

Respuesta de la cebolla (*Allium fistulosum* L.) a la adición de micorrizas bajo condiciones de invernadero

Fáber Chica-Toro¹
Mayra Gómez-García²
Winy Alejandro Guzmán Aguilar³
Sebastián Castro García⁴

Response of onion (*Allium fistulosum* L.) to the addition of mycorrhizae under greenhouse conditions

Resumen

Dado que el uso de agroquímicos, especialmente de fertilizantes, ha incrementado la producción en la mayoría de los cultivos, entre ellos las hortalizas, la dependencia es cada vez mayor y ello ha conllevado a un uso indiscriminado de estos productos. Estos excesos suelen generar altas concentraciones en el suelo y en muchos casos desbalance entre los componentes edáficos. Para tratar de mitigar este impacto negativo se hace necesario explorar alternativas basadas en interacciones biológicas con microorganismos que regulen estos desbalances con resultados benéficos tanto para las plantas como para los ecosistemas. Con el objetivo de evaluar el efecto de hongos micorrizógenos sobre la calidad de la cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.); se sembraron plántulas de cebolla con 20 días de germinadas, las cuales fueron inoculadas con diferentes dosis de un producto comercial a base de *Glomus* spp., *Entrophospora* spp. y *Scutellospora* spp., correspondientes a 5-10-15 g planta⁻¹, más un testigo sin a adición del producto. Cada dosis (tratamiento), tuvo 5 repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales con un diseño completamente al azar. A los 55 días se cosecharon y se determinó la masa fresca foliar y radical, al igual que el porcentaje de infestación de las raicillas. El análisis de los datos arrojó que la planta correlacionó positivamente con la adición del inóculo y 10 g planta⁻¹ fue la dosis que obtuvo el mayor incremento de masa fresca foliar.

Palabras clave

Micorrizas, fertilizante, cebolla, materia fresca aérea, materia fresca radical, porcentaje de infestación.

1 Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Docente asistente. Grupo Biotecnología Vegetal. Universidad Católica de Oriente. fchica@uco.edu.co

2 Agrónoma. Grupo Biotecnología Vegetal. Universidad Católica de Oriente. mfgomez@unal.edu.co

3 Agrónomo. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Católica de Oriente.

4 Agrónomo. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Católica de Oriente.

Abstract

Although the use of agrochemicals, especially fertilizers, has increased production in most crops, including vegetables, it is also true that this dependence is higher every time and this has led to an indiscriminate use of these products. These excesses usually generate high concentrations in the soil and in many cases imbalance between the edaphic components. To try to mitigate this negative impact, it is necessary to explore alternatives based on biological interactions with microorganisms that regulate these imbalances with beneficial results for both plants and ecosystems. With the aim of evaluating the effect of mycorrhizal fungi on the quality of the bunching onion (*Allium fistulosum* L.); seedlings were planted after 20 days of germination, then these were inoculated with different doses of a commercial product based on *Glomus spp.*, *Entrophospora spp.* and *Scutellospora spp.*, corresponding to 5-10-15 g plant⁻¹, plus a control without addition of the product. Each dose (treatment) had 5 replicates, 40 experimental units total, in a completely randomized design. At 55 days the plants were harvested and fresh leaf and root masses were determined, as well as the percentage of root infestation. Data analysis showed that the plant positively correlated with the addition of inoculum and 10 g plant⁻¹ was the dose that obtained the greatest increase of fresh leaf mass.

Key words

Mycorrhizae, fertilizer, onion, fresh aerial matter, fresh root matter, percentage of infestation

Introducción

En los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado un significativo progreso en cuanto a rendimiento y calidad. Páucar (2007) resalta que una de las principales hortalizas cultivadas en Colombia es la cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) debido a la necesidad de satisfacer la demanda nacional. En el 2008 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural identificó 10 cultivos de importancia en la producción nacional, entre los cuales sobresale la cebolla de rama (*A. fistulosum* L.).

