



Efecto de las micorrizas en el cultivo de maní en un suelo pardo grisáceo ócrico

Effect of mycorrhizae on peanut cultivation in a grayish-brown ochric soil

Autores

✉ ^{1*}Gladia González Ramírez

✉ ¹Carlos Pupo Feria

✉ ¹Yamile Batista Yero

✉ ¹Maricela Pérez Méndez

¹Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias,
Universidad de Las Tunas. Cuba.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: González Ramírez, G., Pupo Feria, C., Batista Yero, Y. y Pérez Méndez, M. (2022). Efecto de las micorrizas en el cultivo de maní en un suelo pardo grisáceo ócrico. *La Técnica*, 12(1), 10-21. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v27i1.4799>

Recibido: Febrero 15, 2022

Aceptado: Mayo 25, 2022

Publicado: Junio 30, 2022

Resumen

Se evaluó el efecto de cepas micorrízicas en la efectividad de la simbiosis y productividad del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) cultivar “Cascajal rosado”, se establecieron dos experimentos de junio-diciembre 2016; uno en la fase de aclimatación, en la Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias y el otro en la Finca “Mahanain” de la CCS “José Santiago Ercilla”, en un suelo pardo grisáceo ócrico en la zona norte del municipio Las Tunas. Los tratamientos utilizados fueron: testigo, aplicación de NPK y el uso de cuatro cepas de micorrizas (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* y *Claroideoglomus claroideum*). Se determinó: longitud de la raíz, altura de la planta, número de vainas/plantas⁻¹, biomasa de 100 granos, porcentaje de micorrización y de aceite e índice de acidez del aceite. Se calculó el rendimiento agrícola. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias. Las aplicaciones de las cepas de micorrizas provocaron una respuesta positiva de las producciones de maní. La cepa que presentó mejores resultados, en la mayoría de las variables estudiadas fue *R. intraradices* seguida por *G. cubense* y *F. mosseae*. Las mayores ganancias y los menores costos por ganancia de biomasa se obtuvieron con el uso de *R. intraradices*.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*; micorrizas; porcentaje de micorrización; rendimiento.

Abstract

The effect of mycorrhizal strains on the effectiveness of symbiosis and productivity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivar ‘Cascajal rosado’ was evaluated, two experiments were established from June-December 2016; one in the acclimatization phase in the Faculty of Technical and Agricultural Sciences and the other in the “Mahanain” Farm of the CCS ‘José Santiago Ercilla’, in a grayish brown ochre soil in the northern zone of the municipality of Las Tunas. The treatments used were: control, NPK application and the use of four mycorrhizal strains (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* and *Claroideoglomus claroideum*). The following were determined: root length, plant height, number of pods-plant⁻¹, biomass of 100 grains, mycorrhizal and oil percentage and oil acidity index. Agricultural yield was calculated. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means. The applications of mycorrhizal strains caused a positive response in peanut yields. The best performing strain in most of the variables studied was *R. intraradices* followed by *G. cubense* and *F. mosseae*. The highest gains and the lowest costs per biomass gain were obtained with the use of *R. intraradices*.

Keywords: *Arachis hypogaea*; mycorrhizae; percentage of mycorrhization; yield.

Introducción

Durante mucho tiempo, los avances científicos, tecnológicos y la introducción de innovaciones permitieron que la productividad agrícola aumentara, pero en ocasiones, tales avances tuvieron consecuencias indeseables como la sobreexplotación del agua y los suelos, la ampliación desordenada de la frontera agrícola o la pérdida de la biodiversidad. Un ejemplo de lo anterior lo constituyó la llamada “Revolución Verde” que, junto con sus innegables logros en materia de productividad, también tuvo efectos negativos, como la contaminación derivada del uso de grandes cantidades de agroquímicos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2015).

Lo antes señalado evidencia la necesidad de implementar un manejo integrado para potenciar la capacidad productiva de los agroecosistemas en beneficio de un desarrollo sostenible y de la seguridad alimentaria. Además, demanda que los profesionales, técnicos y responsables de la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y conservación del recurso suelo, de modo que puedan lograr un equilibrio en el agroecosistema, que posibilite mejorar el ambiente, producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales para el país (Sánchez et al., 2011).

Los biofertilizantes constituyen una alternativa económica y ecológica sustentable en el manejo integrado de los cultivos. Permiten reducir los insumos externos, mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, así como garantizar mayor eficiencia de los fertilizantes minerales (León et al., 2016). Estos han pasado a ser, junto a los bioplaguicidas, insumos agrícolas claves en la producción agrícola sustentable (Pathak y Kumar, 2016). Dentro de ellos, los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), son ampliamente utilizados, a nivel mundial y en Cuba, en la fertilización de cultivos de importancia económica (Mujica et al., 2017; Dey y Ghosh, 2022).

El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es una leguminosa muy valorada a nivel mundial y está presente en la dieta de gran parte de la población. Para muchos pueblos constituye la principal fuente de aceite comestible de alta calidad (Zapata et al., 2012). Todas sus partes tienen beneficios en la alimentación, las semillas son una fuente primaria de proteína y aceite para el consumo humano, mientras que, los tallos, hojas y el epicarpo (las cáscaras) son empleadas en la alimentación animal. Su aceite es muypreciado en la cocina asiática y utilizado, por sus propiedades, en la confección de jabones, cremas y cosméticos (Loor y Pinargote, 2017).

Aunque las plantas de maní poseen la capacidad de explorar el suelo con su potente sistema radical que facilita la absorción de agua y nutrientes, la que puede ser potenciada con el uso de los HMA. Las hifas de las micorrizas tienen un radio aproximado de 1,5 μm (Tena et al., 2016), lo cual le permite a la raíz extender

el área de superficie de exploración del suelo e incrementar la absorción de magnesio, calcio y fósforo, entre otros (Aissa et al., 2016). El fósforo es un nutriente esencial para el desarrollo del cultivo del maní.

En el año 2014 la FAO estimó que en Cuba se sembraron cerca de 5.400 ha con una producción de 5.700 t y rendimientos cercanos a los 1,05 t·ha⁻¹ (Faostat, 2017) por debajo de los informados a nivel mundial (1,648 t·ha⁻¹). En Las Tunas, las mayores producciones de maní se obtienen en la zona sur de la provincia, con predominio de productores individuales del municipio de Amancio, donde los rendimientos han coincidido con la media nacional.

