

## Dinámica de hongos micorrízicos arbusculares en el mango variedad Ataúlfo

### *Dynamics of arbuscular mycorrhizal fungus in the mango variety Ataulfo*

María de Lourdes Adriano Anaya  
Marco Antonio García Ávila  
Isidro Ovando Medina  
María Guadalupe De Gyves Córdova  
Miguel Salvador Figueroa<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Las plantaciones de mango de la variedad Ataúlfo se establecen con plantas injertadas. El injerto se realiza en plantas juveniles (patrones) de las variedades Criollo y Manila. Por la tendencia a que el cultivo de la variedad Ataúlfo se transforme en orgánico se necesita, entre otras cosas, contar con inóculos de microorganismos benéficos. Para lograr lo anterior, se requiere en primera instancia conocer la dinámica de dichos microorganismos, posteriormente, seleccionar los mejores y desarrollar el proceso de producción y empleo. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue estudiar la dinámica de colonización de los hongos micorrízicos arbusculares en las diferentes etapas fenológicas de árboles de mango variedad Ataúlfo. Se seleccionó un Hm<sup>2</sup> de dos huertas de mango, una cultivada con mango Ataúlfo injertado en Manila (AM) y la otra con mango Ataúlfo injertado en Criollo (AC). Así mismo, fue seleccionado un Hm<sup>2</sup> de huertas cultivadas con mango Criollo (C) y con mango Manila (M). En cada huerta fueron elegidos cinco árboles y de ellos se obtuvieron muestras de suelo rísoférico en tres estados fenológicos. En todas las plantas estudiadas, el porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares y el número de esporas se incrementó al pasar de la etapa vegetativa a la reproductiva. El porcentaje máximo de colonización fue de 44, 45, 34 y 23% y el de esporas de 41, 43, 88 y 103 esporas por 100 gramos de suelo para los arboles M, C, AM y AC, respectivamente.

**Palabras clave:** mango, injerto, micorrizas, dinámica de micorrizas.

#### ABSTRACT

The plantations of mango of the Ataulfo variety are started with grafted plants. The grafting is carried out in young plants (patterns) of the Creole and Manila varieties. Due to the tendency towards organic products, it is necessary to use inocula of beneficial microorganisms, among other things, for the growing of the Ataulfo variety. In order to achieve this, it is necessary, first of all, to be familiar with the dynamics of these microorganisms; later on, it is necessary to select the best samples and to develop the processes of production and use. Considering the above-mentioned, the objective of this work was to study the colonization dynamics of the arbuscular mycorrhizal fungus in the different phenological stages of trees of mango variety Ataulfo. A one-sq.-hectometer piece from two mango orchard was selected; in one, Ataulfo mango grafted into Manila (AM) was grown, and in the other, Ataulfo mango grafted into Criollo (AC). Also, a one-sq.-hectometer orchard grown with Creole mango (C) and with Manila mango (M) was chosen. In each orchard, five trees were chosen and rhizospheric soil samples in three different phenological stages were collected. In all of the plants studied, the colonization percentage for arbuscular mycorrhizal fungus, and the number of spores, increased when going from the vegetative stage to the reproductive one. The maximum percentage of colonization was of 44, 45, 34 and 23 percent and that of spores was 41, 43, 88 and 103 spores per 100 grams of soil for the trees M, C, AM and AC, respectively.

**Key words:** mango, graft, mycorrhiza, dynamics of mycorrhiza.

#### INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es el frutal más importante de la familia de las anacardiáceas y cuya producción mundial sólo es superada por la naranja, manzana, plátano y uva, sin embargo los mangos son los frutos más consumidos en los países donde se comercializan (Guzmán, 1998). En la zona Soconusco del estado de Chiapas (México) el mango se cultiva en una extensión de aproximadamente 28,000 Ha (SIAP-SAGAR, 2007) donde, la variedad Ataúlfo es la más cultivada.

Para conservar las características de calidad del mango Ataúlfo, varetas del árbol original se

injertan en un patrón o portainjerto. Las variedades donde se realiza dicha operación son el mango Criollo y el mango Manila.

