup>3</sup>

Maribel Vera Suarez<sup>4</sup>

**DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:** \* [ncolina@utb.edu.ec](mailto:ncolina@utb.edu.ec)

**Fecha de recepción:** 19 / 09 / 2020

**Fecha de aceptación:** 27 / 12 / 2020

## **RESUMEN**

El presente trabajo se efectuó en la granja experimental “San Pablo” de la Universidad de Babahoyo ubicada en el km 7,5 de la vía Babahoyo Montalvo, en la provincia de Los Ríos. Como material de siembra se utilizó el híbrido de maíz Somma. Para la investigación se diseñó un trabajo de campo con doce tratamientos y tres repeticiones. Los primeros seis tratamientos fueron aplicados con micorrizas VAM de la empresa Huxtable a dosis de 1,0 l/ha con diferentes niveles de fertilización nitrogenada de 180, 160, 140, 120, 100 y 0 kg/ha de nitrógeno, los seis tratamientos restantes no recibieron aplicaciones de micorrizas, pero tuvieron los mismos niveles de fertilización. El diseño estadístico aplicado fue factorial, con el respectivo análisis de la varianza y la prueba de significancia de Tukey al 95% en la

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Magister Agroecología, Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo. Ecuador

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo. Hacienda “AGRIQUEL”. Vinces. Ecuador.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo. Master Administración Empresas. Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo. Ecuador.

<sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias Agrícolas (c). Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo. Ecuador.

comparación de medias. Para el establecimiento del cultivo se realizaron las labores culturales pertinentes, tales como preparación del terreno, siembra, control de malezas, riego, fertilización, controles fitosanitarios y cosecha. Con los resultados obtenidos se determinó que la aplicación de micorrizas en dosis 1,0 l/ha mantiene las poblaciones del hongo de manera constante en el suelo, lo cual no es posible sin su aplicación, esto debido a la aplicación de fertilizantes nitrogenados disminuye las poblaciones. Aplicaciones de nitrógeno entre 160-180 kg/ha reducen de manera considerable poblaciones de micorrizas en los suelos, con o sin fertilización. El empleo de micorrizas 1,0 l/ha + 180 kg/ha de nitrógeno con una producción de 7867,70 kg/ha presentó el mayor rendimiento, sin embargo, se evidencia sus efectos sobre poblaciones de microorganismos.

**Palabras clave:** *Nutrición Vegetal, Biología Agrícola, Microbiología.*

#### **ABSTRACT**

The present work was carried out in the experimental farm "San Pablo" of the University of Babahoyo located at km 7,5 of the Babahoyo Montalvo road, in the province of Los Ríos. Somma maize hybrid was used as planting material. For the research, a field work with twelve treatments and three repetitions was designed. The first six treatments were applied with VAM mycorrhizae from the Huxtable company at doses of 1,0 l/ha with different levels of nitrogen fertilization of 180, 160, 140, 120, 100 and 0 kg/ha of nitrogen, the remaining six treatments they did not receive mycorrhizal applications, but had the same levels of fertilization. The statistical design applied was factorial, with the respective analysis of variance and the 95% tukey test of significance in the comparison of means. For the establishment of the crop, the pertinent cultural tasks were carried out, such as land preparation, sowing, weed control, irrigation, fertilization, phytosanitary controls and harvesting. With the results obtained, it was determined that the application of mycorrhizae at a dose of 1,0 l/ha maintains the populations of the fungus constantly in the soil, which is not possible without its application, this due to the application of nitrogen fertilizers reduces the populations. Nitrogen applications between 160-180 kg/ha significantly reduce mycorrhiza populations in soils, with or without fertilization. The use of mycorrhiza 1.0 l/ha + 180 kg/ha of nitrogen with a production of 7867,70 kg/ha presented the highest yield, however, its effects on populations of microorganisms are evident.

**Keywords:** *Plant Nutrition, Agricultural Biology, Microbiology.*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.), es calificado como uno de los cultivos que tiene mayor importancia para la agricultura en el Ecuador. Esta situación se da por su gran variedad de usos tanto en la agroindustria como en alimentación humana.

La producción mundial de la gramínea según FAO tuvo un incremento de 33 millones de toneladas (1,3 %) de la producción mundial de cereales en 2017. Con esta mayor oferta, el empleo total de maíz en 2017/18 se ubica en 601 millones de toneladas proporcionadas con adecuados manejos nutricionales; es decir, 2,6 millones de toneladas (0,4 %) y 18,2 millones de toneladas (3,1 %) más que en el periodo 2016/171 (FAO, 2018).

Las siembras del cultivo de maíz en mayor importancia se encuentran en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí; en estas se agrupan algo más del 81,9 % del total del área sembrada. A nivel nacional la superficie cosechada de maíz duro seco fue 365334 hectáreas, con una producción de 1,3 millones de toneladas, registrando un crecimiento del 7,8 % con relación al año 2017. En la provincia de Los Ríos se cultivan 146134 hectáreas aproximadamente, en especial en época seca, con un promedio de 6,29 toneladas por hectárea (ESPAC, 2018)

En los suelos viven una gran diversidad de microorganismos, muchos de estos desarrollan actividades beneficiosas para los cultivos. Dentro de este grupo de organismos microscópicos inciden hongos que colonizan las raíces y establecen así unas relaciones simbióticas con las plantas conocidas como micorrizas. Existe interés en esta simbiosis, ya que se ha demostrado efectos en el aporte de nutrientes y agua a las plantas, además, en la protección de estas frente a agentes o situaciones que causan estrés a los cultivos (Barea, Pozo y Azcon, 2016).

