AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

BIOFERTILIZANTES *a base de micorriza-arbuscular* y su aplicación en la agricultura

Juan F. Aguirre-Cadena
Grupo interdisciplinario de Investigación en Sechium edule en México, (GISeM), Agustín Melgar 10, C.P. 56108 Texcoco, Estado de México.
Juan F. Aguirre-Medina
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010.
Autor responsable e-mail: juaguirre86@hotmail.com

RESUMEN

La asociación de microorganismos con especies vegetales representa un proceso sucesivo de intercambios de sustancias nutritivas y de metabolitos considerada como una asociación multifuncional cuyos beneficios van más allá de los aspectos nutrimentales, ya que se han registrado aumentos en la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz, absorción de nutrientes del suelo y su transporte a la parte aérea, además de proporcionar cierta protección contra patógenos de la raíz. En este trabajo se resalta la importancia del uso del hongo micorriza-arbuscular (HMA) aplicado en forma de "biofertilizante" a especies vegetales de importancia económica para favorecer su nutrición en un entorno de reducción de costos financieros y efectos negativos al ambiente por el uso de fertilizantes de origen inorgánico. Se describe brevemente su aplicación manual y sus beneficios en la productividad de diferentes cultivos de ciclo anual y perenne.

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrizicos-arbusculares (HMA) forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas. Se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas y han sido un importante soporte de la evolución de las plantas en el sistema radical (Remy *et al*., 1994). Su asociación representa un proceso sucesivo de intercambios de sustancias nutritivas y de metabolitos (Trappe, 1987), la creación de nuevas estructuras (Hayman, 1983) y la síntesis de hormonas (Allen, 1982). Este tipo de asociación está regida fundamentalmente por los genomas de la planta y el hongo y modelada, a su vez, por el ambiente (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1989).

La relación planta-HMA es considerada como una asociación multifuncional ya que los beneficios van más allá de los aspectos nutrimentales; aumenta la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz (Bowen y Rovira, 1999), como en maíz, sorgo y cebada (Irizar-Garza *et al*., 2003), aunque no ocurre en todas las plantas, como el caso del frijol y el cafeto (Aguirre-Medina y Kohashi, 2002, Aguirre-Medina *et al*., 2011). Esta asociación, el HMA, genera hifas externas que absorben nutrientes del suelo y los transportan a la parte aérea (Crowley *et al*., 1991), y también proporcionan cierta protección contra patógenos de la raíz (Van Peer *et al*., 1991; Borowicz, 2001), como a los nemátodos (De la Peña *et al*., 2006), inhibiendo su crecimiento (Utkhede *et al*., 1999). También mejoran la estructura del suelo mediante la producción de glomalina, que es una proteína que actúa como adherente y aglutina las partículas del suelo en agregados más estables (Rillig y Mummey, 2006) y, de esta forma, aportan a la disminución de la erosión. Su amplio sistema de hifas favorece el mejor aprovechamiento del agua y le permite a las plantas mayor tolerancia a la sequía por reducción de la resistencia al transporte del agua en éstas (Augé *et al*., 2001 y Aguirre-Medina *et al*., 2005).

Cuando se introduce en los cultivos junto con otros microorganismos, expresan interacción sinérgica (Bashan *et al*., 1996), como la interacción con *Rhizobium* spp.y *Azospirillum brasillensis*, para promover el desarrollo vegetal de diversos cultivos anuales y perennes (Aguirre-Medina y Velazco, 1994; Aguirre-Medina, 2009a).

Además de estas bondades de la asociación el principal nutriente que se transporta a la planta es el fósforo y con la biofertilización de los cultivos con micorriza se pueden obtener grandes beneficios con este nutriente de baja movilidad en el suelo. Se ha registrado el transporte de otros nutrimentos del suelo a la planta, como el nitrógeno, que puede ser absorbido por las hifas y las raicillas micorrizadas en diferentes formas (Fernández *et al*., 1996). Los hongos absorben NH_4^+ (amoniaco) a concentraciones más bajas que las raíces y lo asimilan más rápidamente (Baath y Spokes1989). Declerk (1993) cita que la simbiosis micorrízica incrementa la cantidad de K^+ en los brotes de plantas de plátano en comparación con las no micorrizadas. Habte y Aziz (1985) mencionan el aumento de la absorción de nutrientes tales como K^+, S, Mg^{2+} Cu^{2+}, Fe^{3+} y Zn^{2+} en plantas de *Sesbania grandiflora* inoculadas con *Glomus fasciculatum* y *Glomus mosseae*. Manjunath y Habte (1988) encontraron que los incrementos en la absorción de Cu^{2+} y Zn^{2+} con la inoculación micorrízica sólo se habían encontrado en *Leucaena leucocephala*. Aguirre-Medina *et al*. (2007, 2011) citan incrementos de N, P y Ca en plantas de cacao *Theobroma cacao* L. y en *Coffea arabica*. Las Figuras 1 y 2 muestran, por ejemplo, la materia seca de raíz y vástago de plantas de chayote (*Sechium edule*) crecidas en tres horizontes de suelo de tipo calcáreo; se observa también cómo los tratamientos con biofertilizantes (Micorrizas y Asospirillum) superaron al tratamiento testigo y la aplicación de minerales vía fertilización.