Diversas son las investigaciones indicadas en el mundo con el empleo de micorrizas por sus efectos beneficiosos en cultivos de importancia económica (Liu et al., 2016; Saxena et al., 2017; Dey y Ghosh, 2022) también en Cuba, en los últimos años, se han desarrollado variados estudios de biofertilización con HMA (Baldoquín et al., 2015; Gil, 2017). Particularmente en la provincia de Las Tunas varias investigaciones avalan el efecto positivo de estos organismos en las producciones agrícolas (Carbonell et al., 2016; Pupo et al., 2016); sin embargo, en el cultivo del maní los informes son escasos.

En Cuba se estima que el 50% de las áreas de siembra tienen bajas concentraciones de fósforo disponible para el uso agrícola y especialmente los suelos pardos grisáceos, de la región norte del municipio Las Tunas. Según Vitorazi et al. (2017) en los suelos con bajo contenido de fosfatos el desarrollo de las micorrizas pueden incrementar la capacidad de absorción de este elemento por lo que con la aplicación de este biofertilizante se potenciaría un incremento de las producciones de maní.

Lo antes señalado, evidencia la necesidad de implementar un manejo integrado para potenciar la capacidad productiva del cultivo, de ahí la importancia que se emprendan investigaciones relacionados con este tema, sobre todo, con la aplicación de fertilizantes orgánicos o biofertilizantes que contribuyan a elevar las producciones (Martín y Rivera, 2015). Por lo que el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares en variables morfológicas y productivas del maní en un suelo pardo grisáceo ócrico en condiciones semicontroladas.

Metodología

En la investigación, se desarrollaron dos experimentos, uno en la fase de aclimatización, en la Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias de la Universidad de Las Tunas, en condiciones semicontroladas y el otro en condiciones de campo en la Finca “Mahanain” perteneciente a la CCS “José Santiago Ercilla”, municipio Las Tunas, Cuba.

Para la caracterización química del suelo, se procedió a la toma de muestras según los horizontes genéticos hasta una profundidad

de 30 cm. Los muestreos se realizaron en tres minicalicatas. El suelo pertenece al agrupamiento pardo sialítico clasificado como pardo grisáceo ócrico según la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 1999). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la provincia de Camagüey.

Los datos de precipitaciones, temperatura media y la humedad relativa, fueron tomados de los registros del Centro Provincial de Meteorología en Las Tunas, perteneciente al Instituto de Meteorología (Insmet, 2017), excepto las precipitaciones en el experimento de campo, que fueron tomadas a partir de un pluviómetro ubicado en la CCS “José Santiago Ercilla”.

En los experimentos se utilizó el cultivar de maní “Cascajal rosado”. La semilla utilizada fue procedente de la cosecha anterior de un productor del cultivo. Las cepas de HMA utilizadas en los experimentos presentaron una concentración de 20 esporas·g⁻¹. Este producto se aplicó en forma de mezcla recubriendo las semillas. La mezcla se preparó 24 horas antes del momento de la siembra y tuvo una proporción inóculo/agua de 2:1.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos: testigo sin aplicación, aplicación de NPK y el uso de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares (*Rhizophagus intraradices* Walker y Schüßler, *Funneliformis mosseae* Walker y Schüßler, *Glomus cubense* Rodr. y Dalpé y *Claroideoglomus claroideum* Walker).

Las labores de cultivos realizadas durante todo el ciclo fue control de arvenses por métodos culturales (guataquea). Las demás labores culturales se realizaron siguiendo las instrucciones del Instructivo Técnico Mínimo para el Cultivo del Maní (Actaf, 2009).

Evaluación de cuatro cepas de HMA para determinar su efectividad en condiciones semicontroladas y de campo

El primer ensayo consistió en la evaluación de cuatro cepas de HMA para determinar su efectividad en condiciones semicontroladas antes de trasladar la investigación a condiciones de campo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos. Las bolsas de polietileno se llenaron con un sustrato proveniente del suelo de las áreas productivas de la finca “Mahanain”. En cada bolsa se sembraron dos semillas de maní y se procesaron 12 bolsas por tratamiento. El experimento se llevó a cabo durante los meses de junio a septiembre de 2016.

El porcentaje de colonización micorrícica total se determinó en la fase de floración. Para las evaluaciones se muestrearon las raíces de cuatro plantas por parcela a partir de aproximadamente 200 mg de raíces en cada muestra, las que se lavaron cuidadosamente con agua común y fueron secadas en estufa a 70 °C hasta biomasa constante, para ser teñidas, según metodología descrita por Phillips y Hayman (1970) modificada por Rodríguez et al. (2015).

La lectura de las muestras se realizó con un microscopio (N-200M, Trinocular C/40x). A partir de las lecturas se determinó el porcentaje de colonización micorrícica, según la metodología descrita por Sánchez de Práguer et al. (2010).

$$\% \text{ de colonización} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados}}{\# \text{ total de segmentos}} \times 100$$

Los resultados del porcentaje de colonización micorrícica se analizaron estadísticamente por comparación múltiple de proporciones, mediante el software CompaProWin (versión 2.0.1) (Castillo y Miranda, 2014).

Se evaluó la altura de la planta (AP) y la longitud de la raíz (LR), el número de vainas por planta y se calculó el rendimiento agrícola (t·ha⁻¹), en 20 plantas seleccionadas en cada uno de los tratamientos.

Los datos obtenidos, excepto los del porcentaje de micorrización, se sometieron al análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon utilizando el test de Tukey para un nivel de significación $\alpha = 0,05\%$ (Bouza y Sistachs, 2002), con el uso del paquete estadístico InfoStat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016).

El segundo experimento se condujo desde el mes de septiembre hasta diciembre de 2016, en condiciones de campo. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar. Se establecieron seis tratamientos con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental contó con un área total de 12 m² compuesta por cinco surcos de 3 m de longitud. La siembra se realizó de manera manual con un marco de 0,60 m x 0,10 m y se depositaron dos semillas por hoyo a una profundidad de 3 a 4 cm, aproximadamente de acuerdo al Manual de Cultivos y Técnicas para su Producción (Minag, 2015). Para las mediciones se tomaron un total de 20 plantas por parcela, es decir, 10 plantas de los surcos del centro. Los surcos exteriores se desecharon para evitar el efecto de borde.

Se evaluaron las siguientes variables: biomasa de 100 granos (g), el porcentaje de micorrización, altura de las plantas, longitud de las raíces y rendimiento, se analizaron según lo descrito en la primera evaluación.

El porcentaje de aceite se determinó por el método Soxhlet o Solventes (Núñez, 2008). Para ellos se trituraron 10 g de semillas de maní en morteros. Las muestras se trataron con una mezcla de benceno-etanol (3:2 v/v). El material fue pesado antes y después de la extracción, y por diferencia de biomasa se calculó el porcentaje de aceite.