Las micorrizas son hongos que producen una simbiosis mutualista que tiene como función aumentar la superficie de absorción de la raíz, por medio de un sistema de hifas extrarradicales en la cual la planta puede absorber y asimilar más agua, minerales e iones poco móviles (Garzón, 2016). Aguilera (2006) indica que existe un tipo de asociación hongo-raíz más extendido denominada endomicorriza o micorriza arbuscular (MA), los cuales no forman la denominada red de Hartig y por lo cual colonizan intracelularmente la

corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrimentos entre la célula vegetal y el huésped.

Sieverding (2012) menciona que las micorrizas son nativas de suelos tropicales y ecosistemas terrestres. Pese a esto, se requiere de un manejo debido principalmente a que la distribución de los hongos micorrízicos en el suelo no es homogénea y, hay lugares donde la concentración de estos hongos es muy baja para una producción de biomasa de plantas óptima. Además, bajo situaciones específicas, como mono cultivo agrícola o forestal, la asociación puede ser inefectiva con una baja efectividad.

Los suelos poseen en estado natural una diversidad de especies de micorrizas, estas pueden colonizar las raíces de la una gran variedad de las plantas cultivadas, independiente de condiciones ambientales, mejorando así el suministro de nutrientes, crecimiento y producción de las plantas hospederas, más aún en condiciones de nutrientes deficientes (Pérez, Rojas y Montes, 2011).

Los microorganismos están orientados a favorecer la adsorción de nutrientes por parte de los cultivos, especialmente gramíneas, a la vez tienen un efecto promotor del crecimiento que ayuda a incrementar la tasa de crecimiento, sólo que en estos casos se aumentan su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo (Couretot y Ferraris, 2007).

Entre los beneficios más visibles de la formación de las micorrizas se encuentra la capacidad de los hongos para estimular en las plantas hospederas un mayor tamaño y producción de granos, a través de la incorporación de fósforo y otros nutrientes. Se conoce también de la producción de fitohormonas y la mejora en la estructura del suelo (Garzón, 2016).

El maíz es considerado una planta micotrófica facultativa que responde a la presencia de micorrizas en suelos con bajo o moderado nivel de fertilidad. Las micorrizas tienen simbiosis con hongos del phylum Glomeromycota y la mayoría de las plantas vasculares; además, tienen la capacidad de aumentar la absorción de nutrientes poco móviles (Pérez *et al.*, 2012).

Franco Navarro (2016) revela que la inoculación de las plantas con hongos micorrizas induce, de manera general, un marcado aumento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes como: N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, entre otros.

Tapia *et al.* (2008) menciona que por el momento existe una clara certeza de que la germinación de esporas y el desarrollo de las hifas de algunas especies de hongos micorrízicos arbusculares, están reducidas por la presencia de las sales en los suelos. Además, la asociación entre las micorrizas y las diversas especies vegetales se presenta bajo condiciones de estrés al ambiente como: sequía, baja fertilidad, salinidad y altas temperaturas. La pérdida de la capacidad de colonización micorrízica por las plantas puede resultar en una pérdida de los importantes beneficios que proporcionan estos hongos y reduce la capacidad de las poblaciones para colonizar otros cultivos en las secuencias (Riera y Medina, 2005).

A través del tiempo la ciencia y tecnología está forjando información sobre nutrición vegetal, en este contexto, siempre surgen nuevos productos para el mejor manejo de estos aspectos en diversos cultivos. El empleo de fertilizantes y su dosificación han sido uno de los mayores problemas en la producción de cultivos en Ecuador, por este motivo, existe la necesidad de realizar trabajos de investigaciones que ayuden a obtener un balance nutricional, necesario para incrementar los niveles de productividad por unidad de superficie (Colina, 2016).

El uso desbalanceado de fertilizantes es una causa de degradación del suelo, particularmente cuando se emplean fertilizantes nitrogenados que promueven la renovación de fósforo y potasio del suelo, que no son renovados con la adición de fertilizantes portadores de estos nutrientes (Attananddy y Yost, 2004).

Considerando la agricultura en un contexto general, se nota que los sistemas agrícolas están en constante evolución. Es recomendable que los agricultores, aparte de hacer un uso apropiado de los fertilizantes, también asuman por objetivo lograr el conocimiento de todos conceptos subyacentes y procesos que los capacite a enfrentar nuevas situaciones y diferentes problemáticas. La gran mayoría de agricultores son forzados a cambiar sus sistemas agrícolas o prácticas de manejo cuando las condiciones sociales, económicas y técnicas cambian (Merchán *et al.*, 2006).

Mediante cultivos experimentales en suelos ácidos de los Llanos Orientales, se evaluaron las poblaciones nativas de hongos micorrízicos arbusculares (MA) asociados con dos variedades de maíz. Fue analizado su comportamiento bajo distintos tratamientos con abono orgánico, abono verde y testigo sin aplicación. La técnica molecular empleada

basada en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), permitió la identificación de las esporas aisladas de los géneros *Glomus*, *Entrophospora* y *Gigaspora*. Se logró identificar la presencia del género *Glomus* en raíces de maíz altamente colonizadas (Serralde y Ramirez, 2004).