El árbol de mango, en producción, presenta dos etapas fisiológicas: vegetativa y reproductiva. La primera de ellas se caracteriza por el desarrollo vegetativo y acumulación de nutrimentos (después de la cosecha). La segunda por el desarrollo floral y formación de fruto, con la consecuente disminución de la reserva de nutrimentos (Mata y Mosqueda, 1995). En la zona Soconusco de Chiapas (México), la época de floración empieza en los últimos días de noviembre. Los frutos alcanzan su madurez a partir de los últimos días de febrero.

<sup>1</sup> Centro de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV. Carretera a Puerto Madero Km. 2.0. Tapachula, Chiapas. C.P. 30700.  
Correo-e: msalvad@hotmail.com

El cultivo del mango Ataúlfo se realiza, en la mayoría de las ocasiones, con desconocimiento de las necesidades nutrimentales. Lo anterior ha derivado en un mal empleo de fertilizantes y agroquímicos, lo que repercute en los rendimientos. Una alternativa es utilizar microorganismos benéficos para las plantas (MBP). El empleo de MBP en la agricultura es una realidad en diversos países, su empleo ha requerido del establecimiento de programas de investigación que comprendan las etapas de aislamiento, identificación, determinación del potencial de uso, desarrollo de métodos y técnicas así como pruebas de campo.

Un amplio trabajo se ha desarrollado alrededor de la selección, y desarrollo tecnológico de diferentes MBP [promotores del crecimiento de plantas, fijadores de nitrógeno de vida libre, solubilizadores de distintos nutrimentos y hongos micorrízicos arbusculares (HMA), entre otros] (Bagwell, Piceno, Ashburne-Lucas, y Lovell, 1998; Matiru y Dakora, 2004; Rives, Acebo y Hernández, 2007). La mayoría de ellos se ha realizado en vegetales de ciclo de vida corto (cereales y verduras) (Terry, Leyva y Díaz, 2005; Urzúa, 2005; Terry, Leyva y Díaz, 2006).

Si bien más del 90% de las plantas terrestres establecen relación simbiótica con algún tipo de hongo micorrízico, el estudio de la dinámica poblacional, fisiología y bioquímica y potencial tecnología de su empleo en árboles frutales es escaso (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999; González-Chávez et al., 2000; Camargo-Ricalde, Dhillion y Jiménez González, 2003; Oliveira y Oliveira, 2005).

Se ha establecido que algunas especies de HMA son cosmopolitas (Xoconostle y Ruiz, 2002) sin embargo, el beneficio que aportan a los vegetales hospedadores no se puede extrapolar indiscriminadamente ya que, las condiciones climatológicas, edáficas y de la vegetación acompañante influirán en sus procesos (Cuenca, Cáceres, Oirdobo, Hasny y Urdaneta, 2007). Por lo anterior, se requiere determinar la dinámica poblacional de los HMA en diferentes etapas fenológicas de árboles frutales para, posteriormente, establecer cuál cepa de HMA pudiera ser potencialmente útil para el cultivo en cuestión y finalmente desarrollar la tecnología apropiada. Para el caso específico del cultivo de mango variedad Ataúlfo, además de lo anterior, se desconoce el efecto ejercido por la relación injerto (Ataúlfo) - portainjerto (Criollo o Manila) en la dinámica de los HMA.

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la dinámica poblacional de los HMA en las diferentes etapas fenológicas de árboles de mango variedad Ataúlfo injertado en patrones de las variedades Criollo y Manila.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de muestreo

Se seleccionaron dos huertos productores de mango Ataúlfo, en una de ellas el portainjerto fue la variedad Criollo (AC) y en la otra el portainjerto fue la variedad Manila (AM). Con el fin de comparar si la dinámica está influenciada por el injerto, también se seleccionaron dos huertos cultivados con mango Criollo (C) y mango Manila (M). Las cuatro huertas tienen árboles con edad de 10-15 años y se encuentran ubicadas en el municipio de Tapachula Chiapas. El clima es cálido subhúmedo, con escasas lluvias en verano, el mes más caluroso es junio, no se presentan heladas ni vientos fuertes. La precipitación pluvial media anual es de 2,415 mm estableciéndose durante los meses de mayo a noviembre; la temperatura media anual es de 28.4 °C, la temperatura máxima de 37.1 °C y la mínima de 19.7 °C. Los árboles se encuentran sembrados con un sistema de plantación de "Marco Real", a una distancia de 16 m entre cada uno (49 árboles por hectárea).