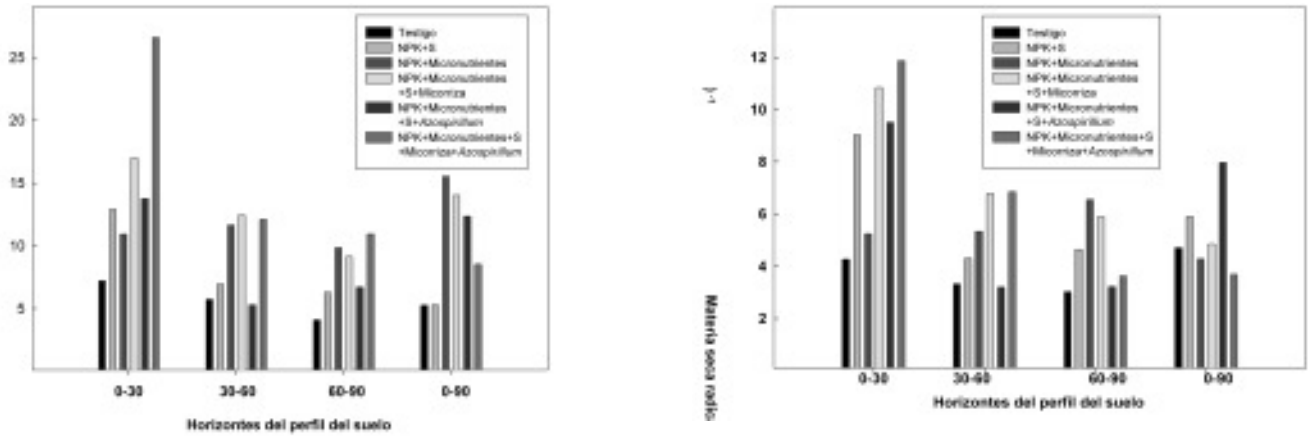

Figura 1. Producción de biomasa seca (vástago y raíz) de plantas de chayote (*Sechium edule*) crecidas en tres horizontes de suelo tipo calcáreo, bajo tratamientos con biofertilizantes a base de micorriza arbuscular (*Glomus intraradices* y azospirillum (*Azospirillum brasilense*) y la combinación de ambas en 40 g por planta.

Figura 2. Biomasa y longitud de raíz de plantas de chayote (*Sechium edule*), crecidas en suelo calcáreo y biofertilizadas. Los tratamientos H_1-3, H_1-4, H_1-5, recibieron micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) y azospirillum (*Azospirillum brasilense*) y la combinación de ambas en 40 g por planta.

Las combinaciones de hongos y bacterias en diferentes plantas tienen efecto sinérgico en la nutrición de la planta huésped y su concomitante beneficio en el desarrollo vegetativo y reproductivo, como es el caso de la simbiosis doble con *Rhizobium-Glomus* en *Leucaena leucocephala* (Aguirre-Medina y Velazco, 1994), *Azospirillum-Glomus* en cacao (Aguirre-Medina *et al*., 2007), *Azospirillum-Glomus, Rhizobium-Glomus* en diversos cultivos anuales o la simbiosis triple, *Rhizobium-Glomus-Azospirillum* en frijol (Irizar-Garza *et al*., 2003; Aguirre-Medina, 2006). La interdependencia existente entre la nodulación y la micorrización de leguminosas parece contribuir a alcanzar alto grado de micotrofismo de ese grupo de plantas, especialmente en los trópicos (Figura 3 y 4).