El índice de acidez se determinó con el uso de la fórmula empleada por Leal et al. (2017):

$$I.A = \frac{56,1 \times N \times V}{m}$$

Donde: N= normalidad de la solución de KOH utilizada en la titulación de la muestra, V= mililitros de la solución de KOH, gastados en la titulación de la muestra 56,1: equivalentes de KOH y P= biomasa de la muestra en gramos.

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza de clasificación doble con el mismo nivel de significación y el empleo del paquete estadístico utilizado en el experimento 1. Se realizó el análisis económico por el método comparativo. Se determinaron los costos, ingresos o valor de la producción, ganancias y el costo por biomasa de cada tratamiento.

Resultados

Evaluación de la efectividad de cuatro cepas de HMA en condiciones semicontroladas y de campo

En condiciones semicontroladas la inoculación con las diferentes cepas de HMA provocó un incremento en los porcentajes de colonización micorrícica con respecto a las plantas colonizadas por cepas nativas (tabla 1). Los porcentajes de colonización estadísticamente superiores se observaron con el empleo de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* las que no difirieron estadísticamente entre sí, seguidas por *F. mosseae* quien no difirió de esta última. De las cepas utilizadas, *C. claroideum* fue la que más bajos porcentajes de colonización presentó. Los menores valores de colonización observados se presentaron en el testigo sin aplicación y con la aplicación de NPK, sin diferencias estadísticas entre ellos.

En este experimento también se comprobó que en condiciones de campo la inoculación con las diferentes cepas de micorrizas indujo un incremento en los porcentajes de colonización respecto a las plantas colonizadas por cepas nativas (tabla 1). Los porcentajes de colonización superiores se observaron con la inoculación de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* que no difirieron estadísticamente entre sí. A su vez, este último tratamiento no difirió de los porcentajes obtenidos con el empleo de *F. mosseae*. Mientras que *C. claroideum* obtuvo un resultado intermedio entre estos y el testigo sin aplicación y la aplicación de NPK tratamientos donde se obtuvieron los valores de colonización estadísticamente inferiores. El comportamiento fue similar tanto en condiciones semicontroladas como en campo; no obstante, en general la colonización de las micorrizas fue mayor bajo condiciones semicontroladas.

Bajo condiciones semicontroladas las mayores alturas de las plantas (tabla 2) se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético, así como, con la aplicación de las cepas de micorrizas de *R. intraradices* y *F. mosseae*. Estos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí. En el testigo sin aplicación se obtuvieron las plantas más pequeñas, mientras que las cepas de *G. cubense* y *C. claroideum* presentaron un comportamiento intermedio. Así mismo, las raíces más largas (tabla 2) se observaron con el uso de la cepa de *R. intraradices* la que fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, seguida por la aplicación de NPK, la cual no difirió de las longitudes de las raíces obtenidas con la cepa de *G. cubense*. El tratamiento donde se obtuvieron las raíces más cortas fue en el testigo sin aplicación.

En campo, la influencia de la aplicación de las cepas de micorrizas y de NPK en la altura de las plantas de maní (tabla 2),

favoreció un crecimiento estadísticamente superior al testigo sin aplicación, excepto con la cepa *C. claroideum*.

Tabla 1. Porcentaje de colonización micorrícica en raíces de maní en condiciones semicontroladas y de campo.

Tratamiento	Condiciones semicontroladas	Condiciones de campo
	Colonización (%)	Colonización (%)
Testigo sin aplicación	20,50 d	21,25 d
Aplicación de NPK	15,50 d	14,37 d
Rhizophagus intraradices	88,75 a	80,00 a
Funneliformis mosseae	67,50 b	65,62 b
Glomus cubense	82,50 ab	73,75 ab
Claroideoglomus claroideum	45,00 c	43,75 c
CV (%)	0,24	0,16
EE $\bar{x}$	0,10	0,07

Medias con letras distintas en una misma columna indicaron diferencias significativas para Wald por corrección ($P < 0,05$).

La respuesta del cultivo de maní a la aplicación de las cepas de micorrizas respecto a la longitud de las raíces (tabla 2) mostró que las mayores longitudes se obtuvieron con la aplicación de fertilizante sintético y con el uso de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* quienes no difirieron estadísticamente de las longitudes obtenidas con la aplicación de *F. mosseae* y de la cepa de *C. claroideum*. Estos últimos tratamientos a su vez no difirieron de los resultados obtenidos en el testigo sin ninguna aplicación, el cual presentó las menores longitudes de las raíces.

Vale la pena destacar que, con relación a la altura de las plantas, esta fue mayor en todos los tratamientos conducidos en condiciones semicontroladas al compararlos con los valores obtenidos en condiciones de campo, el cual fue prácticamente duplicado para todos los tratamientos cuando se evaluaron en condiciones semicontroladas. Con respecto a la longitud de las raíces, aunque fue mayor en todos los tratamientos manejados bajo condiciones semicontroladas, la proporción en la diferencia bajo condiciones de campo fue mucho menor. En otras palabras,

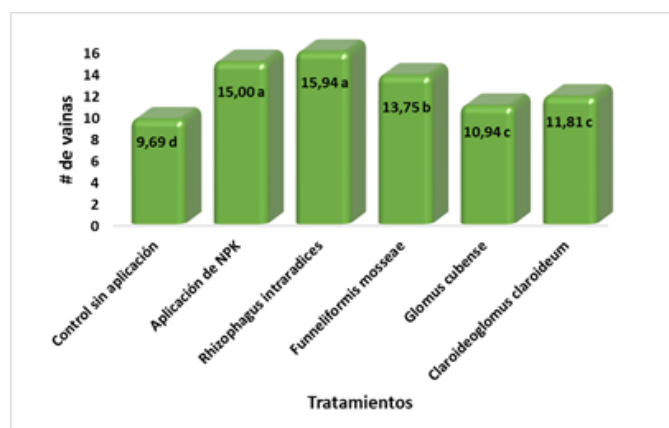
Tabla 2. Altura de las plantas y longitud de las raíces de maní al momento de la cosecha en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Condiciones semicontroladas		Condiciones de campo	
	Altura de las plantas (cm)	Longitud de las raíces (cm)	Altura de las plantas (cm)	Longitud de las raíces (cm)
Testigo sin aplicación	44,64 c	14,76 e	34,90 b	11,51 b
Aplicación de NPK	60,38 a	19,04 b	37,02 a	12,30 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	61,53 a	21,58 a	37,39 a	12,43 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	59,14 a	17,86 cd	36,70 a	11,99 ab
<i>Glomus cubense</i>	52,66 b	18,51 bc	37,44 a	12,33 a
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	54,44 b	17,16 d	36,53 ab	11,82 ab
CV (%)	5,29	5,33	10,33	12,66
EE $\bar{X}$	0,73	0,24	0,42	0,16

Medias con letras distintas en una misma columna indicaron diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

el crecimiento de las raíces fue similar bajo las dos condiciones de estudio, no así la longitud de las plantas, la cual fue mayor en condiciones semicontroladas (tabla 2).