Uno de los factores negativos en la producción de leguminosas, es el desconocimiento de simbiosis entre microorganismo como en el caso de los hongos (micorrizas) y planta. El presente trabajo experimental evaluó 11 tratamientos con micorrizas y un testigo absoluto, en el cultivo de maní. Los resultados registrados mostraron que mediante la inoculación de micorrizas 330 g más Fósforo 30 kg/ha se logró obtener mayor rendimiento de 1 886,51 kg/ha (Cortez, 2017).

Latacela *et al.* (2017) en su investigación muestran que las micorrizas determinan la fertilización y conservación de los agrosistemas. Los resultados establecieron que la aplicación de 100 kg/ha N + 70 kg/ha P en el sistema bajo superficie, logró incrementos de rendimiento del 68 % más sobre el testigo absoluto. La misma dosis y método de aplicación, aumentó el número de esporas por gramo de suelo, colonización de micelio y densidad de endófito micorrízico en las raíces.

Aguirre *et al.* (2011) manifiestan que el grosor del tallo también se incrementó en las plantas inoculadas con *Glomus intraradices* y cuando se aplicaron los dos microorganismos, *Azospirillum brasilense* y *G. intraradices*. El efecto se presentó estadísticamente diferente desde los 60, 120, 150 y 210 días después de la siembra.

Los elementos minerales que circulan con facilidad hacia la rizósfera, como Nitratos y sulfatos no suelen crear zonas de deficiencias alrededor de las raíces y la contribución de las hifas en la captación de ellos es limitada. Los iones fosfato y amonio que se difunden más lentamente en la solución del suelo son captados relativamente más por las hifas de los hongos micorrízicos (Román, 2003).

La actividad de estos microorganismos trasciende en la cinética que se lleva a cabo en los suelos cultivados como no cultivados tales como: la mineralización e inmovilización de nutrientes y su participación en el ciclo de los nutrientes del suelo. Existen factores que perjudican las poblaciones de micorrizas arbusculares, entre los problemas que más se presentan se tiene: prácticas culturales agrícolas incorrectas como fertilización y labranza, las cuales ocasionan mermas en la colonización del hongo.

En función de lo planteado es prioritario la generación de información que establezcan las relaciones existentes entre la fertilización inadecuada y la microbiota del suelo. Por tal motivo la investigación persiguió: a) Evaluar el efecto de aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre las poblaciones de micorrizas en el maíz y b) Determinar la dosis más influyente sobre la disminución de las poblaciones del hongo en el suelo.

## METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se ejecutó en la granja experimental “San Pablo” de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo. La zona presenta un clima tropical húmedo, con una altura de 8 m.s.n.m., las coordenadas 658802 E, 9796957 N, una precipitación anual 1914 mm, temperatura media anual de 25,9 °C (Instituto nacional de hidrología y meteorología-INAHMI, 2019). En la siembra del cultivo se utilizó el híbrido de maíz SOMMA (Ecuaquímica, 2018).

Los tratamientos utilizados fueron:

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados, Babahoyo, 2020.

	<i>Micorriza</i>	<i>Dosis L ha<sup>-1</sup> Concentración</i>	<i>Dosis Nitrógeno kg/ha</i>
T1	Micorriza aplicada	1,0 7 x 10 <sup>6</sup>	180
T2			160
T3			140
T4			120
T5			100
T6			0
T7	Micorriza no aplicada	No aplica	180
T8			160
T9			140
T10			120
T11			100
T12			0

Todas las unidades experimentales fueron fertilizadas con el programa nutricional: 46 kg P, 90 kg K, 30 kg S, 1 kg Zn y 1 kg B por hectárea (Villavicencio y Vásquez, 2008). El diseño experimental fue parcelas divididas en arreglo factorial 2 x 6, con 12 tratamientos y tres

repeticiones. El análisis de varianza se empleó para determinar la significancia estadística y para la evaluación de medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey ( $p \geq 0,05$ ), el programa estadístico empleado fue INFOSTAT.

Antes de la preparación del terreno fue efectuado el análisis de suelo biológico, esto con la finalidad de medir la población de micorrizas presentes antes de las aplicaciones. La labranza de suelo se efectuó mediante dos de rastra en sentido cruzado, con el fin de dejar el suelo en adecuada condición de siembra.

Se procedió a sembrar con semilla certificada, a la cual se impregnó con Thiodicarb en dosis de 0,3 l/20 kg semilla. El distanciamiento entre plantas fue de 0,2 m plantas y entre hileras 0,8 m, dando una población estimada de 62 500 plantas/ha. Posterior a la siembra se aplicó los herbicidas preemergentes (Átrazina 1,0 kg/ha, Pendimentalin 2,5 l/ha y Paraquat 2,0 l/ha). Posterior se utilizó Paraquat dirigido para el control de malezas entre los tratamientos e hileras (2,0 l/ha) 50 y 90 días después de la siembra.

Para el control de insectos se asperjó 15 días después de la siembra (DDS) Alphacypermetrina + teblubezuron (0,4 l/ha), 30 DDS Methomyl (0,2 kg/ha) y 45 DDS Lambda cyhalothrina (0,3 l/ha). Además, para el control preventivo de enfermedades se colocó Tebuconazole + Carbendacim (0,5 l/ha) 50 DDS.