### Muestreo

En una hectárea de cada huerta se eligieron, de manera aleatoria, cinco árboles. Mediante análisis visual de la superficie terrestre cercana al tronco del árbol, se determinaron aquellas zonas con señales de presencia de raíces primarias. Para evitar la mezcla de suelo rizosférico de la maleza con suelo rizosférico del árbol de mango, con una pala se eliminó la maleza y una capa de tierra de aproximadamente 5 cm de profundidad. Posteriormente se realizó una excavación para ubicar la raíz primaria, ésta condujo hacia las raíces secundarias y finalmente a zonas raíces terciarias. De la tierra que contenía raíces terciarias, se recolectó 1 kg en una bolsa de plástico esterilizada con luz UV. Las raíces fueron recolectadas en otra bolsa de plástico estéril. Ambas muestras fueron registradas con el nombre del tipo de mango, número de árbol, fecha de recolección de muestra. Las muestras se almacenaron a 4 °C hasta su procesamiento.

## Épocas de muestreo

De acuerdo con el objetivo de la investigación se llevaron a cabo tres muestreos. El primer muestreo fue realizado cuando los árboles presentaban la última etapa de maduración de follaje a mediados del mes de septiembre; el segundo muestreo se efectuó durante la etapa de floración a principios del mes de diciembre; el tercer y último muestreo se realizó durante la etapa de maduración del fruto a principios del mes de marzo.

## Análisis fisicoquímico del suelo

A los suelos de los diferentes huertos se les realizó el análisis fisicoquímico. Se determinó pH (mediante un potenciómetro, relación 2:1), humedad total (H.T.) (por el método gravimétrico), materia orgánica (M. O.) (empleando el método de Walkley y Black), nitrógeno (N) (por el método semi-micro Kjeldahl), fósforo extractable (P) (empleando el método de Bray I), potasio y sodio (por flamometría) y textura (empleando el método de Bouyoucos) (Chapman y Pratt, 1973).

## Determinación de porcentaje de colonización de HMN

La determinación de porcentaje de colonización, arbusculos, ovillos y vesículas en la raíz se realizó por medio de la observación de estructuras de HMA en raicillas fijadas y teñidas por el método de Phillips y Hayman (1970). Se analizaron cinco muestras por árbol y 100 raicillas por muestra.

## Extracción y conteo de esporas de HMN

La extracción de esporas fue realizada de acuerdo con el método empleado por Gerdemann y Nicolson (1963) de cinco muestras por árbol.

## Análisis estadístico

Los resultados se sometieron al análisis de la varianza y donde hubo diferencias se empleó el

método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), empleando el programa InfoStat versión 2008.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los niveles de colonización por HMA en el sistema radical, tanto de los injertos de la variedad Ataúlfo, como en los árboles empleados como portainjerto. Se puede observar, para los diferentes tipos de mango estudiados, un incremento en el nivel de colonización por HMA cuando se transitó del estado vegetativo al estado de fructificación. El incremento en colonización fue de 3.2 y 2.25 veces para los injertos de Ataúlfo, y de 7.9 y 6.8 veces para las variedades Manila y Criollo, respectivamente. Los incrementos de colonización más notables se tuvieron en las variedades puras (Manila y Criollo). La diferencia en el nivel de colonización micorrízica, durante los estados fenológicos estudiados, fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ).

