

USO DE MICORRIZAS COMO BIOFERTILIZANTES

USE OF MYCORRHIZES AS BIOFERTILIZERS

Ing. Yariel González Pérez¹ (0000-0001-5266-1212), Universidad de Matanzas,

yariel.perez@umcc.cu

Resumen

Ante la crisis económica y la escasez de recursos, unido a los problemas medio ambientales, se hace muy difícil la producción de alimentos saludables para la población. En los últimos años se han venido probando diferentes métodos que sustituyan los ya tradicionales en la agricultura convencional, por ello se ha sustituido el empleo de fertilizantes químicos, que presentan altas cargas contaminantes, por los biofertilizantes o insumos formulados con uno o varios microorganismos benéficos (hongos y bacterias principalmente), los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la resistencia ante cualquier ente patógeno y promueven el crecimiento vegetal. Dentro de este amplio mundo de los microorganismos, los hongos formadores de micorrizas son muy utilizados como biofertilizantes por la simbiosis que establece con su hospedero (la planta), ampliando la captación del sistema radical, facilitando la absorción del agua, fósforo inorgánico (Pi) y otros nutrientes.

Palabras claves: *agricultura; biofertilizantes; hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA); micorrizas; sostenibilidad.*

Abstract

Given the economic crisis and the scarcity of resources, together with environmental problems, it is very difficult to produce healthy food for the population. In recent years, different methods have been tested to replace those already traditional in conventional agriculture, for this reason the use of chemical fertilizers, which present high polluting loads, has been replaced by biofertilizers or inputs formulated with one or more beneficial microorganisms (mainly fungi and bacteria), which increase the availability of nutrients for plants, resistance to any pathogenic entity and promote plant growth. Within this wide world of microorganisms, mycorrhizal-forming fungi are widely used as biofertilizers

due to the symbiosis they establish with their host (the plant), expanding the uptake of the root system, facilitating the absorption of water, inorganic phosphorus (Pi) and other nutrients.

Keywords: *arbuscular mycorrhizal fungi (HFM A); biofertilizers; farming; mycorrhizae; sustainability*

Antecedentes y necesidad de una transformación

En las últimas décadas se ha tomado conciencia del agotamiento de los recursos naturales debido a la explotación desmesurada de los mismos. En el ámbito agrícola, el objetivo es lograr altos rendimientos por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos, sin considerar la sostenibilidad de la producción (viabilidad técnica, rentabilidad económica y sin contaminación). Los éxitos de esta estrategia han sido importantes, pero es una agricultura muy ineficiente y altamente contaminante, la cual ha ocasionado la pérdida de la diversidad biológica, disminución de los recursos forestales, erosión del suelo, cambios climáticos, etc. Esta situación ha disminuido la superficie apropiada para la agricultura, causando graves problemas ecológicos, económicos y sociales. Por tal motivo, es necesario encontrar soluciones de producción adecuadas. Las nuevas tecnologías deben estar orientadas a mantener la sostenibilidad del sistema mediante la explotación racional de los recursos naturales y aplicación de medidas adecuadas para preservar el ambiente (Grageda *et al.*, 2012). Por ello se hace necesario una transformación en la visión de la agricultura actual, de tal forma que sea menos perjudicial para el ecosistema y la biodiversidad en el planeta. En los últimos años se han realizado muchas investigaciones acerca del tema y se han implementado diversas medidas para contrarrestar los efectos adversos de la agricultura convencional. Una de estas medidas eficientes es el uso de biofertilizantes a base de microorganismos benéficos que provean a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento, además de protegerlas ante cualquier ataque de un organismo nocivo.

El empleo de biofertilizantes en Cuba se remonta a los inicios del siglo XX, con la inoculación de *Rhizobium* de cepas provenientes de Estados Unidos de América para el cultivo de leguminosas en la entonces, Estación Central Agronómica de Cuba, actual Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), donde se abordó ampliamente la historia del

surgimiento de la aplicación de biofertilizantes en Cuba (Dibut *et al.*, 2006 citado por Peña *et al.*, 2015).