Figura 3. Respuesta de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) y cafeto (*Coffea arabica*) a la aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y *Azospirillum*.

Las aplicaciones de micorriza-arbuscular en el campo mexicano tuvieron su mayor impulso a partir del programa masivo desarrollado en 1999 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Colaboración con la Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal (FUMIAF), A.C. a través del Programa Alianza para el campo (SAGARPA). Este programa se desarrolló en respuesta a los costos crecientes de los fertilizantes de origen inorgánico (químicos) y a la necesidad de incrementar la producción de alimentos con menor efecto residual negativo en los suelos.

> Esta tecnología ha permitido reducir los costos de producción, por disminución del uso de fertilizantes químicos, sin los efectos negativos en el ambiente (suelo y agua) y, en muchos casos, con incrementos en la producción bajo condiciones similares de fertilización química.

Los productos que se comercializan en la actualidad tienen diferentes presentaciones, como pueden ser líquidos o sólidos (suelo o truba). El más común tiene como base el suelo estéril y presenta un molido fino que puede incorporarse fácilmente a las semillas de siembra, o bien, en algunos casos, aplicarse en el material vegetal antes de la siembra, como en el caso de las estacas enraizadas o los estolones de algunas plantas forrajeras tropicales.

Figura 4. Respuesta en crecimiento de plantas de "primavera" (*Cybistax donnell-smithii*) en condiciones de vivero a la aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y *Azospirillum*.

Este producto no tiene caducidad inmediata, puede durar almacenado en condiciones frescas por tres años o más y tiene además la ventaja de transportarse sin refrigeración, a diferencia de los biofertilizantes a base exclusiva de bacterias, los cuales tienen una caducidad promedio de seis meses y deben ser refrigerados preferentemente.

Formas de aplicación y cantidades

La Micorriza-arbuscular puede aplicarse a la semilla, al material vegetativo o al suelo. La forma más precisa de introducirlos es mediante su adhesión a las semillas. Los biofertilizantes que tienen como sustrato el suelo o la turba vienen acompañados de un adherente. Uno de los más comunes es el carboximetil celulosa. El procedimiento general para impregnar las semillas del adherente consiste de dos operaciones sencillas; la primera se relaciona con la dilución del adherente en agua. Si viene en presentación líquida, se le agregan 250 ml de agua limpia y se mezclan (esta cantidad es la equivalente a una botella de refresco pequeña). Si la presentación es sólida, lo mejor es diluirlo una noche antes en la misma cantidad de agua. Si no se realizó esta práctica, se recomienda depositar el producto en la botella limpia con agua, al momento que se necesita, y agitar por 4-5 minutos para diluir la mayor cantidad de carboximetil celulosa.

La segunda parte consiste en la aplicación del adherente a la semilla. Para tal fin se sugiere extender la semilla en un plástico, depositarla en una carretilla para facilitar su traslado al sitio de siembra, o bien, en una revolvedora, dependiendo de la cantidad de semilla a biofertilizar, y asperjar o rociar el adherente sobre la semilla y mezclar (Figura 5).

Figura 5. Aplicación de adherente y biofertilizante a base de micorriza arbuscular a semillas antes de su siembra.

La mezcla puede hacerse con la mano si es poca la semilla, o con una pala si la cantidad es superior a los 40 kg. Es importante verificar que toda la semilla quede "pegajosa"; si no es así, se puede mejorar si se agrega agua con azúcar, se ponen cuatro cucharadas soperas de azúcar en un vaso de agua mediano y se agita. Una vez realizada la operación del adherente, se agrega el biofertilizante y se mezcla.

Figura 6. Aplicación de adherente y biofertilizante a base de micorriza arbuscular en raíces desnudas de estacas enraizadas de cafeto (*Coffea arabica*).

En el caso de la inoculación a material vegetativo, tales como estacas enraizadas de café y cacao (*Coffea arábica* L., *Coffea canephora*, *Theobroma cacao* L.), o en gramíneas forrajeras tropicales que se reproducen por estolones, como estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilger), o las del género *Brachiaria* spp., *Griseb* spp. y *Digitaria* spp, entre otras, el adherente se rocía sobre el material vegetativo. En todos los casos se debe agregar inmediatamente el biofertilizante después del adherente. Si es aplicado a las estacas enraizadas, se pone sobre la raíz desnuda y si son estolones o tallos, se asperja de preferencia en los nudos de las plantas (Figura 6).