El comportamiento de la colonización micorrízica en los distintos tipos de mango estudiados en este trabajo fue diferente al reportado para cereales y otras plantas herbáceas. En estas últimas se ha demostrado (Gavito y Varela 1993; Solís, Ferrera-Cerrato, Salvador-Figueroa, y Adriano-Anaya, 1998) que la colonización por HMA muestra, durante la etapa vegetativa, un incremento secuencial, alcanzando su valor máximo justo cuando la planta inicia la etapa de florecimiento y en las etapas fenológicas posteriores el nivel de colonización disminuye. Dicho comportamiento se ha explicado en función de las necesidades nutrimentales de las plantas y de la actividad fisiológica de los hongos micorrízicos (Gavito y Varela, 1993). Así, en el estado vegetativo la planta permite la colonización radicular al transportar grandes cantidades de fotosintatos hacia el sistema radical que son utilizados por la microbiota, obteniendo, el vegetal, el beneficio de acceder al agua y nutrimentos que están lejos de su zona de influencia. Al iniciar la etapa

**Cuadro 1.** Promedio de colonización, por HMA, de las raíces de los diferentes tipos de *Mangifera indica* L. estudiados, durante las diferentes etapas fenológicas. Letras iguales representan datos estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

Estado fenológico	Colonización por HMA (%)			
	Ataúlfo en Manila	Ataúlfo en Criollo	Criollo	Manila
Vegetativo	10.7 fg	9.7 g	6.7 g	5.7 g
Florecimiento	11.7 efg	25.3 c	17.0 def	17.7 de
Fructificación	34.0 b	23.3 cd	45.7 a	44.3 a

reproductiva, y la planta redirige los fotosintatos hacia el fruto en formación, las células corticales de la raíz ya no son colonizadas por hongos micorrízicos y, los ya establecidos, perciben esta disminución de nutrimentos carbonados respondiendo con la formación de estructuras de resistencia (esporas) y con el incremento en el número de vesículas y arbusculos.

Así que, el comportamiento observado en los distintos tipos de mango estudiados pudiera ser explicado en función de las necesidades nutrimentales del árbol ya que, justo es en la etapa de floración y fructificación cuando se requiere, además de los fotosintatos, de grandes cantidades de agua y nutrimentos minerales para el crecimiento de los frutos y por lo tanto el vegetal permite un mayor nivel de colonización.

El hecho de que en la etapa vegetativa las variedades puras, Manila y Criollo, tuvieran un nivel de colonización micorrízica más bajo que las encontradas en esas mismas variedades empleadas como portainjerto de la variedad Ataúlfo (situación que se invirtió en la etapa de fructificación), pudiera estar determinada por el estado bioquímico - fisiológico del árbol más que por su genética ya que, los genotipos de la parte radicular entre los pares Manila:Ataúlfo-Manila y Criollo:Ataúlfo-Criollo no son diferentes. Así, se puede suponer que tanto los fotosintatos como los demás productos del metabolismo de la porción aérea de los árboles injertados con Ataúlfo difieren en concentración y/o composición de los sintetizados en los árboles puros y, dada la ausencia de barreras físicas, bioquímicas o genéticas que impidan la comunicación, redundan en una expresión genética diferencial en la porción radicular.

También, es posible que el comportamiento de la colonización micorrízica observada en los árboles injertados pudiera ser un indicativo de que la variedad Ataúlfo requiere de una mayor cantidad de minerales y/o que tiene una mayor capacidad de formar estructuras de reserva que las variedades puras, lo que habría de investigar.

Independientemente del estado fenológico de las variedades de *Mangifera indica* L, en todas ellas se encontró, en las células corticales, colonización por estructuras de tipo "ovillo" y no se encontraron vesículas, arbusculos o hifas lineales.

Pudiera pensarse, por otro lado, que la clase de micorriza arbuscular establecida en *Mangifera indica* L fuera del tipo Arum, ya que éstas son las más dispersas en la naturaleza y, por tanto, las más conocidas. La micorriza tipo Arum se ca-

racteriza por la rápida dispersión de las hifas, vía el espacio apoplástico, entre las células corticales del parénquima de la raíz. Las estructuras de vesículas pueden ser tanto intracelulares como intercelulares y los arbusculos son terminales en las ramas de las hifas intracelulares (Smith y Smith, 1997). Sin embargo, las estructuras micorrízicas observadas en las preparaciones de todas las variedades de mango estudiadas son similares a las reportadas para las micorrizas arbusculares de tipo Paris (Bedini, Maremmani y Giovanenetti, 2000) las que se caracterizan por la ausencia de hifas intercelulares y se desarrollan de forma simplástica además, se dispersan directamente de célula a célula dentro del cortex formando ovillos intracelulares y arbusculos "compuestos" (arbusculos intercalados a lo largo de los ovillos).