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (Dane, 2014), durante el año 2013 en Colombia se cosecharon 14 533 hectáreas de cebolla de rama o cebolla junca, con una producción de 289 975 Mg ha⁻¹. Antioquia es uno de los departamentos productores, sin embargo, ocupa el octavo lugar a nivel nacional, evidenciando la necesidad de implementar estrategias biotecnológicas que ayuden al aumento de la rentabilidad del cultivo. El uso de micorrizas ha sido promocionado en el sector agrícola como potencializador de la absorción de nutrientes en las plantas (Harrier y Watson, 2003), y es considerada como una herramienta biotecnológica que facilita la absorción de nutrientes (Coyne, 2000), optimizando los fertilizantes, y por consiguiente contribuyendo a la rentabilidad del cultivo.

Las micorrizas realizan varias funciones en el suelo como: regulación de agua, control fitosanitario y absorción de nutrientes (Bolan, 1991). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80 % de las plantas terrestres (Giovanetti y Sbrana 1998), formando arbusculos, vesículas e hifas dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Douds y Millner, 1999). Su distribución es amplia, ya que se encuentran en todos los ecosistemas y suelos, pue-

de ser muy heterogénea en un mismo sitio en cuanto a variedad y cantidad, lo que es un requisito importante para que la planta obtenga el máximo beneficio de la asociación (Sieverding, 1986).

A pesar del vasto conocimiento adquirido sobre esta asociación en distintos cultivos de interés agronómico y económico, como cacao, palma de aceite, maíz, papa y café; son limitadas las investigaciones en hortalizas,

entre ellas la cebolla de rama (*A. fistulosum* L.); adicionalmente, aún hay procesos en las etapas de reconocimiento planta-hongo y en la colonización de la raíz que son desconocidas. También existe controversia en torno a cómo la diversidad de las comunidades de HMA tiende a disminuir en ecosistemas naturales transformados (Sieverding, 1986). Los monocultivos, por ejemplo, después de años de manejo agrícola pueden reducir la abundancia de las especies fúngicas.

"El uso de micorrizas ha sido promocionado en el sector agrícola como potencializador de la absorción de nutrientes en las plantas".

Para Xoconostle y Medrano (2005) la implementación de herramientas biotecnológicas, como los hongos micorrizo arbusculares (HMA), para movilizar y reciclar nutrientes es de gran interés. Adicionalmente, un mayor uso de biofertilizantes, los cuales se basan en la potencialización, a través de los HMA, de procesos naturales de disponibilidad de nutrientes con bajas adiciones de fertilizantes de síntesis química. Entre las respuestas esperadas con estas propuestas está aumentar los volúmenes de producción en cultivos agrícolas, implementación en el uso de biofertilizantes,

La información básica sobre asociaciones simbiotas en hortalizas especialmente en cebolla de rama (*A. fistulosum* L.), es deficiente, lo que genera herramientas pobres y limitaciones al momento de la toma de decisiones. Como resultado, no existen planes de fertilización que incluyan asocio de micorrizas con la cebolla (*A. fistulosum* L.) basados en datos experimentales con soporte estadístico que puedan suplir exactamente sus requerimientos nutricionales asociados a estrategias que sean coherentes con la optimización de los recursos y el cuidado del medio ambiente. El objetivo general de esta investigación fue; evaluar la respuesta de la cebolla (*A. fistulosum* L.) a la adición de inóculo micorrizal bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Etapa invernadero

Para evaluar la interacción de la cebolla (*A. fistulosum* L.) con hongos micorrizo arbusculares (HMA) se sembraron plántulas obtenidas en un vivero comercial de aproximadamente 20 días de germinadas. El sustrato utilizado se trató con 60 g m⁻² de un producto a base de

dezomet 3, 5-dimetil-1, 3, 5-tiadazina-2-tiona al 98 % y luego fue solarizado por 14 días, con un volteo a los siete días. Antes de aplicar los tratamientos el sustrato se caracterizó mediante un análisis químico y un conteo de esporas. Para garantizar la independencia de los tratamientos la unidad experimental constó de una caneca plástica aproximadamente 15 kg del sustrato más una plántula de cebolla y luego fueron inoculadas con diferentes dosis de un producto comercial a base de *Glomus* spp., *Entrophospora* spp. y *Scutellospora* spp., correspondientes a 5-10-15 g planta⁻¹, más un testigo sin la adición del producto (tabla 1). Cada dosis (tratamiento), tuvo 5 repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales con un diseño completamente al azar. Después de 25 días de la siembra se realizó una fertilización con 5 g 10-30-10 planta⁻¹ y se proporcionó riego cada 2 días. La cosecha de las plantas se realizó a los 55 días después de la siembra.