Los biofertilizantes

De acuerdo con Lira- Salvador (2015), los biofertilizantes son insumos formulados con uno o varios microorganismos benéficos (hongos y bacterias principalmente), los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos biofertilizantes pueden presentar grandes ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Los biofertilizantes se usan abundantemente en agricultura orgánica, sin embargo, es factible y ampliamente recomendable aplicarlos de manera integral en cultivos intensivos en el sistema tradicional. Por su uso, los biofertilizantes se podrían dividir en 4 grandes grupos; fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal. Dentro de ellos las micorrizas fungen como captadoras de fósforo, penetran o se unen a las raíces para que éstas les proporcionen los alimentos necesarios y con ello cumplan su ciclo de vida, se alimentan de exudados de la raíz ricos en azúcares. La presencia de las micorrizas en el medio favorece al sistema radical, ayudando a la planta a una mejor absorción de agua y nutrientes, así como defensa contra patógenos.

Según Canchani *et al.* (2018), el uso de micorrizas para la sustentabilidad de los cultivos agrícolas se le conoce como un biofertilizante. El principal beneficio de la utilización de un biofertilizante es que reduce el uso de agroquímicos que pueden ser dañinos, tanto para el cultivo agrícola, como para el suelo. Algunos de los impactos son que pueden causar modificaciones en los alimentos, reducir la improductividad del suelo e impactar el ecosistema.

¿Qué son las micorrizas?

Barea *et al.* (2016) afirman que diversos hongos del suelo desarrollan actividades que benefician la nutrición y salud de las plantas, tanto en ecosistemas naturales como en agricultura. Un grupo destacado de tales hongos beneficiosos son los que establecen asociaciones simbióticas (del griego "vida en común") con las plantas, conocidas como micorrizas (del griego *mikos*, hongo, y *rhiza*, raíz). El hongo coloniza las raíces, sin causar daño alguno a la planta y posteriormente desarrolla una red de hifas externas que se extienden y ramifican en el suelo. Mientras que las plantas de interés fo-

restal forman micorrizas con hongos superiores (setas o trufas), las plantas agrícolas, y otras muchas de los ecosistemas naturales, son micorrizadas por hongos microscópicos.

Para Solano (2019), de los microorganismos presentes en el suelo y en la biósfera, los simbioses revisten un especial interés y entre los microorganismos fungosos, especialmente aquellos que forman una asociación llamada micorriza, toda vez que dicha asociatividad, juega un rol fundamental benéfico para la planta, tanto al mejorar la absorción de los nutrientes y el aspecto fisiológico como en la protección de la raíz contra organismos parásitos. Además, se considera importante su intervención en el reciclaje de nutrientes de un ecosistema.

Camargo-Ricalde *et al.* (2012), plantean que la micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y penetrarlas intercelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de la ectomicorriza o, como en el caso de la micorriza arbuscular, penetran la raíz, pero no se forma ningún manto. Al mismo tiempo, las hifas se ramifican en el suelo, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas de la misma o de diferentes especies. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, lo que sugiere que la micorriza establece una gran unión bajo el suelo entre plantas que, a simple vista, podrían parecer lejanas y sin ninguna relación.

Principales tipos de micorrizas

Aproximadamente unas 5 000 especies de hongos (principalmente *Basidiomycetes*) están asociadas a los árboles forestales en las regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas. Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de los árboles frutales y de casi la totalidad de las demás plantas verdes, están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos. Estos hongos, aunque presentes en casi todo el Planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y pertenecen a seis géneros y alrededor de un centenar de especies.

En las ectomicorrizas el micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células; en el caso de las endomicorrizas el micelio invade la raíz, inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Dichos autores señalan que

este tipo de micorrizas es muy frecuente y están extendidas en todo el Planeta. Se distribuyen, además, en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados (Ferrera y Pérez, 1995 citado por Noda, 2009).