El riego sobre el cultivo se efectuó por el sistema de inundación (gravedad), en cada riego se aplicó una lámina de agua por 2 horas consecutivas, haciendo este proceso tres veces en el ciclo del cultivo. El programa de fertilización edáfica fue basado en el cuadro de tratamientos, el mismo que se fraccionó en 3 dosis generales (50 % - 30 % - 20 %) aplicados a los 20, 35 y 45 DDS. El Nitrógeno se colocó como urea el 50 % 20 DDS, el 30 % 35 DDS, 20 % 45 DDS.

El Fósforo y el Potasio, se adicionó como DAP y Muriato de Potasio, a la siembra 75 % y 25 % 20 DDS. El Azufre se aplicó 20 y 35 DDS en forma de Sulfato de Amonio. Todos los tratamientos fueron fertilizados con las mismas fuentes y dosis, con excepción del testigo. La aplicación de las micorrizas se hizo al momento de la siembra del cultivo aplicada al suelo en forma líquida, como fuente se empleó Micorriza vam® 1,0 l/ha. La cosecha se cumplió en cada parcela experimental de forma manual, cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica (24 % humedad).

El trabajo estimó las siguientes variables:

Altura de la planta: la cual se estimó midiendo 10 plantas por tratamiento desde el nivel del suelo hasta el nudo ciliar.

Longitud de mazorcas: medida en 10 mazorcas por tratamiento desde la punta hasta la base de inserción a la planta.

Número de mazorca: contadas en 10 plantas por tratamiento

Numero de granos por mazorca: contados en 10 mazorcas por tratamiento

Rendimiento por hectárea: colectado en área útil de la unidad experimental y calibrado con la ecuación: 
$$Pu = \frac{Pa(100-Ha)}{(100-Hd)}$$

Conteo de esporas: Para la determinación se empleó el método de “tamizado en húmedo y decantación” (Gerdemann y Nicolson, 1963).

Identificación de géneros: La identificación fue llevada a cabo empleando las claves taxonómicas proporcionadas por el INVAM (2015).

Porcentaje de colonización: fue evaluado por el método de Trouvelot *et al.* (1986).

## RESULTADOS

### *Altura de planta*

Las plantas tratadas con dosis de micorrizas (200,71 cm) fueron estadísticamente superiores a las plantas no tratadas (196,04 cm). La aplicación de 120 kg N/ha (205,70 cm) fue estadísticamente superior a las plantas no fertilizadas, sin embargo, no existió significancia con los otros tratamientos. En las interacciones no hubo significancia, pero las plantas sin micorrizas y fertilización nitrogenada 120 kg/ha N con 206,40 cm fueron mayores a los demás tratamientos (Cuadro 1).

Esto concuerda con lo reportado por Couretot y Ferraris (2007) quienes indican que estos microorganismos están orientados a favorecer la adsorción de nutrientes por parte de los cultivos, especialmente gramíneas, a la vez tienen un efecto promotor del crecimiento.

**Tabla 2.** Altura de planta con la aplicación de micorrizas y diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Babahoyo, 2020.

Dosis Micorrizas (l/ha)	Fertilización N (kg/ha)	Altura cm
Con micorrizas		200,71 a
Sin micorrizas		196,04 b
	180	199,79 ab
	160	194,87 ab
	140	196,23 ab
	120	205,70 a
	100	201,92 ab
	0	191,58 b
Con micorrizas	180	198,45 a
Con micorrizas	160	190,40 a
Con micorrizas	140	194,63 a
Con micorrizas	120	205,00 a
Con micorrizas	100	197,70 a
Con micorrizas	0	190,07 a
Sin micorrizas	180	201,80 a
Sin micorrizas	160	199,33 a
Sin micorrizas	140	197,83 a
Sin micorrizas	120	206,40 a
Sin micorrizas	100	206,13 a
Sin micorrizas	0	193,10 a
<b>Promedio General</b>		198,4
	Factor A	**
<b>Significancia estadística</b>	Factor B	**
	Interacción a*b*c	Ns
<b>Coefficiente de variación</b>		3,74

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

\*\*= altamente significativo

Ns= No significativo

*Longitud de mazorca*

Las plantas tratadas con micorrizas (18,43 cm) fueron estadísticamente superiores a las no tratadas. La aplicación de fertilizante nitrogenado 180 kg/ha N (19,44 cm), fue

estadísticamente igual a 160 kg/ha, pero superior al resto de dosis propuestas. En las interacciones las plantas inoculadas con micorrizas + 180 kg N/ha (20,26 cm) fue estadísticamente igual micorrizas + 160 kg/ha, pero superior al resto de interacciones. Resultados similares son reportados por Flores (2019).

**Tabla 3.** Longitud de mazorca con la aplicación de micorrizas y diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Babahoyo, 2020.