El experimento se desarrolló en instalaciones de la Universidad Católica de Oriente, municipio de Nuestra Señora de Arma de Rionegro, ubicada a 2100 m. s. n. m., con temperatura media anual de 18 °C, humedad relativa del 87 % y una precipitación anual promedio que oscila entre 1800-2500 mm.

Tabla 1. Nomenclatura empleada para los tratamientos

Tratamiento	Dosis del producto comercial (g)
T1	0
T2	5
T3	10
T4	15

Etapa laboratorio

Para poder determinar el porcentaje de infestación del inóculo comercial, fue necesario lavar las raíces de cada planta hasta retirar la totalidad del suelo, seguidamente se cortaron raicillas de un centímetro y posteriormente se utilizó la metodología de clarificación y tinción descrito por Vierhejlig, Coughlan, Wyss y Piche (1998). Una vez teñidas se examinaron 20 raicillas por cada unidad experimental, este conteo se realizó bajo la metodología propuesta por Sánchez, Posada, Velásquez y Narváez (2010). El porcentaje de incidencia o infestación (I) se obtuvo, para cada repetición, así:

$$I = \frac{\text{raicillas con HMA}}{\text{raicillas evaluadas}} \times 100$$

Los datos obtenidos fueron analizados a través del programa Statgraphics 17,5.

Resultados y discusión

Para dar cumplimiento al objetivo relacionado con el efecto de los microorganismos micorrizo arbusculares sobre la ganancia de masa fresca aérea (MFA) de la planta evaluada, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. Posteriormente, se procedió a realizar pruebas de medias bajo Tuckey con un nivel de significancia del 95 %, arrojando diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con un valor $P = 0,0002$. Adicionalmente, se efectuaron pruebas de rangos múltiples para grupos homogéneos y diagramas de intervalos de confianza

La prueba de rangos múltiples (tabla 2) reporta tres grupos homogéneos: uno con los tratamientos 1 y 2, otro con los tratamientos 2 y 4 y un tercero con los tratamientos 4 y 3. Se evidencia que el tratamiento que mayor MFA presentó fue el T3 (10 g inóculo), con una media de 49,98 g planta⁻¹. El tratamiento que menor MFA reportó fue el testigo (T1 = 0 g inóculo) con una media de 22,68 g planta⁻¹. En la figura 1 se presentan los intervalos de confianza para MFA. Adicionalmente, se presenta gráficamente el comportamiento de las medias por tratamiento (figura 2).

Tabla 2. Prueba de rangos múltiples y grupos homogéneos para la variable masa fresca aérea.

Tratamiento	Repeticiones	Media	Grupos homogéneos	
1	9	22.68	A	
2	10	31.66	A	B
4	10	43.08	B	C
3	9	49.98	C	

Intervalos de confianza para masa fresca aérea (MFA) en *Allium fistulosum* L.

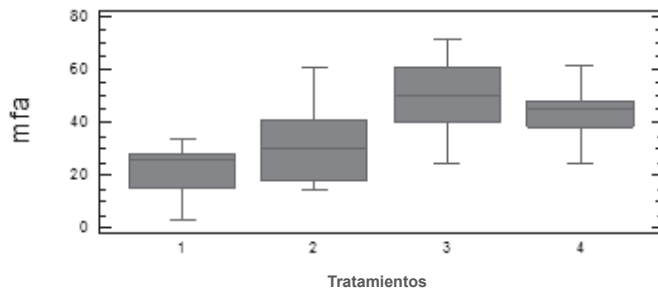


Figura 1. Diagrama de cajas y bigotes para masa fresca aérea (MFA) en *Allium fistulosum* L.