Según Romero (2015), las endomicorrizas colonizan de forma intracelular la corteza radical de la planta, por lo tanto, no se observa un manto externo a simple vista, ya que no se forma y en su lugar las hifas se introducen lentamente entre las células de la raíz hasta penetrarlas por completo, formando así, arbusculos y/o vesículas, dependiendo del género. Este grupo genera la simbiosis más ampliamente conocida sobre los organismos, los hongos que la ocasionan forman parte del phylum *Glomeromycota*, y se genera en todo tipo de plantas predominando en hierbas y gramíneas. Para Noda (2009) citando a Ferrera y Pérez (1995), la mayoría de las plantas arbóreas y herbáceas poseen este tipo de asociación, al igual que la mayoría de las plantas cultivadas (aproximadamente el 80 %). Las endomicorrizas son particularmente importantes en los trópicos, donde los suelos tienden a retener los fosfatos. Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas vesículo arbusculares pertenecen a un solo grupo, las Glomales (*Zygomycetes*), con seis géneros y muchas especies distribuidas en todos los continentes; son estrictamente simbióticos y no pueden ser cultivados en cultivo puro, o sea en ausencia de su hospedero, contrariamente a los hongos ectomicorrícicos. En cambio, las ectoendomicorrizas presentan características intermedias entre las Ectomicorrizas y las Endomicorrizas, presentan manto externo y son hábiles para penetrar la célula. No existe evidencia de arbusculos ni vesículas. Este grupo se presenta tanto en *Basidiomycota* como *Ascomycota*; son más abundantes en angiospermas y su distribución es restringida (Vacacela, 2007 citado por Romero, 2015).

Por otro lado, los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan. El establecimiento de la simbiosis entre el hongo y la planta lleva a una secuencia de etapas de reconocimiento causando cambios tanto morfológicos como fisiológicos en los dos organismos que interactúa (Barrer, 2009 citado por Mora y Leblanc, 2012). El micelio de los HMA se conecta con la célula vegetal a través del arbusculo, y es éste el responsable del intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta. Al formarse el arbusculo se llevan a cabo modificaciones de suma importancia a nivel de estructura y

morfología, adecuando a la planta para mejorar su intercambio nutritivo. Una vez que el hongo ha ingresado en la célula vegetal se sintetiza la membrana perisimbótica que posee fosfatas neutras y ATP-asa y permiten la degradación de gránulos de fosfato y su transferencia activa al vegetal (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000 citado por Mora y Leblanc, 2012).

Efecto de las micorrizas en las plantas.

Algunos microorganismos utilizados en los biofertilizantes tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta fijando N atmosférico, solubilizando hierro (Fe) o P inorgánico o mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos o exceso de pesticidas. Otros productos son capaces de disminuir o prevenir los efectos causados por patógenos (Lucy *et al.*, 2004 citado por Castillo *et al.*, 2016).

Según Alarcón y Ferrara (2000), citado por Grageda *et al.* (2012), los medios por los cuales las micorrizas pueden mejorar el estado nutricional de las plantas son:

- Incrementan el volumen de exploración de las raíces, ya que las hifas del hongo actúan como una extensión.
- Incrementan la captación de agua y nutrimentos como P, N, K y Ca.
- Incrementan la tolerancia a los cambios de temperatura y acidez extrema del suelo causadas por la presencia de Al, Mg y S.
- Proveen protección contra ciertos patógenos.
- Las raíces permanecen activas más tiempo.
- Mejoran la estructura del suelo ayudando a mantener unidos a los agregados gracias al micelio y secreción de glomalinas.

Para Viruet *et al.* (2018), la mayoría de los cultivos como el maíz, los cereales, las sojas, las patatas y el arroz son fertilizados con micorrizas y son estos de donde los cultivos reciben el carbono. Además, en estudios hechos con la intención de observar la contribución de fósforo que recibe una planta o una comunidad de plantas por la micorriza arbuscular ha demostrado una aportación de 90 % de fósforo.

Las plantas pueden tomar los nutrientes a partir de dos vías: la primera es a través de las células epidérmicas cerca del ápice de la raíz y de los pelos radicales y la otra a través del micelio extraradical de los HFMA. La captación de P a través de la raíz es rápida y como resultado hay un agotamiento progresivo de este nutriente y es ahí en donde juega un papel muy importante el micelio extraradical de los HFMA en donde éste tiene una alta afinidad por transportadores de fósforo inorgánico (Pi) para ser transferido a la corteza de la raíz (Smith y Smith, 2011; Soka y Ritchie, 2014 citado por Ramírez *et al.*, 2018).

Ruiz *et al.* (2016), plantean que en el cultivo de papaya en la fase de vivero empleándose como sustrato el suelo Ferralítico Rojo, es más favorable el uso de cepas de *Glomus mosseae*, la cual favorece la producción de masa fresca y seca, obteniéndose una altura por planta de 20 cm y 18 hojas activas en el momento del trasplante y para los cultivos de la guayaba y el aguacate la mejor cepa a emplear en suelo Ferralítico Rojo es *Glomus mosseae* y para el Pardo mullido carbonatado *Glomus intraradices*..