El mayor número de vainas por plantas se obtuvo con el uso de la cepa de micorriza *R. intraradices* y con la aplicación de NPK, difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos. El tratamiento que menos vainas por plantas presentó fue el testigo mientras que los demás tratamientos tuvieron un comportamiento intermedio (figura 1).

**Figura 1.** Número de vainas por plantas de maní en condiciones semicontroladas.

Medias con letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de medias múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

En las condiciones semicontroladas donde se desarrolló el experimento los mayores rendimientos se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético y con el uso de *R. intraradices* quienes difirieron estadísticamente del resto de los tratamientos (tabla 3). Así mismo, las cepas de *G. cubense* y *F. mosseae* presentaron un comportamiento intermedio y a su vez difirieron de los rendimientos alcanzados por la cepa de *C. claroideum* y el testigo sin aplicación que fueron los tratamientos que obtuvieron los rendimientos inferiores.

Estos resultados implicaron incrementos en el rendimiento respecto al testigo sin aplicación, comprendidos entre los 3,12 y 25%. En este último caso, se encontró que el uso de *R. intraradices* provocó un incremento de 0,32 t·ha⁻¹ seguido por la aplicación de NPK (0,31 t·ha⁻¹) mientras que las cepas *G. cubense* y *F. mosseae* incrementaron los rendimientos en 0,22 y 0,14 t·ha⁻¹, respectivamente.

Por otro lado, bajo condiciones de campo, la aplicación de las diferentes cepas de HMA favoreció el incremento de la biomasa de 100 granos respecto al testigo sin aplicación (tabla 4). Los tratamientos que mejor se comportaron fueron nuevamente la aplicación de NPK y de la cepa de *R. intraradices* seguidos por *F. mosseae* y *G. cubense*. Las menores biomásas de 100 granos se obtuvieron con el tratamiento compuesto por la cepa *C. claroideum* y en el testigo sin aplicación.

Tabla 3. Rendimiento del maní en granos en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Rendimiento (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (%)
Testigo sin aplicación	1,28 c	0,00	0,00
Aplicación de NPK	1,59 a	0,31	24,21
<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,60 a	0,32	25,00
<i>Funneliformis mosseae</i>	1,42 b	0,14	10,90
<i>Glomus cubense</i>	1,50 b	0,22	17,18
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	1,32 c	0,04	3,12
CV (%)	13,99	-	-
EE $\bar{X}$	0,0215	-	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 4. Biomasa de 100 granos de maní en condiciones de campo.

Tratamiento	Biomasa de 100 granos (g)
Testigo sin aplicación	40,65 c
Aplicación de NPK	45,90 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	46,93 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	42,65 b
<i>Glomus cubense</i>	42,48 b
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	40,78 c
CV (%)	1,24
EE $\bar{X}$	0,22

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para la prueba de medias múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

Los mayores rendimientos en granos (tabla 5) se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético y con el uso de *R. intraradices*, difiriendo estadísticamente al resto de los tratamientos.

Así mismo, las cepas de *G. cubense* y de *F. mosseae* presentaron un comportamiento intermedio y a su vez difirieron de los rendimientos alcanzados por la cepa de *C. claroideum* y el testigo sin aplicación que fueron los tratamientos que obtuvieron los más bajos rendimientos.

Estos resultados implicaron incrementos en el rendimiento en granos respecto al testigo sin fertilizar comprendidos entre 2,15 y 24,73%. En este último caso, se encontró que el uso de NPK provocó un incremento de 0,23 t·ha⁻¹ seguido de *R. intraradices* (0,22 t·ha⁻¹) mientras que las cepas de *G. cubense* y *F. mosseae* incrementaron los rendimientos en 0,15 y 0,12 t·ha⁻¹, respectivamente.

Por otro lado, también se analizó el posible efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos en el porcentaje de aceite obtenidos a partir de granos de maní y el índice de acidez. Como se observa en la tabla 6, en los tratamientos donde se aplicaron las diferentes cepas de micorrizas se obtuvieron porcentajes de aceite estadísticamente superiores al testigo sin aplicación. El porcentaje de aceite superior se alcanzó con el empleo de la cepa de *R. intraradices* aunque no difirió de los obtenidos con las cepas de *G. cubense*, *F. mosseae* y la aplicación de NPK, los que

a su vez tampoco difirieron estadísticamente de *C. claroideum* y del testigo sin aplicación que fue el que menos porcentaje de aceite presentó.

Tabla 5. Rendimiento del maní en granos en condiciones de campo.

Tratamiento	Rendimiento en granos (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (%)
Testigo sin aplicación	0,93 c	0,00	0,00
Aplicación de NPK	1,16 a	0,23	24,73
<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,15 a	0,22	23,65
<i>Funneliformis mosseae</i>	1,05 b	0,12	12,90
<i>Glomus cubense</i>	1,08 b	0,15	16,12
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	0,95 c	0,02	2,15
CV %	11,03	-	-
EE $\bar{X}$	0,01	-	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 6. Porcentaje de aceite en granos de maní en condiciones de campo.

Tratamiento	Aceite (%)	Índice de acidez (%)
Testigo sin aplicación	46,70 c	1,46
Aplicación de NPK	48,75 abc	1,85
<i>Rhizophagus intraradices</i>	50,55 a	3,20
<i>Funneliformis mosseae</i>	49,05 abc	2,78
<i>Glomus cubense</i>	49,05 ab	3,29
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	47,80 bc	3,56
CV %	2,04	-
EE $\bar{X}$	0,09	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Así mismo, respecto al índice de acidez del aceite (Tabla 6) se observó una marcada diferencia entre los resultados obtenidos con el empleo de las cepas de HMA y los tratamientos no

micorrizados. Los valores más elevados se obtuvieron con el empleo de la cepa de *C. claroideum* seguidos por *G. cubense* y *R. intraradices*. Los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicó NPK y con el testigo sin aplicación.

Valoración económica

En condiciones de campo, las mayores ganancias y los menores costos por biomásas se obtuvieron con la aplicación de la cepa de HMA *R. intraradices* (tabla 7).

Tabla 7. Valoración económica de los resultados obtenidos en condiciones de campo.