Fuente: Elaboración propia.

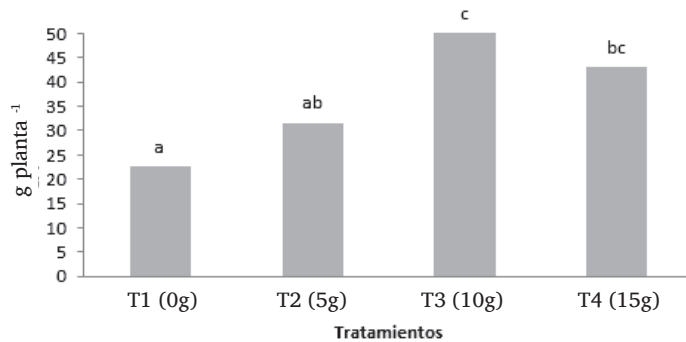


Figura 2. Acumulación de biomasa fresca aérea frente a la adición de micorrizas en cebolla (*Allium fistulosum* L.). Tratamientos con letras en común no presentan diferencia estadísticamente significativa.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la masa fresca radical (MFR) se presentó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados con un valor $P = 0,0375$.

La prueba de rangos múltiples (tabla 3) reporta dos grupos homogéneos: uno con los tratamientos 1, 2 y 3; el segundo con los tratamientos 1, 3 y 4. Se evidencia que el tratamiento que ma-

yor MFR presentó fue el T4 (15 g inóculo), con una media de $24.14 \text{ g planta}^{-1}$. El tratamiento que menor MFR reportó fue T2 (5 g inóculo) con una media de $16.19 \text{ g planta}^{-1}$. En la figura 3 se presentan los intervalos de confianza para MFR y en la figura 4 se presenta gráficamente el comportamiento de las medias por tratamiento.

Tabla 3. Prueba de rangos múltiples y grupos homogéneos para la variable masa fresca radical.

Tratamiento	Repeticiones	Media	Grupos homogéneos	
2	9	16.19	A	
1	10	17.86	A	B
3	10	17.93	A	B
4	9	24.14	B	

Intervalos de confianza para masa fresca radical (MFR) en *Allium fistulosum* L.

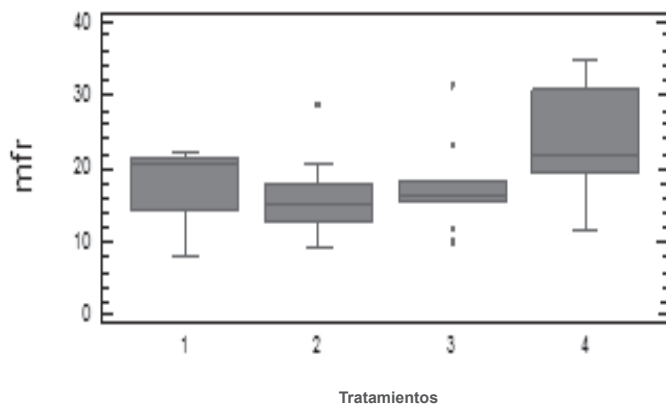


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes para para masa fresca radical (MFR) en *Allium fistulosum* L.

Fuente: Elaboración propia.

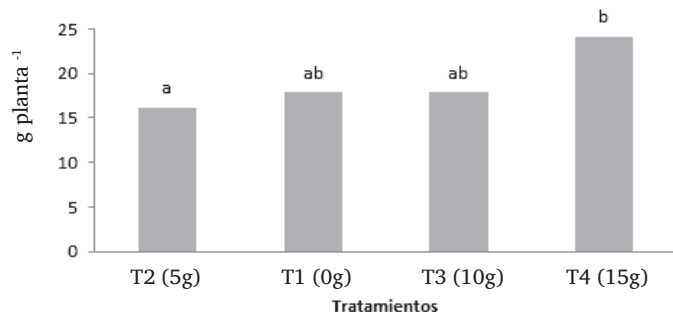


Figura 4. Acumulación de biomasa fresca radical, frente a la adición de micorrizas en cebolla (*Allium fistulosum* L.). Tratamientos con letras en común no presentan diferencia estadísticamente significativa.