Dosis Micorrizas (l/ha)	Fertilización N (kg/ha)	Longitud cm
Con micorrizas		18,43 a
Sin micorrizas		17,70 b
	180	19,44 a
	160	18,39 ab
	140	17,70 b
	120	18,19 b
	100	17,49 b
	0	17,48 b
Con micorrizas	180	20,26 a
Con micorrizas	160	19,34 ab
Con micorrizas	140	18,08 bc
Con micorrizas	120	18,26 bc
Con micorrizas	100	16,82 c
Con micorrizas	0	17,80 c
Sin micorrizas	180	18,21 bc
Sin micorrizas	160	17,43 c
Sin micorrizas	140	17,31 c
Sin micorrizas	120	18,12 bc
Sin micorrizas	100	18,15 bc
Sin micorrizas	0	17,17 c
<b>Promedio General</b>		18,07 cm
	Factor A	**
<b>Significancia estadística</b>	Factor B	**
	Interacción a*b*c	**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		3,34

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

\*\*= altamente significativo

*Número de mazorca por planta*

Los factores en estudio no reportaron significancia estadística en los factores evaluados (Cuadro 3). Con aplicación de micorrizas se tuvo más mazorcas que no aplicando estos microorganismos. La aplicación de fertilizante nitrogenado 180 kg/ha genera más mazorcas por planta. Al aplicar micorrizas (1,0 l/ha) + 160 kg/ha de N (1,17 mazorcas/planta) se tuvo mayor cantidad de mazorcas.

**Tabla 4.** Número de mazorcas por planta con la aplicación de micorrizas y diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Babahoyo, 2020.

Dosis Micorrizas (l/ha)	Fertilización N (kg/ha)	mazorca por planta
Con micorrizas		1,06 a
Sin micorrizas		1,04 a
	180	1,10 a
	160	1,08 a
	140	1,02 a
	120	1,03 a
	100	1,02 a
	0	1,05 a
Con micorrizas	180	1,10 a
Con micorrizas	160	1,17 a
Con micorrizas	140	1,03 a
Con micorrizas	120	1,00 a
Con micorrizas	100	1,00 a
Con micorrizas	0	1,07 a
Sin micorrizas	180	1,10 a
Sin micorrizas	160	1,00 a
Sin micorrizas	140	1,00 a
Sin micorrizas	120	1,07 a
Sin micorrizas	100	1,03 a
Sin micorrizas	0	1,03 a
<b>Promedio General</b>		1,05 cm
	Factor A	Ns
<b>Significancia estadística</b>	Factor B	Ns
	Interacción a*b*c	Ns
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		6,37

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

Ns: No significante

*Número de granos por mazorca*

La aplicación de micorrizas (564,20 granos) fue superior estadísticamente a las plantas que no fueron tratadas. La fertilización con nitrógeno 180 kg/ha (583,68 granos) fue estadísticamente igual a las dosis 160 kg/ha y 120 kg/ha, pero superior al resto de dosis. En las interacciones los tratamientos con aplicación de micorrizas + fertilización con 180 y 160 kg/ha fueron estadísticamente iguales entre sí, y con el resto de los tratamientos, exceptuando Micorrizas + 100 kg/ha que fue menor y diferente (513,13 granos).

Esto lo reporta Garzón (2016) al encontrar que entre los beneficios más visibles de la formación de las micorrizas se encuentra la capacidad de los hongos para estimular en las plantas hospederas un mayor tamaño y producción de semilla.

**Tabla 5.** Número de granos por mazorca con la aplicación de micorrizas y diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Babahoyo, 2020.

Dosis Micorrizas (l/ha)	Fertilización N (kg/ha)	Granos por mazorca
Con micorrizas		564,20 a
Sin micorrizas		541,62 b
	180	583,68 a
	160	559,57 ab
	140	544,57 b
	120	557,38 ab
	100	534,20 b
	0	545,07 b
Con micorrizas	180	589,14 a
Con micorrizas	160	589,80 a
Con micorrizas	140	562,00 ab
Con micorrizas	120	573,40 ab
Con micorrizas	100	513,13 b
Con micorrizas	0	557,73 ab
Sin micorrizas	180	575,50 ab
Sin micorrizas	160	529,33 ab
Sin micorrizas	140	527,13 ab
Sin micorrizas	120	541,37 ab
Sin micorrizas	100	555,27 ab
Sin micorrizas	0	532,40 ab
<b>Promedio General</b>		553,85

	Factor A	**
<b>Significancia estadística</b>	Factor B	**
	Interacción a*b*c	**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		<b>3,87</b>

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

\*\*= altamente significativo

*Rendimiento por hectárea*

La aplicación de micorrizas (7142,74 kg/ha) generó incrementos en el rendimiento de grano, con relación al cultivo no tratado. Con la aplicación de nitrógeno 180 kg/ha, 160 kg/ha y 120 kg/ha se logró rendimientos estadísticamente iguales, pero superior al resto de tratamientos. Las interacciones muestran mayor producción de grano en el cultivo inoculado con micorrizas + 180 kg N/ha (7641,45 kg/ha), siendo este estadísticamente igual al tratamiento sin micorrizas y con igual dosis; pero superiores al resto de tratamientos.

Los datos concuerdan por lo descrito por Pérez, Rojas y Montes (2011) al mencionar que las micorrizas mejoran el suministro de nutrientes, crecimiento y producción de las plantas hospederas.

**Tabla 6.** Rendimiento por hectárea con la aplicación de micorrizas y diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Babahoyo, 2020.