Mientras que en cultivos de interés forestal Ramírez *et al.* (2018) afirman que en la absorción de Pi los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), jugaron un papel muy importante en la translocación de este nutriente a diferentes especies forestales, ya que la absorción de este elemento por parte de los HFMA dependiendo del tipo de inóculo y de la especie forestal, se incrementa. Además de los resultados encontrados en la absorción de Pi por parte de los HFMA inoculados en las diferentes especies forestales se presentaron resultados similares con los obtenidos en la absorción de los demás nutrientes (N, K, Ca y Mg), en donde en general las plantas que estaban inoculadas con HFMA presentaron valores superiores o iguales a los testigos.

Sin embargo, Cedeño (2015), plantea que los HMA o HFMA se establecen en la rizósfera y mientras las condiciones del hospedero y del suelo sean las adecuadas van a esporular y a germinar. De aquí que las diferencias encontradas en los porcentajes de colonización de las raíces están muy marcadas por el tipo de cultivo y suelo, basándose en este último en la composición química y física. La acción simbiótica del HMA favorece el aprovechamiento y la adsorción de los nutrientes del suelo. Las micorrizas, ofrecen una mayor captación de agua que genera humedad.

Usos en la agricultura

De acuerdo con Lira (2017), las investigaciones sobre el uso de microorganismos benéficos en la agricultura, entre los principales los HMA han marcado un gran avance, ya que la relación simbiótica que se produce entre microorganismos y el sistema radicular de las plantas influye de manera determinante en el desarrollo, productividad y supervivencia de las mismas en las diferentes zonas agrícolas.

Los hongos micorrízicos tienen la capacidad de aportar grandes servicios al ecosistema con un rol importante en la bioremediación del suelo agrícola. Los hongos ectomicorrízicos tienen la capacidad de generar enzimas degenerativas de compuestos orgánicos complejos en el suelo. Las enzimas como las amilasas, lipasas, ureasas, gelatinasas y tirosinasas son parte de la actividad metabólica generada por hongos ectomicorrízicos (Hutchison, 1990 citado por Canchani *et al.*, 2018).

En Cuba, el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) ha llevado a cabo varias investigaciones en diferentes cultivos de importancia económica como: soya, frijol, guisantes, maíz, arroz, sorgo, girasol, trigo, algodón, plátano, raíces y tubérculos, hortalizas, posturas de cafeto, frutales y pastos. El nombre comercial que se le ha dado al producto es EcoMic® y se ha probado que se obtienen incrementos en los rendimientos entre 15 y 50 %, mejor comportamiento frente a la sequía, mayor aprovechamiento de los nutrientes y disminución de los fertilizantes, tanto en condiciones de la agricultura familiar en pequeñas extensiones y con siembra manual, como en la agricultura intensiva, en grandes extensiones y con siembra mecanizada. Este producto permite su aplicación exitosa mediante el recubrimiento de las semillas, en dosis del 6 al 10 % de su peso, por lo que se requieren pequeñas cantidades por hectáreas ($1-6 \text{ kg ha}^{-1}$), lo cual amplía sensiblemente el espectro de acción práctica de la simbiosis (Ferrera y Pérez, 1995 citado por Noda, 2009).

Para González y Pupo (2017), la aplicación del biofertilizante EcoMic® es utilizada como alternativa para incrementar la tolerancia de las plantas a la sequía. Por lo que en el cultivo del maní la aplicación de diferentes cepas de HMA provocan una respuesta positiva en las producciones de este en suelos pardos grisáceos. Comprobándose su efecto con cuatro cepas de micorrizas comparadas con un testigo sin fertilizar. Obteniéndose que, en la mayoría de las variables estudiadas, fue *Rhizophagus intraradices* seguidas por *Glomus cubense* y *Funneliformis mosseae* las cepas que más favorecieron el crecimiento y desarrollo del cultivo. El efecto variado de cada una de las cepas

pudo estar dado por las características químicas del suelo y su relación con el establecimiento de las cepas, ya que existe una gran especificidad entre el tipo de suelo y la efectividad de la micorrización. Según Castillo *et al.* (2016), en el cultivo de la papa se requiere grandes cantidades de recursos como agua, N y biosidas químicos. En sistemas de producción de cultivos sustentables, los hongos micorrícicos arbusculares junto con biofertilizantes como Twin-N, que incluyen en su composición bacterias fijadoras de N del género *Azospirillum*, pueden ser una alternativa confiable de reemplazo parcial de fertilizantes químicos, atendiendo las condiciones estacionales y la humedad del suelo.