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar si existía diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, respecto a la infestación de raicillas (InfRad) se realizó un análisis de varianza y posteriormente, una prueba de medias bajo Tuckey con un nivel de significancia del 95 %, proyectando un valor $P = 0,0042$.

La prueba de rangos múltiples (tabla 4) reporta dos grupos homogéneos: uno con los tra-

tamientos 1 y 2; el segundo con los tratamientos 2, 3 y 4. Demostrando que el tratamiento que mayor InfRad presentó fue el T3 (10 g inóculo) con una media de 50 % planta⁻¹. El tratamiento que menor InfRad reportó fue T1 (0 g inóculo), con una media de 13,89 % planta⁻¹. En la figura 5 se presentan los intervalos de confianza para InfRad. En la figura 6 se presenta gráficamente el comportamiento de las medias por tratamiento.

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples y grupos homogéneos para la variable infestación radical.

Tratamiento	Repeticiones	Media	Grupos homogéneos
1	9	13.89	A
2	10	32.5	A B
4	10	40.5	B
3	9	50	B

Intervalos de confianza para infestación radical en *Allium fistulosum* L.

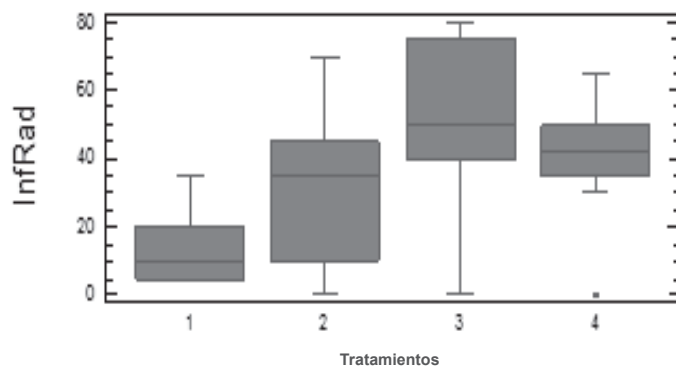


Figura 5. Diagrama de cajas y bigotes para para infestación radical (InfRad) en *Allium fistulosum* L.

Fuente: Elaboración propia.

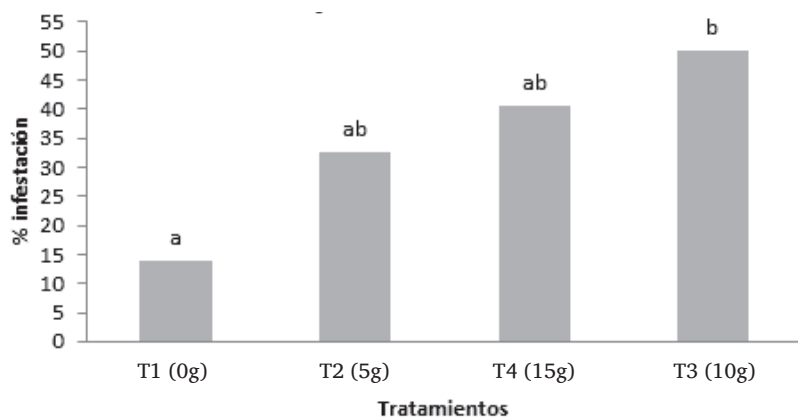


Figura 6. Infestación radical frente a la adición de micorrizas en cebolla (*Allium fistulosum* L.). Tratamientos con letras en común no presentan diferencia estadísticamente significativa.

Fuente: Elaboración propia.

Los presentes resultados demuestran la dependencia micorrizal de la cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) a la adición de productos comerciales a base de HMA y el incremento en masa fresca foliar (MFA), lo cual desencadena un incremento económico para los agricultores. Estos resultados son coherentes con los encontrados por Rivera, Fernández, Hernández y Martín (2003) y por Sims (1999); quienes afirmaron que la asociación de cebolla de rama (*A. fistulosum* L.) con micorrizas responde positivamente, mostrando ventajas como: reducción en la aplicación de abonos, con un ahorro de hasta un 50 %; mejor uso del agua, con reducciones del 30 % y un ahorro económico derivado de la disminución de energía eléctrica para el riego. Adicionalmente, mejoró la calidad del producto.