Dosis Micorrizas (l/ha)	Fertilización N (kg/ha)	Rendimiento por ha Kg
Con micorrizas		7142,74 a
Sin micorrizas		6763,96 b
	180	7641,45 a
	160	7115,21 ab
	140	6879,10 b
	120	7061,49 ab
	100	6543,23 b
	0	6625,87 b
Con micorrizas	180	7687,70 a
Con micorrizas	160	7474,10 b
Con micorrizas	140	7312,36 bc
Con micorrizas	120	7232,08 bcd
Con micorrizas	100	6111,74 d
Con micorrizas	0	7038,47 bcd

Sin micorrizas	180	7572,09 ab
Sin micorrizas	160	6756,32 bcd
Sin micorrizas	140	6445,83 d
Sin micorrizas	120	6890,90 bcd
Sin micorrizas	100	6974,72 bcd
Sin micorrizas	0	<u>6213,36 d</u>
<b>Promedio General</b>		6975,80
<b>Significancia estadística</b>	Factor A	**
	Factor B	**
	Interacción a*b*c	**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		<b>5,44</b>

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

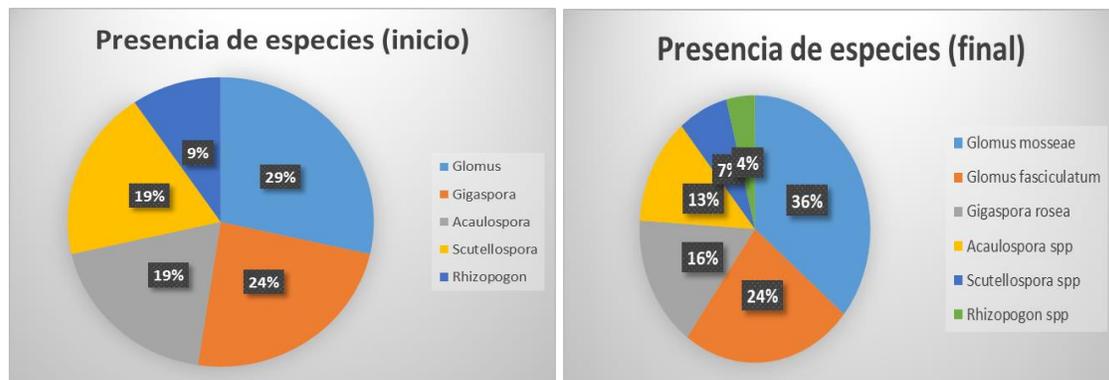
\*\*= altamente significativo

Ns: No significativo

*Identificación de género micorrizas*

Con las muestras de suelos tomadas antes de proceso de preparación de suelos, se identificó morfológicamente las poblaciones en los laboratorios de microbiología del CIPAL-ANCUPA (INVAM, 2015). Los géneros encontrados fueron: *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea* y *Acaulospora spp.* Al culminar el periodo de cosecha se tomó una muestra en los diferentes lotes, reportando en este caso: *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea*, *Acaulospora spp*, *Scutellospora spp.* y *Rhizopogon spp.*

Resultados similares fueron obtenidos por Colina (2016), Aguirre *et al.* (2011) y Cortez (2017).

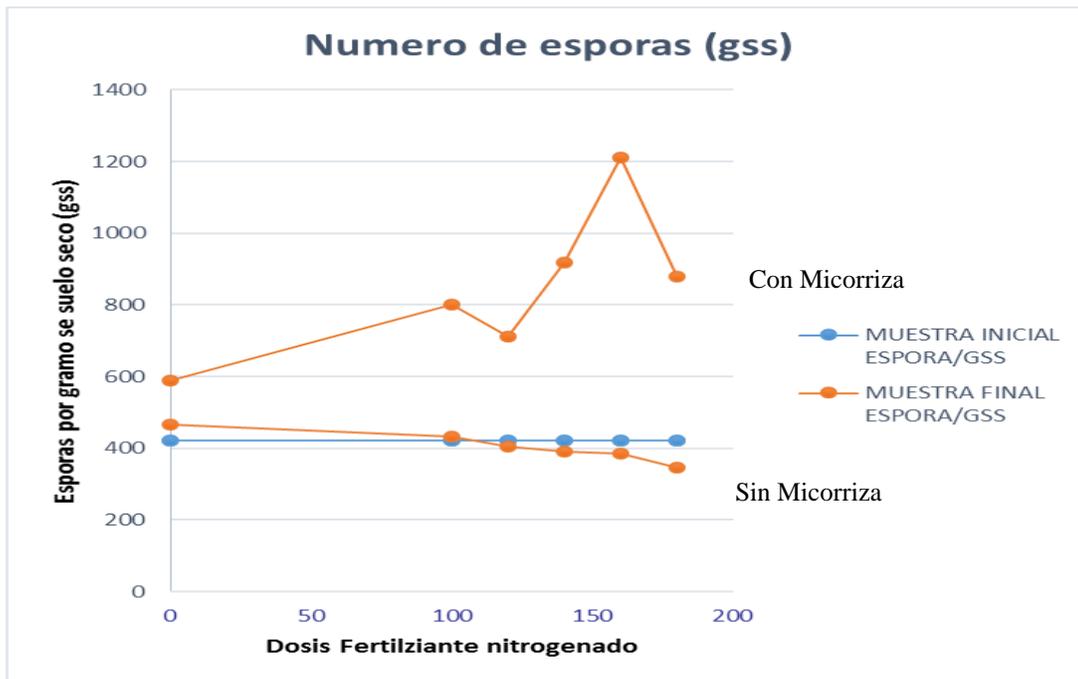


**Figura 1.** Géneros reportados en análisis. Babahoyo, 2020.

*Conteo de Esporas*

El poblacional de micorrizas mostró diferencias entre los tratamientos aplicados, lográndose variaciones mayores al 125 % en algunos casos. Todos los tratamientos con aplicación de micorrizas en dosis de 1,0 L/ha + fertilización nitrogenada lograron incrementos en la cantidad de esporas, con relación a la evaluación inicial (1211 esporas por gramo de suelo seco). Los tratamientos no inoculados con micorrizas mostraron disminución en la cantidad de esporas, aun en los tratamientos con fertilización mayor dosis de N (Fig 2).