Se han obtenido resultados donde el área foliar de los cultivos es mayor cuando se emplea micorriza combinada con FitoMas-E. La combinación de micorriza y FitoMas-E aplicados en el desarrollo de la planta, está motivada por el incremento en la absorción del fósforo a través de la asociación simbiótica que existe entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores; esto permite que las plantas sean más resistentes a diferentes cambios adversos que puedan existir en el ecosistema (Pentón *et al.*, 2011 citado por Falcón *et al.*, 2015).

Un aspecto importante en la actividad forestal es la valoración económica donde con la aplicación de micorriza y FitoMas-E de forma combinada disminuyeron significativamente los gastos, teniendo en cuenta la disminución en cuanto a las atenciones silviculturales que se desarrollan con la combinación de los productos, ya que las plantas alcanzan mayor crecimiento y desarrollo, lo que trae consigo una reducción de fuerza de trabajo que repercute en el decrecimiento de los gastos por concepto de fuerza de trabajo y salario.

Esto justifica las ventajas que brindan estas enmiendas para el crecimiento y desarrollo de esta especie (Falcón *et al.*, 2015).

Canchani *et al.* (2018), afirman que la agricultura sustentable enfrenta varios problemas para abastecer una población en constante crecimiento, y producir alimentos eficientemente sin la necesidad de fertilizantes químicos o plaguicidas. Entender las interacciones de las plantas y sus microorganismos nos puede ayudar a enfrentar estos obstáculos. Los estudios sobre el uso de la micorriza en la agricultura han mostrado ser beneficiosos para el crecimiento de las plantas y la productividad del suelo. Para tener una agricultura sustentable sería beneficioso reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas que puedan afectar la salud del consumidor y el medio ambiente. Por

último, aumentar el uso de biofertilizante también puede reducir los costos de la producción de alimentos en el sistema agrícola.

El empleo de biofertilizantes en la agricultura constituye una alternativa rentable para sustituir el uso de los fertilizantes químicos. La aplicación de estas alternativas, aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, confieren protección al ambiente, aumentan la fertilidad y biodiversidad del suelo, además de ser rentables económicamente. En este caso el uso de micorrizas juega un papel muy importante en la agricultura por los elevados beneficios que presentan. Su asociación con la planta permite a esta la captación de compuestos como el P, N, K y Ca que están disponibles en el suelo, pero en un estado en el que la planta por sí sola no los puede tomar. En los cultivos deficientes de riego el uso de cepas de HMA mejoran la captación de agua por el incremento del volumen de exploración de las raíces, ya que las hifas del hongo actúan como una extensión, confiriendo protección ante cualquier patógeno. Para el caso de los viveros de plantas de interés agrícola como el aguacate, la papaya y en semilleros de hortalizas se recomienda el uso de micorrizas atendiendo el tipo de suelo o sustrato a emplear. En nuestro país el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) ha investigado en diferentes cultivos de importancia económica como: soya, frijol, guisantes, maíz, arroz, sorgo, girasol, trigo, frutales y pastos etc. con el producto conocido como EcoMic® y se ha probado que se obtienen incrementos en los rendimientos entre 15 y 50 % y su influencia sobre las plantas mejora cuando se aplica unido al FitoMas-E motivando un incremento en la absorción del fósforo permitiendo que las plantas sean más resistentes a los cambios adversos que puedan existir en el ecosistema.

Referencias Bibliográficas

Barea, J.M., Pozo, M.J. y Azcón-Aguilar, C. (2016). *Significado y aplicación de las micorrizas en la agricultura*. DOSSIER. Estación Experimental del Zaidín, CSIC. 6p.