En algunos cultivos, como los pastos del género Pennisetum spp. o la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se ha aplicado directamente a los tallos reproductivos cuando están distribuidos sobre el surco y encima de éstos; para ello se usa una fertilizadora y se tapa con suelo. También, en condiciones menos favorables se usa una botella de plástico a la que se le hacen pequeñas perforaciones en la base, dirigiendo el biofertilizante sólido al nudo del tallo, sin adherente; únicamente se tapa cuidadosamente la aplicación con suelo o basura vegetal lo más pronto posible.

En términos generales la presentación de los biofertilizantes a base de Micorriza arbuscular es de 1 kg, y contiene la cantidad de microorganismos suficientes para aplicarse en una hectárea de cultivo que tenga semillas de tamaño mediano, como maíz y frijol a razón de 20 a 25 $kg.ha^{-1}$. En regiones de México, como el Norte de Tamaulipas, los productores utilizan presentaciones de 25 y 50 $kg.ha^{-1}$ para aplicarlas en sorgo, y en el caso de semillas pequeñas como trigo, cebada y avena, se recomienda utilizar tres bolsas de 1 $kg.ha^{-1}$ de cada microorganismo.

En semillas para viveros o semilleros como jitomate, chile o cebolla, la máxima cantidad de producto es de medio kilo y siempre se debe cuidar que la semilla quede cubierta con el adherente y el biofertilizante. En otros cultivos que requieren etapas de vivero o semillero, como cacao, cafeto, mango o rambután, la cantidad de biofertilizante por aplicar es variable y depende del número de semillas a biofertilizar. En todos los casos se debe cubrir la superficie de la semilla con el biofertilizante y al momento de depositarlas en la bolsa se recomienda agregar en el fondo del hoyo de siembra hasta 5 gramos del biofertilizante, que puede ser de un microorganismo o la mezcla de dos ó más.

En el caso de las aplicaciones al suelo, o bien, al material vegetal de caña de azúcar, las cantidades del producto se incrementan notablemente. En promedio, en una hectárea con siembras a 1.50 m de separación entre surcos se recomiendan 65 $kg.ha^{-1}$. Como una recomendación general, se puede considerar una proporción de biofertilizante a base de suelo estéril correspondiente a entre 6 y 8% del peso de la semilla, mientras que si el biofertilizante es en base de turba hasta el 4 %.

En cultivos anuales los beneficios de la simbiosis se expresan entre los 20-30 días después de la biofertilización, y en cultivos perennes en la fase de vivero hasta después de tres meses (Aguirre-Medina, 2009 b).

En condiciones especiales, como en el caso de suelos ácidos del trópico es posible adicionar, además del biofertilizante a la semilla, algún mejorador del suelo, como puede ser el carbonato de calcio (cal agrícola, al menos 45 días antes de la siembra), que se aplica para proteger a los microorganismos en la etapa inicial de colonización radical.

Experiencias en campos de productores

El biofertilizante denominado Micorriza INIFAP se ha aplicado a diferentes cultivos en condiciones de campo; en general ha sido utilizado solo y en combinación con algún otro microorganismo, como *Azospirillum brasilense* o *Rhizobium etli*, además de alguna dosis de fertilización.

En frijol *(P. vulgaris)*, en el Pacífico Sur, en los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, se desarrollaron nueve sitios de validación en terrenos de productores con rendimientos de 910 kg.ha^{-1} del testigo y 1335 kg.ha^{-1} cuando se aplicó *Glomus intraradices* (Camas, 2000; Cruzaley, 2000; Arredondo *et al*., 2000).

En la Región Central de Chiapas, Cruz-Chávez (2009) estableció cuatro sitios de validación con frijol en condiciones de humedad residual durante el ciclo otoño-invierno y obtuvo rendimiento medio de 370 kg.ha^{-1} para el testigo y 413 kg.ha^{-1} para el tratamiento con micorriza (*Glomus intraradices*), haciendo una diferencia de 11 %.

En la Región Selva y Centro de Chiapas, Cruz-Chávez (2010), registró en diez sitios de validación de frijol biofertilizado con *Glomus intraradices* y sin aplicación de fertilizantes inorgánicos, un incremento para el tratamiento micorrizado de 9% en el rendimiento.