Los resultados son consistentes con los descrito por Tapia *et al.* (2008) quienes mencionan que el desarrollo de hifas está reducido por la presencia de estrés al ambiente como la sequía, baja fertilidad, salinidad y altas temperaturas.



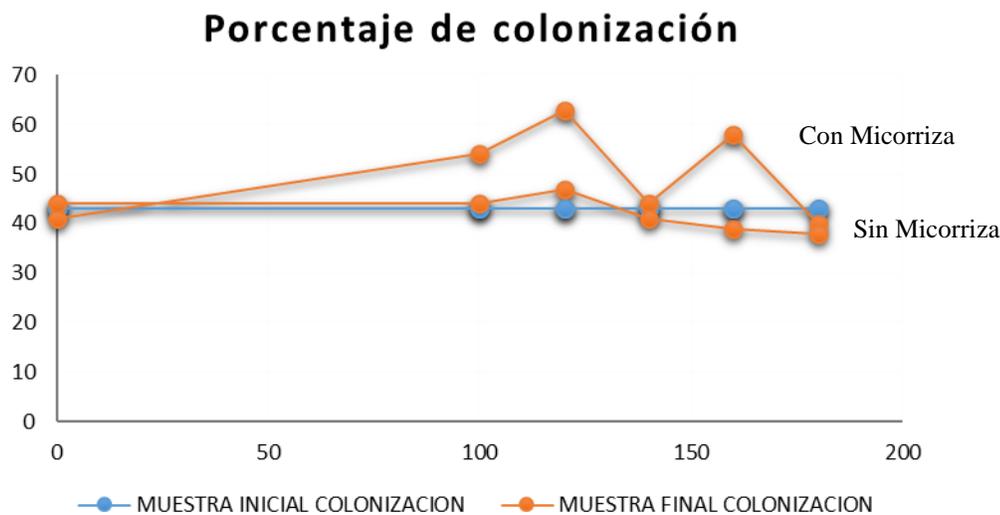
**Figura 2.** Conteo de esporas reportados en análisis. Babahoyo, 2020.

*Porcentaje de colonización*

El reporte de porcentaje de colonización muestra aumentos de micelio en las plantas inoculadas con micorrizas (50 %). Mayor cantidad de arbusculos e hifas fueron

conseguidas con la aplicación de 120 kg/ha N (55 %). La interacción de micorriza más 120 kg/ha N expresó mayor cantidad de colonización (63 %).

Esto muestra que los HMA tienden a perder capacidad de colonización micorrízica en función de las dosis nitrogenadas, es decir, la capacidad de las poblaciones para colonizar otros cultivos en las secuencias está restringida por la dosis alta de nitrógeno (Latacela *et al.*, 2019).



**Figura 3.** Porcentaje de colonización reportados en análisis. Babahoyo, 2020.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran el efecto de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados sobre las poblaciones de micorrizas y nivel de productividad del cultivo sembrado. Cuando los cultivos se siembran en suelos donde no se produce una alteración de las poblaciones de micorrizas, estas tienden a auto desarrollarse. Sin embargo, los resultados muestran que cuando dichas poblaciones reciben dosis altas de fertilizantes nitrógenos, disminuyen tanto en la cantidad de esporas viables, como en el porcentaje de colonización del hongo. Además, dosis altas de fertilizantes nitrogenados tienden a reducir su efecto positivo sobre el cultivo, pero no sobre la población de microorganismos, esto coincide con Sieverding (2012). Las variables longitud de mazorcas, número de granos y rendimiento por hectárea fueron influenciadas con la aplicación de 180 N kg/ha en el cultivo de maíz. Sin embargo, disminuye las poblaciones de micorrizas de manera considerable, dosis de 160 kg/ha se

presentan como una alternativa para evitar una afectación sobre los microorganismos del suelo (Flores, 2019). Los resultados reportados en el conteo de esporas y colonización del hongo, indican una influencia muy marcada entre la inoculación de micorrizas previo a la siembra y su no aplicación, resultados que no se contrastan por encontrados por Serralde y Ramírez (2004), pero fundamentan lo obtenido por Cortez (2017) y Latacela *et al.* 2018.