Tratamiento	Rend. (t·ha ⁻¹)	VP (\$·ha ⁻¹)	Cp (\$·ha ⁻¹)	C (\$)	Ganancias (\$·ha ⁻¹)
Testigo sin aplicación	0,93 c	26 679,40	20 000,00	0,75	6679,40
Aplicación de NPK	1,16 a	33 277,50	23 667,00	0,71	9610,01
Rhizophagus intraradices	1,15 a	32 990,60	20 100,00	0,61	12890,60
Funneliformis mosseae	1,05 b	30 121,90	20 100,00	0,67	10021,90
Glomus cubense	1,08 b	30 982,50	20 100,00	0,65	10882,50
Claroideoglomus claroideum	0,95 c	27 253,10	20 100,00	0,74	7153,10

Leyenda: Rend.= rendimiento, Cp= costo de producción, VP= valor de la producción, C= costo por peso.

Discusión

Efectividad de cuatro cepas de HMA en condiciones semi-controladas y en condiciones de campo

Condiciones semicontroladas

El menor porcentaje de micorrización observado en el tratamiento donde se aplicó NPK, pudo estar dado por el incremento de la disponibilidad de fósforo inorgánico (Pi) en el suelo. Se considera que elevados contenidos de Pi inhiben el establecimiento de la simbiosis de los HMA y las raíces de las plantas. Este fenómeno se explicó por la reducción de la biosíntesis de estrigolactona, hormona muy importante que interviene en el proceso de simbiosis (Waters et al., 2012).

Mujica et al. (2017) señalaron porcentajes de micorrización en maní por debajo del 50%, inferiores a los obtenidos en esta investigación, con el empleo de la cepa de *G. cubense* en experimentos llevados a cabo en la región occidental del país. La diferencia de los resultados alcanzados, entre las distintas cepas de micorrizas pudiera estar relacionada con el efecto que ejerce, en su establecimiento, las propiedades físicas y químicas del suelo.

El pH del suelo constituye una de las propiedades relacionada con la variación de la efectividad de las cepas inoculadas (Martín et al., 2017), lo que posiblemente esté en correspondencia con la importancia de la reacción del suelo, sobre la ocurrencia y distribución de las cepas de HMA en los diferentes agroecosistemas, aunque se ha considerado que las micorrizas pueden tolerar condiciones adversas de pH por modificación de

la micorrizósfera durante el proceso de toma de nutrientes (Pérez et al., 2011).

Lloor y Pinargote (2017) reportaron alturas de las plantas de maní similares a las alcanzadas en esta investigación, al estudiar la influencia del uso combinado de micorrizas (*Glomus* sp.) y roca fosfórica sobre la productividad del cultivo en Ecuador. Así mismo, Yadav y Aggarwal (2015) al estudiar el efecto individual y asociativo de dos cepas de micorrizas con *Trichoderma viride* y una bacteria promotora del crecimiento vegetal (*Pseudomonas fluorescens*) en el cultivo del maní alcanzaron una altura promedio de 41 cm con la aplicación de la cepa de *F. mosseae*, inferior a la alcanzada en esta investigación.

Torres de los Santos (2014) encontró un incremento en la longitud y el volumen de las raíces de plantas micorrizadas con *R. intraradices* combinadas con diferentes dosis de etileno. Por otro lado, las plantas micorrizadas presentaron un sistema radical más desarrollado y producto a la simbiosis, la planta fue capaz de captar mayor cantidad de agua y nutrientes (Paredes y Zonta, 2015). Estos autores demostraron que la longitud de la raíz se favoreció con la aplicación de micorrizas. El micelio fúngico externo se extendió más allá de la zona de agotamiento de los nutrientes que rodearon la raíz.

La diferencia respecto a la altura de las plantas y longitud de las raíces de las plantas alcanzadas con el empleo de las cepas de HMA pudo deberse, sobre todo, al incremento de la eficiencia del sistema radical en la absorción de nutrientes, especialmente fósforo (Viera et al., 2017). Como se conoce, este elemento es vital para la activación del crecimiento del maní (Casanova y García, 2014).

Resultados similares a los obtenidos en esta investigación fueron señalados por Mujica et al. (2017) en la provincia de Mayabeque. Los autores encontraron 12,44 vainas·plantas⁻¹ con la aplicación de la cepa de *G. cubense*. Es necesario aclarar que estos investigadores no precisaron el cultivar de maní utilizado. La colonización por HMA promovió el aumento de la concentración de hidratos de carbono solubles y de clorofila en las hojas y por consiguiente un aumento de la capacidad fotosintética (Boomsma y Vyn, 2008), lo que pudo favorecer el incremento de la cantidad de vainas·plantas⁻¹.

Resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación fueron encontrados por Molinet et al. (2015) al obtener rendimientos por debajo de 1 t·ha⁻¹ con el uso combinado de EcoMic® y Azotofos® y de EcoMic® de forma independiente en un suelo Fluvisol poco diferenciado de la provincia Granma, con el uso del mismo cultivar utilizado en esta investigación.

Condiciones de campo

La respuesta encontrada en los tratamientos testigo sin aplicación y la aplicación de NPK, para los indicadores de funcionamiento micorrícico pudo estar relacionada a la presencia de cepas nativas de micorrizas menos competitivas residentes en el suelo donde se desarrolló este estudio. Además, la diversidad y composición de la comunidad de HMA nativos dependió fuertemente del tipo de suelo y de la intensidad del uso de la tierra (Oehl et al., 2010).

Pereira et al. (2001) encontraron porcentajes de micorrización similares a los obtenidos en esta investigación con el empleo de la cepa de *R. intraradices* e inferiores con la cepa de *F. mosseae*. Según Pérez et al. (2011) el efecto del pH puede estar relacionado con la disponibilidad de Pi, lo cual puede afectar la función del HMA. Algunas especies de micorrizas no se adaptan a condiciones de pH diferentes al suelo de su origen donde fueron aisladas, por eso se considera el fósforo como esencial en su establecimiento de acuerdo al tipo de suelo (Martín y Rivera, 2015).

Resultados superiores obtuvieron Yadav y Aggarwal (2015) al estudiar el efecto individual y asociativo de dos cepas de micorrizas y dos bacterias promotoras del crecimiento vegetal en maní, en la India, con un cultivar diferente al utilizado en esta investigación. Con la aplicación de la cepa *F. mosseae* obtuvieron raíces de 18,48 cm de largo como promedio.

En las condiciones estudiadas el efecto positivo de la aplicación de las diferentes cepas de HMA en comparación con los tratamientos no micorrizados pudo estar dado porque las hifas de los hongos estuvieron mejores adaptadas para captar los nutrientes a través de una rápida proliferación y mayor capacidad competitiva con los microbios del suelo (Smith y Read, 2008).