Román-Reyes (2010) obtuvo en dos sitios de frijol en Tabasco (condiciones de temporal) y siete en Veracruz (otoño-invierno), usando los mismos tratamientos (testigo, fertilización 46-46-00; el hongo micorrízico más fertilización 46-23-00). Los rendimientos fueron de 860 kg.ha^{-1} para el testigo y 1,493 kg.ha^{-1} para el tratamiento micorrizado, y para los sitios en Veracruz el promedio fue de 762 kg.ha^{-1} para el testigo y 1,007 kg.ha^{-1} para el tratamiento con micorriza, marcando una diferencia de 32% de rendimiento.

En maíz *(Zea mays)*, durante los ciclos agrícolas primavera-verano 1999 y 2000, a nivel nacional se realizaron 29 parcelas de validación con maíces criollos comparando el tratamiento testigo con *Glomus intraradices*. Los rendimientos medios fueron de 1,534 kg.ha^{-1} para el testigo y 1875 kg.ha^{-1} para la micorriza. En este caso la diferencia fue de 22%.

La combinación de microorganismos también resulta benéfica; por ejemplo, *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* produjo 1,891 kg.ha^{-1} (Aguirre-Medina, 2006). En Oaxaca, Arredondo *et al*. (2003) obtuvieron incrementos de 11% en el rendimiento de grano de maíz con la biofertilización a base de *A. brasilense* + *Glomus intraradices* en comparación con el testigo.

En el estado de Guerrero, González-Camarillo (2010) estableció dos sitios de validación con el híbrido de maíz H 565 y la dosis de fertilización de 90-60-00 aplicada al testigo y al tratamiento con Micorriza INIFAP; además, reportó rendimientos promedio de 6.9 Ton.ha^{-1} para el testigo y 7.7 Ton.ha^{-1} para el tratamiento con micorriza y la diferencia representó 11% en rendimiento.

Román-Reyes (2010), evaluando maíz en el ciclo otoño-invierno en Tabasco y Puebla, aplicando en ambos casos tratamientos testigo más fertilización de 146-46-00, así como el tratamiento micorrizado (*Glomus intraradices*) más fertilización de 138-23-00, obtuvo rendimientos promedio de 4,263 kg.ha^{-1} para el testigo y 4,941 kg.ha^{-1} para el tratamiento con micorriza en Tabasco; mientras tanto, en el estado de Puebla el rendimiento para el testigo fue de 4,051 kg.ha^{-1} y el tratamiento con micorriza de 4,452 kg.ha^{-1}. Este mismo autor cita resultados de 11 sitios de validación desarrollados en Veracruz con los tratamientos anteriores para el ciclo primavera-verano, con rendimientos promedio de 4,095 kg.ha^{-1} en el testigo y de 5,201 kg.ha^{-1} para los tratamientos biofertilizados con micorriza, marcando diferencias de 27%.

En otros cultivos, como sorgo (*Sorghum bicolor*) en Guanajuato, Grageda-Cabrera (2008) estableció dos sitios de validación bajo riego con reportes en rendimientos de 9,357 kg.ha^{-1} para el testigo y 9,738 kg.ha^{-1} con micorriza para el sitio Celaya, mientras que en el sitio Salamanca el rendimiento del testigo fue de 5,988 kg.ha^{-1} y 6,347 kg.h^{-1} para los biofertilizados con una diferencia de 6%.

En arroz *(Oryza sativa),* Román-Reyes (2010) estableció un sitio de validación en Veracruz con los tratamientos testigo más fertilización de 198-46-00, y otro con la Micorriza INIFAP más fertilización de 138-23-00, obteniendo rendimientos de 3,695 kg.ha^{-1} en el testigo y de 4,250 kg.ha^{-1} con Micorriza INIFAP.

En el cultivo de soya (*Glycine max*) var. Huasteca-100, en el ejido J.M. Gutiérrez, en el estado de Chiapas, aplicando diferentes tratamientos de fertilización química y *Glomus intraradices*, se logró mayor rendimiento (2.4 Ton.ha^{-1}) en comparación con el testigo (2.2 Ton.ha^{-1} (Alonso y Aguirre-Medina, 2002).

Las experiencias anteriores sugieren que la disminución de diferentes dosis de fertilizantes químicos más la aplicación de *G. intraradices* y/o *A. brasilense* resulta exitosa. En este contexto, Irizar-Garza *et al.* (2003) reporta para el Valle de México en maíz H-40, la disminución de fertilizantes de 140-60-00 a 46-20-00 + microorganismos con rendimientos semejantes. Aguirre-Medina (2010) reporta resultados similares con maíz en la región del Soconusco, Chiapas, donde el Testigo + 100-40-00, y Micorriza INIFAP + 50-20-00 tuvieron rendimientos promedio de 3,330 kg.ha^{-1} para el testigo y 3,866 kg.ha^{-1} para el micorrizado, haciendo una diferencia en rendimiento de 15% y una disminución de los costos por fertilización química de hasta 50%.