Sería interesante investigar si las estructuras tipo Paris observadas en las células corticales de la raíz de *Mangifera indica* L pertenecen a un tipo específico de hongo micorrízico o si su formación está determinada por la planta como han sugerido Bedini et al (2000).

Es posible que las características físicas y químicas del suelo donde se encuentran asentadas las huertas de mango sujetas a estudio, pudieran tener alguna variación que permitiera explicar el comportamiento de la colonización micorrízica arbuscular observada. En el Cuadro 2 se muestran los contenidos y los valores de los parámetros analizados, Se observó que todos los suelos fueron moderadamente ácidos. Por otra parte, la distribución de las partículas, arena 63%, limo 15% y arcilla 22%, encontrada en todos los suelos, permite caracterizarlos como suelos francos y se advierte homogeneidad entre los huertos seleccionados.

De acuerdo con los valores de referencia, el contenido de nitrógeno, de fósforo, y la capacidad de intercambio catiónico, para todos los suelos, fue bajo. Con excepción del contenido de materia orgánica, cuyo valor está en el intermedio para todos los suelos, los parámetros restantes estuvieron en niveles altos.

No hay informes en la literatura en los que se trate de explicar la eficiencia de colonización de los hongos micorrízicos arbusculares como una función de las propiedades del suelo por lo que, dada la homogeneidad de los suelos donde se encuentran establecidas las distintas huertas, las diferencias en los niveles de colonización en las distintas variedades de mango estudiadas

**Cuadro 2.** Características de los suelos donde se encuentran establecidas las huertas de los diferentes tipos de *Mangifera indica* L empleadas en este estudio.

Variable	Tipo de mango			
	Ataulfo injertado en Criollo	Ataulfo injertado en Manila	Criollo	Manila
pH	5.7	5.7	5.8	5.6
Textura	Franco	Franco	Franco	Franco
M. O. (%)	1.64	1.88	1.70	2.11
N (%)	0.08	0.08	0.05	0.05
P (ppm)	nd	1.80	2.21	2.88
K (meq/100 g)	26.38	19.69	28.82	52.77
Na (meq/100 g)	136.93	92.90	135.36	148.76
Ca (meq/100 g)	6.60	5.35	7.25	5.80
Mg (meq/100 g)	5.80	10.20	7.35	9.60

solo se pueden atribuir a la relación establecida entre la planta y los microorganismos.

La humedad del suelo de las distintas huertas de mango estudiadas fue la única propiedad física en la que se encontró mayor variación. En el Cuadro 3 se muestra el comportamiento de este parámetro.

El mayor contenido de humedad se encontró en la etapa vegetativa, fines de la época de lluvia en la región Soconusco, Chiapas, teniéndose los menores valores durante la etapa de fructificación, justo cuando este factor es requerido para el llenado del fruto.

Se ha reportado que en la colonización de las raíces por HMA el contenido de humedad del suelo tiene un papel importante (Reyes y Ferrera, 1992; Solís et al., 1998) y se ha propuesto (Adriano-Anaya, Solís-Domínguez, Gavito-Pardo y Salvador-Figueroa, 2006) que este factor pudiera ser el limitante en esta relación ya que un alto contenido de humedad del suelo es una limitante de esta interacción.