En las condiciones del suelo estudiado, con pH medianamente ácido, se ha indicado una alta efectividad de la cepa de *F. mosseae* (Rivera et al., 2014). Sin embargo, los resultados obtenidos con la cepa en esta investigación no se correspondieron con dicha afirmación, cuando se comparó con los beneficios observados con la cepa de *R. intraradices* que fue la que presentó los mayores valores en casi todas las variables evaluadas.

Rivera et al. (2013) refirieron que la cepa de *R. intraradices* ha funcionado adecuadamente en los suelos pardos con carbonatos, para diversos cultivos, bajo el concepto de que el tipo de suelo, ha de ser el criterio fundamental para definir cuál o cuáles fueron las especies y cepas eficientes para una condición edafoclimática específica. Información que estuvo en correspondencia con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que la cepa de *R. intraradices* tuvo mejor efecto simbiótico para este tipo de suelo con respecto a la cepa de *G. cubense* en la variable longitud de la raíz.

Molinet et al. (2015) obtuvieron mayores biomásas de 100 granos de maní con el uso de EcoMic® de forma independiente y combinada con Azotofos® en un suelo Fluvisol de la provincia Granma, con un pH ligeramente ácido, con el cultivar Cascajal rosado; mientras que, Quintero (2014) en la provincia de Villa Clara obtuvo biomásas similares a las alcanzadas en esta investigación con la aplicación de una fórmula completa al momento de la siembra y riego con un cultivar distinto y en época poco lluviosa.

El efecto positivo de los HMA sobre las producciones agrícolas es ampliamente reconocido. Medina-García (2016) plantearon que las micorrizas mejoraron la capacidad de absorción de agua y de nutrientes del suelo ya que sus hifas, al explorar el suelo, llegaron a los lugares donde difícilmente podrían llegar las raíces de las plantas por sí solas. Además, los HMA incrementaron la conductividad hidráulica de las raíces y favorecieron la adaptación del balance osmótico (Porrás et al., 2009).

Mujica et al. (2017) obtuvieron resultados superiores a los encontrados en esta investigación con la aplicación de la cepa de *G. cubense* en un suelo ferralítico rojo lixiviado en la provincia de Mayabeque. Estos autores obtuvieron los rendimientos más elevados con el uso de la cepa de micorriza combinada con Azofert®, inoculante líquido a base de bacterias del género *Rhizobium*.

La diferencia respecto a los rendimientos obtenidos con el empleo de las cepas de HMA, estuvo relacionado con los porcentajes de micorrización que presentaron cada una de ellas. En este sentido, la planta puede absorber y asimilar más agua, minerales (nitrógeno y fósforo) e iones poco móviles (ácido fosfórico, amoníaco, zinc, cobre, magnesio), favoreciéndose su balance hídrico y nutrición (Garzón, 2016).

Otro elemento distintivo que determina la eficiencia de la aplicación de inoculantes microbianos y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas son las condiciones climáticas. En Cuba, como en muchas regiones tropicales, la producción agrícola se favorece en el periodo lluvioso. Ello se debe no solo a la mayor cantidad de precipitaciones, sino también a los mayores niveles de temperatura y humedad que concurren durante ese periodo, lo cual pudiera determinar la respuesta en las inoculaciones de microorganismos (Mujica et al., 2017).

Durante el periodo experimental, la temperatura media imperante estuvo entre los 24 y los 26,9 °C, lo cual favoreció el desarrollo y crecimiento de las plantas. Estas temperaturas han sido consideradas como óptimas para el crecimiento vegetativo del maní. AgroNet (2004) planteó que la temperatura óptima para todas las fases del ciclo vegetativo puede variar entre 21 y 27 °C. Sin embargo, estas temperaturas no fueron favorables para el crecimiento de las vainas ya que según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos la proporción máxima de crecimiento de la vaina está entre 30 y 34 °C (A.D., 2010).

Por su parte, el acumulado de precipitaciones fue de 269,4 mm lo cual estuvo por debajo de las necesidades hídricas del cultivo y más si se tiene en cuenta que la investigación se desarrolló en condiciones de secano. Pedelini (2012) argumentó que la cantidad de agua requerida para que el maní pueda expresar su potencial de rendimiento, debe ser aproximadamente entre 600 y 700 mm de agua bien distribuidos durante el ciclo. Sin embargo,

es necesario aclarar que la mayor parte del requerimiento de agua fue necesario durante las fases de germinación, crecimiento y floración (AgroNet, 2004), fases en la que en las condiciones experimentales ocurrieron las mayores precipitaciones.

Respecto a la humedad relativa estuvo en la escala óptima sobre todo para la cosecha ya que según Casa (2014) la humedad relativa idónea para la cosecha del maní debe oscilar entre 35 a 50% para que las vainas se puedan separar fácilmente de las plantas. Así mismo, el suelo objeto de estudio fue considerado medianamente ácido en el horizonte donde fundamentalmente se desarrolló el sistema radical de las plantas de maní, lo que no fue favorable para su crecimiento y desarrollo. Según Lavia y Fernández (1999) el maní se desarrolló mejor con un pH ligeramente ácido (6,0 a 6,5); un pH de 5,5 a 7,0 fue aceptable y algunas variedades pueden adaptarse a valores de pH hasta 7,8.

Estos resultados evidenciaron el posible efecto positivo de las cepas de micorrizas en el porcentaje de aceite ya que se obtuvieron valores superiores a los encontrados por Minag (2015) quien planteó que el porcentaje de aceite del cultivar Cascajal rosado fue de 46%. Al respecto, Martínez et al. (2013) indicaron porcentajes de aceites superiores a los obtenidos en esta investigación con el empleo de solventes similares, pero con cultivares diferentes y en las condiciones de México.

Esta variable es muy importante, sobre todo, si se tiene en cuenta el elevado costo del aceite de maní en el mercado internacional, las potencialidades que existen en Cuba para producirlo y los beneficios aparejados a su consumo ya que se considera que los granos de maní contienen importantes componentes para la nutrición humana. De acuerdo con Venkatachalam y Sathe (2006) su alto valor nutricional se atribuyó a la presencia de componentes biológicamente activos, tales como: tocoferoles, flavonoides, fitoesteroles; así como un alto contenido de proteína y presencia de ácidos grasos fácilmente digeribles.

Los resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro del intervalo establecido por la FAO/OMS (2017) en el Codex Alimentarius en los parámetros que determinan la calidad de aceites y grasas comestibles donde se establece que un valor elevado del 5% de acidez indica que el aceite contiene alta cantidad de ácidos grasos libres, generado por un alto contenido de hidrólisis (Martínez et al., 2011).