## CONCLUSIONES

Mantener las poblaciones de hongos micorrízicos (HMA) en el suelo y una dosificación de fertilizante nitrogenado correcto, mejora la producción de maíz duro. Los resultados exponen que existen efectos en las variables agronómicas con una tendencia hacia la dosis de 120 kg/Ha de nitrógeno. Sin embargo, dosis mayores tienden a disminuir las poblaciones de micorrizas, aunque, los rendimientos sean mayores. La exclusión de aplicación de micorrizas en el sistema productivo de maíz, también propensa a la pérdida de poblaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Gómez, L., Olalde Portugal, V., Rubí Arriaga, M., Contreras Alonso, R., (2007). *Micorrizas arbúsculares*. CIENCIA Ergo Sum. 14(3):301-306. ISSN (Versión impresa): 1405-0269
- Aguirre, J., Moroyoqui, D., Mendoza, A., Cadena, J., Avendaño, C., & Aguirre-Cadena, J. (2011). *Hongo endomicorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a Coffea arabica en vivero*. Agronomía Mesoamericana, 71-80.
- Attanandana, T., Yost, R. (2004). *Estrategia de manejo de nutrientes por sitio específico en maíz*. INPOFOS. Informaciones. Agronómicas N° 53. pp 1-4.
- Avilés, O. (2015). *Influencia de la aplicación de hongos micorrizicos sobre el comportamiento agronómico de plántulas de palma africana (Elaeis guineensis) de previvero, en la zona de Babahoyo*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 72p.
- Barea, J., Pozo, M., Azcón-Aguilar, C. (2016). *Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura*. Departamento de Microbiología del Suelo, Estación Experimental del Zaidín, CSIC. Agricultura. 2018(10):746-750.

- Colina, E. (2016). *Efectos de la aplicación de las micorrizas en sistemas de producción en el cultivo de cacao nacional, en la zona de Febres-cordero, provincia de Los Ríos*. Tesis de Magister, Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 103p.
- Cortez, I. (2017). *Evaluación del comportamiento agronómico y rendimiento del maní (Arachis hypogaea L.), "INIAP – 381 ROSITA" a la aplicación de micorrizas y niveles de fertilización en la zona de Babahoyo*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 65p.
- Couretot, L., Ferraris, G. (2007). *Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar*. Campaña 2006/07 ©. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. 140p.
- Ecuaquímica. (2018). *Cultivo de maíz en el Ecuador*. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas. Disponible en: [http://www.ecuaquimica.com.ec/cultivo\\_maiz.html](http://www.ecuaquimica.com.ec/cultivo_maiz.html). Consultado: 12-04-2019
- ESPAC-INEC. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Anuario 2018. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Revista INEC. 2018(2):1-23. DOI: <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09.I>
- FAO. (2018). *Situación Alimentaria Mundial*. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales: Disponible: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Consultado: 12-04-2019
- Flores, H. (2019). *Efectos de la combinación de micorrizas más ácidos húmicos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 62p.
- Franco Navarro, J. (2016). *Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas*. *ciaorganico Bioscripts*. 12(2):1-27.
- Garzón, L. (2016). *Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana*. *Revista Científica Luna Azul*. 42:217-234 DOI: 10.17151/luaz.2016.42.14
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2019). *Anuarios meteorológicos*. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp->

- [content/](#) uploads/ anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf. Consultado: 15-05-2020.
- INVAM. (2015). *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. West Virginia University. Recuperado el 5 septiembre 2020. Disponible en: <http://invam.caf.wvu.edu/>.
- Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., León, J., García, G., Goyes, M., Vera, M. (2017). *Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao*. European Scientific Journal. February 2017. Edition Vol.13, No.6 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj.2017.v13n6p464
- Merchán, M., Valverde, F., Novoa, V. Pumisacho, M. (2009). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de maíz*. Quevedo. Aprocico-UTEQ. 216 p.
- Pérez, Y., Álvarez, J., Mendoza, J., Pat, J., Gómez, R., Cuevas, L. (2012). *Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México*. Gayana Botánica. Vol 69(1):46-56. ISSN: 0717-6643. DOI:104067/SO717-663201200010006
- Riera, M., Medina, N. (2005). *Influencia de las micorrizas sobre las poblaciones bacterianas y su efecto*. Revista Cultivos Tropicales. Vol 26(4):21-27. ISSN 1819-4087
- Román, F. (2003). *Aplicación de vermicomposta y hongos micorrízicos en la producción de planta de aguacate en vivero*. Disponible en:[http://digeset.uco.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Francisco%20Roman%20Garcia.pdf](http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Francisco%20Roman%20Garcia.pdf). Editado por personal. Tesis de Grado Doctoral. (Último acceso: 15 de agosto de 2020).
- Serralde, A., Ramírez, M. (2004). *Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (Zea Mays) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos*. Revista Corpoica. Vol 5:1(octubre):31-40. ISSN: 022-8706
- Sieverding, E. (2012). *Ambisporareticulata, a new species in the Glomeromycota from mountainous areas in Switzerland and Chile*. Journal of Applied Botany and Food Quality, 85:129–133.

- Tapia, J., Ferrera, R., Varela, L., Rodríguez, C., Mireles, L., Soria, J., Cisneros, R. (2008). *Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México*. Revista mexicana de micología. Vol 26:1-7. ISSN: 0187-3180
- Trouvelot, A., Kough, J., Gianinazzi, V. (1986). *Mesure du taux de mycorhization VA d'na système racinaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle*. Physiological and geneticl aspects of mycorrhizae. INRA, Paris. 261p.
- Villavicencio, A., Vásquez, W. (2008). *Guía técnica de cultivos*. Manual n° 73 Quito, Ec. INIAP. 444p.