<https://www2.eez.csic.es/mycorrhizaandbioticstresslab/Agricultura-divulgacion%20micorrizas.pdf>

Castillo, C., Huenchuleo, M. J., Michaud, M. y Solano, J. (2016). Mycorrhizae in a potato crop added Twin-N biofertilizer in an Andisol of the Araucanía Region. *IDESIA*. 1(34), 8.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v34n1/art05.pdf>

- Camargo-Ricalde, S.L., Montañó, N.M., De La Rosa-Mera, C.J. y Montañó, S.A. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*. 7 (13), 19. <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- Canchani, A., Espailat, E. y López-Colón, L. C. (2018). El efecto y la aportación de la micorriza en el desarrollo de cultivos agrícolas. *Perspectivas en Asuntos Ambientales. Revisión de literatura*, (6), 34-42. http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/p_perspectivas_6_efeecto_ac.pdf
- Cedeño, A. M. (2015). Diferencias funcionales de la micorriza arbuscular en tres tipos de cultivo de banano en la provincia del oro. Trabajo de Diploma en opción al grado académico de Magister en Administración Ambiental. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26594/1/T-UG-DP-MAA-060.pdf>
- Falcón, E.; Rodríguez, O. y Rodríguez, Y. (2015). Combined application of mycorrhizal on Fito Mas-E in plants of *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua). *Cultivos Tropicales*, 4 (36), 35-42. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n4/ctr05415.pdf>
- González, G. y Pupo, C. (2017). Aplicación de micorrizas: alternativa ecológica para la disminución o sustitución de fertilizantes químicos en el cultivo del maní. *Revista DE LOS*, 29 (10), 15. <https://www.eumed.net/rev/delos/29/cultivo-mani-cuba.zip>
- Grageda, O. A., Díaz, A., Peña, J. J. y Vera, J. A. (2012). Impact of biofertilizers in agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6 (3), 1261-1274. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n6/v3n6a15.pdf>
- INTAGRI, S.C. (2015) .Los Biofertilizantes en la Agricultura. <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/biofertilizantes-en-agricultura>
- Lira, S. R. H. (2017). Uso de Biofertilizantes en la Agricultura Ecológica. INTAGRI S. C. *Serie Agricultura Orgánica*. 14, 9. <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/uso-de-biofertilizantes-en-la-agricultura-ecologica>
- Mora A.N. y Leblanc H. (2012). Evaluación del uso de micorrizas arbusculares para disminuir la aplicación de fertilizantes fosforados en el cultivo del maíz. *Tierra Tropical*. 2 (8), 245-255. https://www.researchgate.net/profile/Humberto_Leblanc/publication/281066241

- Noda Y. (2009). Las Micorrizas: *Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n2/pyf01209.pdf>
- Peña, M. D., De Zayas, M. R. y Rodríguez, R. M. (2015). Scientific production about biofertilizer in Cuba in the 2008-2012 period: a bibliometric analysis of cuban journal. *Cultivos Tropicales*, 1 (36), 44-54. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr06115.pdf>
- Romero, J. (2015). Las micorrizas arbusculares: alternativa como biofertilizante para la conservación de la microbiota nativa de suelos colombianos. Monografía de grado. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/18278/u721950.pdf?sequence=1>
- Ruiz, L., Carvajal, D. y Espinosa, A. (2016). Effect of mycorrhizas and other biofertilizers in papaya, guava and avocado in red ferralitic and carbonated loose brown soils. *Rev. Agricultura Tropical*, 2 (2), 21-30. http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=download&path%5B%5D=52&path%5B%5D=AT02022016_3NP-03
- Ramírez, M. M., Peñaranda, A. M., Pérez, U. A. y Paola, D. (2018). Biofertilización Con Hongos Formadores De Micorrizas Arbusculares (HFMA) En Especies Forestales En Vivero. *Bioteconología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2 (16), 15-26. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteconologia/article/view/1162>
- Solano, R. (2019). Envases, sustratos y micorrizas en la producción de plantones de Tara (caesalpinia spinosa) y algarrobo (prosopis spp.) En: Huamanga, Ayacucho- 2750 msnm. *Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios - Área: Agroforestería y Medio Ambiente*. Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias. <https://docs.google.com/document/d/1FUspuXoNDxarI3ibVH3ZS6cyrqzUstO hvkLCX9Bc/>
- Viruet, A.C., Espaillat, R. y López-Colón, J.A. (2018). El efecto y la aportación de la micorriza en el desarrollo de cultivos agrícolas. *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, 6, 34 - 42. https://www.researchgate.net/profile/Jonathan_Lopez_Colon/publication/pdf?origin=publication_detail