En esta investigación se obtuvieron resultados inferiores al 5% de acidez, pero mayores a los reportados por Martínez et al. (2013) al obtener valores entre 0,3 y 0,6%. Mientras que Pascual et al. (2006) registraron para 10 recolectas de maní en Argentina, valores promedio entre 0,315 y 0,490%, los cuales fueron considerados relativamente bajos.

Los resultados de este análisis económico dependieron en gran medida de los rendimientos alcanzados, apoyados por el efecto del biofertilizante empleado y de su menor costo. Aun cuando los rendimientos obtenidos con el empleo del fertilizante químico fueron superiores a los demás tratamientos, sus elevados precios de ventas hicieron que los costos por biomasa obtenida se incrementaron y las ganancias disminuyeron.

Por otro lado, desde el punto de vista ambiental la aplicación excesiva de fertilizantes químicos originó daños debido, entre

otros efectos, a la contaminación de las aguas por nitratos (Melián, 2017). Además, fueron contaminantes del suelo y de los alimentos (Moreno, 2017).

Conclusiones

La aplicación de las cepas de *R. intraradices* seguidas por *G. cubense* y *F. mosseae* provocan una respuesta positiva de las producciones de maní, tanto en las condiciones experimentales semicontroladas como de campo, al compararlo con el testigo sin fertilizar. Manifestado a través de los porcentajes de micorrización superiores observados tanto en condiciones semicontroladas como de campo, con el empleo de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense*. Independientemente de las condiciones experimentales (semicontroladas y de campo) los mayores resultados de las variables morfológicas se presentan con las cepas de *R. intraradices*, *G. cubense* y *F. mosseae*.

Los mayores rendimientos en granos y en aceite se dan con el empleo de *R. intraradices*, con menor impacto ambiental, y la aplicación de NPK, superiores a la media nacional. Igualmente, las mayores ganancias y los menores costos por biomasa se presentan al utilizar *R. intraradices*.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Actaf. (2009). *Instructivo técnico mínimo del maní*. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (Actaf). Biblioteca Actaf. La Habana, Cuba.
- A.D. (Agriculture Department). (2010). *Peanut cultivation under drip fertigation*. Agro-Knowledge Management. Netafim Ltd., Israel.
- AgroNet. (2004). *Características técnicas del cultivo del maní*. México.
- Ahmad, N., Rahim, M. y Khan, U. (2007). Evaluation of different varieties, seed rates and row spacing of groundnut, planted under agro-ecological conditions of Malakand division. *J. Agron.*, 6, 385-387.
- Aissa, E., Mougou, A. y Kouki, K. (2016). Influence of mycorrhizal inoculation and source of phosphorus on growth and nutrient uptake of pepper (*Capsicum annum* L.) in calcareous soil. *Agriculture and Biotechnology*, 28(5), 1589-1595.
- Baldoquín, M., Alonso, M., Gómez, Y. y Bertot, I. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant. *Centro Agrícola*, 42(3), 53-57.
- Boomsma, C. R. y Vyn T. J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Field Crops Res.*, 108, 14-31.
- Bouza, H. C. M. y Sistachs, V. (2002). Estadística. Teoría y ejercicios. Editorial Félix Varela: La Habana, Cuba.

- Carbonell, L., Darlis, R. y Téllez, A. (2016). Evaluación de la fertilización química y biológica en el cultivo de la cebolla bajo condiciones edafoclimáticas. Estudio de caso. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Año: III (3).
- Casa. (2014). *Gerencia del control de la calidad del maní (Arachis hypogaea L.)*. Corporación de abastecimiento y servicio agrícola (Casa).
- Casanova, Z. A. y García, M. R. (2014). *Efecto de seis densidades de siembra en el cultivo de maní (Arachis hypogaea L.) variedad Georgia 06-G con manejo agroecológico, en el municipio de Télica, departamento de León, periodo agosto-diciembre 2013*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Castillo, Y. y Miranda, I. (2014). *CompaproWin 2.0.1*. Sistema de comparación múltiple de proporciones.
- Dey, M., y Ghosh, S. (2022). Arbuscular mycorrhizae in plant immunity and crop pathogen control. *Rhizosphere*, 22, 100524.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2016). *InfoStat, versión 2016*. Paquete estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- FAO/OMS. *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias Comisión del Codex Alimentarius*. Revisión de la Norma para aceites vegetales especificados (CODEX STAN 210-1999): revisión de los parámetros de calidad para el aceite de maní (cacahuete).
- Faostat. (2017). *Principales indicadores productivos del cultivo del maní (Arachis hypogaea, L.) durante el año 2014*. Estadísticas de la FAO. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura (FAO).
- Garzón, L. P. (2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia colombiana. *Revista Luna Azul*, 42, 217-225.
- Gil, M. M. (2017). Efecto de biopreparados sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 6-10.
- Hernández, A. J., Pérez, J. M., Bosch, D. y Rivero, L. (1999). *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos (Minag). Agrinfor: La Habana, Cuba.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015). *Una productividad competitiva, incluyente y sustentable: oportunidad para el continente americano*. Documento técnico Encuentro de Ministros de Agricultura de las Américas. Decimoctava Reunión Ordinaria de la Junta Interamericana de Agricultura (JIA). Cancún-Riviera Maya, México. 19-23 de octubre, 2015.
- Insmet. (2017). *Informe de variables meteorológicas para el periodo junio de 2016 a diciembre de 2016*. Impresión ligera. Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente. Las Tunas.
- Jaimez, S. E. (2012). *Comunicación personal*. Investigador Auxiliar IGA – CITMA. Especialista en Geografía de los Suelos y el Carso.
- Lavia, G. y Fernández, A. (1999). *Caracterización cromosómica de germoplasma de Maníes silvestre pertenecientes a las secciones Extranervosae, Heteranthae y Arachis*. Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE) - UNNE-CONICET: Corrientes, Argentina.
- Leal, J. F. V., Hernández, R. I., Méndez, G. D. J., Cuellar, N. L. y Mosquera, A. J. D. (2017). Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1343-1356.
- León, Y., Martínez, R., Dibut, B., Hernández, J. M. y Hernández, B. (2016). Factibilidad económica de la aplicación de inoculantes microbianos en el cultivo del tabaco negro. *Cultivos Tropicales*, 37(1), 28-33.
- Liu, D. Y., Li, M., Sun, W. X., y Liu, R. J. (2016). Selection of combinations of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria against cucumber Fusarium wilt disease. *Acta Phytopathologica Sinica*, 46(6), 821-832.
- Lloor, V. V. R. y Pinargote, S. L. J. (2017). *Influencia del uso combinado de micorrizas (Glomus sp.) y roca fosfórica sobre la productividad del cultivo de maní (Arachis hypogaea, L.)*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Manabí. Ecuador.
- Martínez, S. J., Fernández, G. I., Espinosa, P. N., de la Cruz, M. F. R., Martínez, V. B. B. y Hernández, C. M. C. (2013). *Características físicas y químicas del aceite de cacahuete de diferentes variedades cultivadas en Chiapas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. Folleto Técnico No. 16. 35 p.
- Martínez, V. B., Solís, B. J. L. y Zamarripa, A. (2011). *Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (Ricinus communis L.) para la producción de bioenergéticos*.