En frijol (*P. vulgaris*) tipo "Negro INIFAP" bajo condiciones de otoño-invierno en Veracruz, Durán-Prado (2000) obtuvo una respuesta semejante con la simbiosis de *Glomus intraradices* + *Rhizobium etli* y la dosis 13-13-00 en comparación a la dosis 40-40-00 sin microorganismos. La mayor respuesta en crecimiento y reproductiva se registró en las plantas micorrizadas, atribuyéndolo al crecimiento externo del micelio, el cual actúa como una extensión de la superficie de absorción de la raíz y facilita el transporte de nutrimentos y agua a la planta.

Además de los cultivos anuales, los biofertilizantes a base de Micorriza-arbuscular han sido aplicados principalmente a diversos cultivos en invernadero o vivero con especies perennes como cacao (*Theobroma cacao* L.), cafeto (*Coffea arábica* y *C. canephora*), mango (*Mangifera indica*), rambután (*Nephelium lappaceum*), vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), primavera (*Cybistax donnell-smithii*) y otras.

Conclusiones y Perspectivas

Los resultados de la investigación y los encontrados en las parcelas de productores sugieren que la simbiosis planta-micorriza favorece la nutrición de los cultivos. En combinación con dosis bajas de fertilización se induce mayor rendimiento en cultivos anuales, mientras que en perennes se induce una respuesta diferencial en el desarrollo y asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento.

LITERATURA CITADA

Aguirre-Medina, J. F. y Velazco-Zebadúa, E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti*. Agr. Téc. Méx. 20: 43-45.

Aguirre-Medina, J. F. y Kohashi-Shibata, J. 2002. Dinámica de la colonización micorrizica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y el contenido de fósforo en frijol común. Agr. Téc. Méx. 28: 23-33.

Aguirre-Medina, J. F., Kohashi-Shibata, J., Trejo-López, C., Acosta-Gallegos, J.A. y Cadena-Iñiguez, J. 2005. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia a la sequía. Agr. Téc. Méx. 31: 125-137.

Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 201 p.

Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J. y Avendaño-Arrazate, C. 2007. La Biofertilizaciòn del cacao (*Theobroma cacao*) L. en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg et Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk et Smith. Interciencia. 32 (8): 1-6.

Aguirre-Medina, J.F. 2009a. Rendimiento y desarrollo de cultivos anuales y perennes con biofertilizantes en campos de productores. *In*: seminario los Biofertilizantes y su importancia en la agricultura y el medio ambiente. Realizado en la Cd. De México del 20 al 21 de mayo. Organizado por la Coordinadora de Fundaciones Produce (COFUPRO).

Aguirre-Medina, J. F. 2009b. Rendimiento y desarrollo de cultivos anuales y perennes con biofertilizantes microbianos en Chiapas. *In*: Cadena, I.P., López, B. W. y Morales, G. M. (Eds.). Primer encuentro Estatal de Productores Exitosos. Publicación especial No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocuautla de Espinosa, Chiapas, México. 160 p. (18 pág y 61 citas).

Aguirre-Medina, J. F., Moroyoqui-Ovilla, D. M., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C.H. y Aguirre-Cadena, J.F. 2011. Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. Agronomía Mesoamericana. Vol (22) 1: 1-10.

Allen, M. F. 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on water movement through *Bouteloa gracilis* (H.B.K.) Lag ex steud. The New Phytol. 91 (2): 191-196.

Alonso, B. M. y Aguirre-Medina, J. F. 2002. Respuesta de la fertilización química y la biofertilización de la soya *Glycine max* L. Merr var. Huasteca 100 en el Soconusco Chiapas. Informe de labores del programa de soya del Campo Experimental Rosario Izapa. Centro de Investigación regional del Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 15 p.

Arredondo V., C. y A. Luevanos. 2000. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. *In*: Memoria XVIII Congreso Nacional de Fitogenetica. p. 151.

Augé, R. M., Stadola, A.J., Tims, J.E. and Saxton, M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.

Baath, E. and Spokes, J. 1989. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. Can. J. Bot. 67:3221-3232.