Aunque son pocas las investigaciones que evalúan la asociación y beneficio del uso HMA en cebolla de rama (*A. fistulosum* L.); son muchos los referentes que se pueden citar manifestando las ventajas de esta asociación con otras especies y ratificando los resultados encontrados en esta investigación; a propósito, se citan algunas: Duponnois, Plenchette, Ama-

dou (2001), González y Osorio (2008), Estrada y Sánchez (1995); entre otras.

De acuerdo a la presente investigación se puede afirmar que el uso de micorrizas en el cultivo de cebolla de rama (*A. fistulosum* L.) es una alternativa viable para aumentar los niveles de producción. La implementación de esta biotecnología señala una ventaja sobre el manejo convencional del cultivo (tratamiento testigo).

Conclusiones

- La adición de productos a base de HMA tiene efectos positivos sobre el aumento en la masa fresca aérea la de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.).
- La cebolla de rama es una especie con dependencia micorrizal positiva.
- La dosis del producto comercial que obtuvo la mayor ganancia de masa fresca foliar fue la de 10 g planta⁻¹.
- Dosis crecientes del producto comercial no correlacionan positivamente con la ganancia de masa fresca aérea.

Referencias Bibliográficas

- Bolan, N.S. (1991). A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, 134, 189 – 293.
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Madrid: Paraninfo.
- Dane. (2014). *Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.
-

-
- Douds, D. y Millner, P. (1999). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 74, 77- 93.
- Duponnois, R., Plenchette, C. y Ba Amadou, M. (2001). Growth stimulation of seventeen fallow leguminous plants inoculated with *Glomus aggregatum* in Senegal. *Eur J Soil Biol.* 37:181-186.
- Estrada, G. y Sánchez, M. (1995). Dependencia del café *Coffea arabica* L. var. Colombia por la micorriza vesículo-arbuscular. *Acta Agronómica*, 45 (1), p. 85-88
- Giovanetti, M. y Sbrana, C. (1998). Meeting a non-host: the behavior of aM fungi. *Mycorrhiza*, 8: 123-130.
- González, O. y Osorio, W. (2008). Determinación de la dependencia micorrizal de lulo. *Acta biológica*. Colombia, 13 (2), p 163 – 174.
- Harrier, L.A. y Watson, C. A. (2003). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. *Advances in Agronomy*, 42: 185-225.
- Harrier, L.A. and Watson, C.A. (2003). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. *Advances in Agronomy*, 42, 185-225.
- Harrier, L. A. y Watson, C. A. (2003). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. *Advances in Agronomy*, 42, 185-225.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Recuperado el 12 de enero de 2013, de: /www.minagricultura.gov.co/noticias/SitePages/PrensaNoticias.aspx.
- Páucar, E. (2007). *Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/320392676/Las-Micorrizas-Alternativa-Ecologica-Para-Una-Agricultura-Sostenible-Pagina-2-Monografias>
- Rivera, R., Fernández, F., Hernández, A. y Martín, J. (2003). *El manejo eficiente de la simbiosis micorrízica [sic], una vía hacia la agricultura sostenible, Estudio de caso: El Caribe*. Cuba: Ediciones INCA.
- Sánchez, M.; Posada A. R.; Velásquez, P. D. y Narváez, C. M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Sieverding, E. (1986). El papel de las micorrizas en la agricultura. *Suelos ecuatoriales*, 16 (1), 52-59.
- Sims, J.T. (1999). Soil fertility evaluation. En M. E. Sumner, (ed.). *Handbook in soil science*. Boca Raton (Florida, ee. uu.): CRC Press.
- Vierheilig, H.; Coughlan, U. e Yves, P. (1998). Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi. *Appl. Environ. Microbiol*, 64 (12), 5004.
- Xoconostle, B. y Medrano, R. Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. *Avance y Perspectiva*, (21), 263-266. Recuperado el 10 de enero de 2013, de: <http://www.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/sepoct02/>
-