- Nota de investigación. Proyecto Desarrollo de Tecnologías Sustentables de Producción de Insumos Competitivos para la Obtención de Biocombustibles en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias.
- Martín, G. M. y Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos Tropicales*, 36, 34-50.
- Martín, M.G., Tamayo, A. Y., Ramírez, P. J. F., Varela, N. M. y Rivera, E. R. (2017). Relación entre la respuesta de Canavalia ensiformis a la inoculación micorrízica y algunas propiedades químicas del suelo. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 24-29.
- Medina-García, L. R. (2016). La agricultura, la salinidad y los hongos micorrízicos arbusculares una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 42-49.
- Melián, N. A. (2017). Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente. *Agua y Territorio*, 8, 80-92.
- Minag. (2015). *Cultivos y técnicas para su producción*. Ministerio de la agricultura. UEICA-H, PIAL, Las Tunas. p. 18-20.
- Molinet, D., Santiesteban, R. y Fonseca, R. (2015). Respuesta del cultivo del maní a la nutrición biológica sobre un suelo fluvisol poco diferenciado de la provincia Granma. *Granma Ciencia*, 19(3).
- Moreno, Á. A. T. (2017). Uso de abonos orgánicos para el desarrollo sustentable de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana. *Scientific*, 2(3), 99-117.
- Mujica, P., Y., Medina, C. A. y Rodríguez, G. E. (2017). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Cultivos Tropicales*, 38(2), 15-21.
- Núñez, C. E. (2008). *Extracciones con Soxhlet*. <https://www.yumpu.com/es/document/view/48898557/extracciones-con-equipo-soxhlet-cenunezcomar>
- Oehl, F., Laczko, E., Bogenrieder, A., Stahr, K., Bösch, R. y van der Heijden M. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biol. Biochem.*, 42(5), 724-38.
- Paredes, S. B. y Zonta, A. (2015). Desarrollo inicial de plantas de Cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) con corrección de acidez del suelo y aplicación de micorrizas. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, 5, 23-28.
- Pascual, Ch. G., Molina, M. S., Morales, S. C., Valdivia, G. K. y Quispe, J. F. (2006). Extracción y caracterización de aceite de diez entradas de semilla de maní (*Arachis hypogaea*, L.) y elaboración de maní bañado con chocolate. *Mosaico Científico*, 3(1), 12-25.
- Pathak, D. V. y Kumar, M. (2016). *Microbial inoculants as biofertilizers and biopesticides*. En: Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. D. P. Singh, H. B. Singh & R. Prabha (Eds.).
- Pedelini, R. (2012). *Maní. Guía práctica para su cultivo*. Boletín de divulgación técnica Nro 2. Segunda edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Pereira, G., Sánchez, M., Ríos, D. y Herrera, M. A. (2001). Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Bosque*, 22(2), 39-44.
- Pérez, A., Sierra, J. R. y Montes, V. D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 3(2), 366-385.
- Phillips, J. & Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of the infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-161.
- Porras, S. A., Soriano, M. M. L., Porras, P. A. y Azcón, R. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology*, 166(13), 1350-1359.
- Pupo, C., González, G., Carmenate, O., Peña, L., Pérez, V. y Rodríguez, E. (2016). Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum*, L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 57-66.
- Quintero, J. A. (2014). *Efecto de la fertilización y el riego, en la sanidad y rendimientos agrícolas en maní (Arachis hypogaea, L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
- Rivera, E. R., Fernández, S. K., Ruiz, M. L., González, C. P. J. y Martín, A. G. (2014). *Beneficios y factibilidad del modelo planta micorrizada eficientemente como elemento constitutivo de la producción agrícola*. En: XIX Congreso Científico Internacional, Ed. Ediciones Inca, Mayabeque, Cuba.
- Rivera, E. R., Nápoles, M. C. y Espinosa, A. (2013). *Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos*. Anexo informe anual del megaproyecto. p. 18.
- Rodríguez, Y. J., Arias, P. L., Medina, C. A., Mujica, P. Y., Medina, G. L. R., Fernández, S. K. y Mena, E. A. (2015). Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 18-21.
- Sánchez de Práguer, M., Posada, R., Velázquez, D. y Narváez, M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

- Sánchez, S., Hernández, M. y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Saxena, B., Shukla, K. y Giri, B. (2017). *Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants*. In: *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants* p. 67-97. Springer Singapore.
- Smith, S. y Read, D. (2008). *Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza*. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press: London. p. 42-90.
- Tena, A. R., Aguilar, E. E. Q., Enríquez, G. R. y Pérez, L. L. (2016). Micorrización en *Capsicum annum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 857-870.
- Torres de los Santos, R. (2014). *Papel de la interacción del etileno y el fósforo como agentes reguladores de la formación de micorriza arbuscular en tomate*. Editorial Universidad de Granada. 282 p.
- Venkatachalam, M. y Sathe, S. (2006). Chemical composition of selected edible nuts seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4705-4714.
- Viera, W., Campaña, D., Castro, S., Vásquez, W., Viteriy, P. y Zambrano, J. (2017). Effectiveness of the arbuscular mycorrhizal fungi use in the cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) seedlings growth. *Acta Agron.*, 66(2), 207-213.
- Vitorazi Filho, J. A., Mendonça Freitas, M. S., Martins, M. A., dos Santos, P. C. y Cordeiro de Carvalho, A. J. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilization on star fruit tree seedlings. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(1), 14-19.
- Waters, M. T., Brewer, P. B., Bussell, J. D., Smith, S. M. y Beveridge, C. A. (2012). The Arabidopsis ortholog of rice DWARF27 acts upstream of MAX1 in the control of plant development by strigolactones. *Plant Physiology*, 159(3), 1073-1085.
- Yadav, A. y Aggarwal, A. (2015). The associative effect of arbuscular mycorrhizae with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* in promoting growth, nutrient uptake and yield of *Arachis hypogaea* L. *New York Science Journal*, 8(1), 101-107.
- Zapata, N., Vargas, M. & Vera, F. (2012). Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. *IDESIA*, 30(3), 47-54.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Gladia González Ramírez	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Carlos Pupo Feria	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Yamile Batista Yero	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Maricela Pérez Méndez	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.