Bashan, Y., Holguin, G. y Ferrera-Cerrato, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. I. *Azospirillum*. Terra. 14: 159-194.

Borowicz V. A. 2001. Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? Ecology 82:3057-3068.

Bowen, G. D. and Rovira, A. D. 1999. The Rhizosphere and its management to improve plant growth. Advances in agronomy 66: 1-102.

Camas, G. R. 2000. Programa de Validación de Biofertilizantes en Chiapas. Informe anual de labores PV 1999, OI 1999-2000 del Campo Experimental Centro de Chiapas. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 10 pág.

Crowley, D.E., Wang, Y.C., Reid, C. P., and Szaniszlo, P.J. 1991. Mechanisms of iron aquisitio from siderophores by microorganisms and plants. Plant and soil 130: 179-198.

Cruz-Chávez, F. J. 2009. Informe Final del Proyecto Validacion de Productos Organicos en Modulos en la Region Sur Sureste de Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. 15 p.

Cruz-Chávez, F. J. 2010. Informe del Proyecto transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. 10 p.

Cruzaley, S. R. 2000. Validación de Biofertilizantes en cultivos básicos en el Estado de Guerrero. Informe anual de labores de la Dirección de Vinculación del INIFAP en el Estado de Guerrero. Campo Experimental Chilpancingo. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 3 pág.

Declerck, S. 1993. Comparative effects of two strain of VAM on growth and nutrition of micropropagated banana plants (*Musa acuminata colla* C.V Giant Cavendish).) 9th North American Conference on Mycorrhizae,1993.

De la Peña, E., Rodriguez Echeverría, S., van der Putten, W. H., Freitas, H. and Moens M. 2006. Mechanism of control of root-feeding nematodes by mycorrhizal fungi in the dune grass *Ammophila arenaria*. New Phytol. 169: 829–840

Fernández, F; Dell-Amico, JM; Fernández, K; Providencia, I de LA; Rodríguez, Y. 1996. Funcionamiento de un inoculante líquido a base de hongo micorrizico arbuscular Glomus sp (INCAM-4) en arroz (Oriza sativa VAR. J-104) en un suelo salino. *Cultivos Tropicales* 27(2):27-33.

Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S. 1989. Cellular and Genetics aspects of interaction between host and fungal symbionts in mycorrhizae. Genome. 31: 336-341.

González--Camarillo, M. 2010. Informe del Proyecto transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. 10 p.

Grajeda-Cabrera, O. 2008. Desarrollo de manejo de suelo y prácticas de conservación para la producción agrícola sostenible y protección del ambiente. Informe anual de Labores del Programa de Biofertilizantes. Campo Experimental Bajío. Centro de Investigación Regional del Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 10 p.

Habte, M. and Aziz. T. 1985. Responses of Sesbania grandiflora to inocilated of soil with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Appl. Environ. Microbiol. p. 701-703.

Hayman,D. S. 1983.The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. Canadian Journal of Botany 50:944-963.

Irizar-Garza, M. B. G., Vargas-Vázquez P., Garza-García D., Tut y Couoh C., Rojas-Martínez I., Trujillo-Campos A., García-Silva R., Aguirre-Montoya D., Martínez-González J. C., Alvarado-Mendoza S., Grajeda-Cabrera O., Valero-Garza J., y Aguirre-Medina J. F. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. Agr. Téc. Méx. 29: 213-225.

Manjunath, A and Habte, M.1988. Development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and the uptake of inmobile nutrientd in *Leucaena leucocephala*. Plant and Soil.106:97-103.

Román-Reyes, J. 2010. Informe Final del Proyecto Validacion de Productos Organicos en Modulos en la Region Sur Sureste de Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Rosario Cotaxtla. 90 pág.

Remy, W., Taylor, T. N., Hass, H. and Kerp. H. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhiza. Proc. Natl. Acad. Sci., USA., 91: 11841-11843.

Rillig M. C., y Mummey, D. L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytol 171: 41–53.

Trappe, J. M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. *In:* Safir, G.R. (Ed) Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. CRC Press. Boca Raton. p 5-25.

Utkhede, R.S., Koch, C.A. and Menzies, J.G. 1999. Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with Phytium aphanidermatum. Can. J. Plant Pathol 21: 265-271

Van Peer, R., Niemann G. J., and Schippers B. 1991. Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of a carnation by Pseudomonas sp. Strain WCS417r. Phytopathol 81: 728-734.