Al correlacionar el nivel de humedad en el suelo con el porcentaje de colonización micorrízica arbuscular se encontró una relación inversa (Figura 1), lo que demuestra que el proceso de

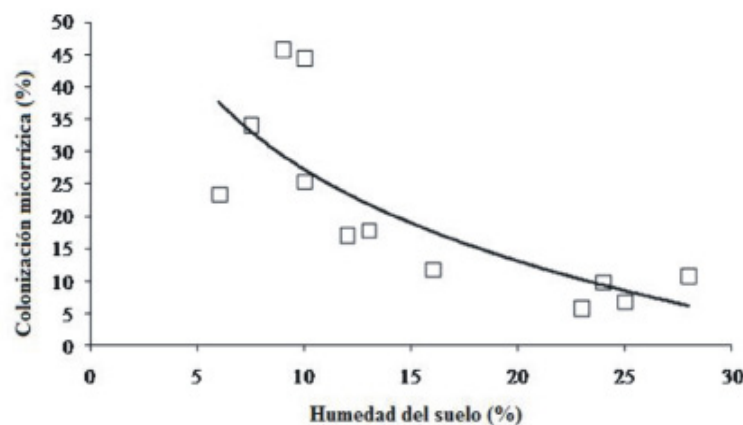
colonización se ve limitado al incrementar el contenido de agua. Es posible que bajo cierto nivel de humedad, y dado que tanto los hongos micorrízicos arbusculares como las células corticales de la raíz son aeróbicos, se limite la disponibilidad de oxígeno disuelto y que éste sea el verdadero efector del sistema y no el agua por sí misma. Similar tendencia se ha demostrado para la relación hongos micorrízicos arbusculares-raíz de banano Clon "Gran Enano" (Adriano, 2001).

El modelo matemático que mejor se ajustó a los datos de humedad y colonización fue el exponencial,  $y = 55,372 e^{-0,0774x}$  ( $R^2 = 0,7257$ ), con el que se predice un máximo de colonización de 55.3%, el cual evidentemente es hipotético y habrá que comprobar.

Por otro lado, en el Cuadro 4 se muestra la dinámica de las esporas de hongos micorrízicos encontrados en el suelo rizosférico de cada una de los distintos tipos de *Mangifera indica* L estudiadas. Se puede observar un patrón general de comportamiento: disminución en el número de esporas durante el tránsito de la etapa vegetativa a la etapa de florecimiento y un posterior incremento al transitar de esta última a la de fructificación. Así mismo, se observó que el sue-

**Cuadro 3.** Contenido de humedad del suelo de las distintas huertas durante las diferentes etapas fenológicas de los mangos empleados en este estudio.

Variedad	Humedad (%)		
	Etapla vegetativa	Etapla de florecimiento	Etapla de producción
Ataulfo-Criollo	24.0	10.0	6.0
Ataulfo-Manila	28.0	16.0	7.5
Criollo	25.0	12.0	9.0
Manila	23.0	13.0	10.0



**Figura 1.** Relación entre la humedad del suelo y el porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares de las raíces de los diferentes tipos de mango empleados en este estudio.

**Cuadro 4.** Promedio de esporas de HMA encontradas en el suelo rizosférico de los diferentes tipos de *Mangifera indica* L. Letras iguales representan datos estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

Estado fenológico	Esporas de HMA(/100 g de suelo)			
	Manila	Criollo	Ataúlfo en Manila	Ataúlfo en Criollo
Vegetativo	37.3 cde	46.7 cd	108.3 b	176.3 a
FloreCIMIENTO	16.7 e	24.0 de	56.7 c	32.3 de
Fructificación	41.7 cd	43.3 cd	88.3 b	103.0 b

lo rizosférico de las variedades puras contenían una menor cantidad de esporas. La dinámica de las esporas en el suelo fue inverso a lo observado en el parámetro de colonización.

La disminución observada en el número de esporas cuando el árbol pasa de la etapa vegetativa al estado de florecimiento implicó un incremento en el nivel de colonización, situación que se observó en las distintas variedades de mango estudiadas (Cuadro 1). Mientras tanto, el incremento en el número de esporas al pasar de florecimiento a fructificación, puede deberse a que en el tránsito de dichos estadios los HMA que colonizan la raíz reconocen la limitación de fotosintatos por lo que inician el proceso de esporulación.

A pesar de que se ha intentado establecer, para el agrosistema de mango, (Gómez-Cruz, 1995) alguna correlación entre la variable cantidad de esporas y estado fenológico de la planta o cualquier otro parámetro de interés agrónomo, hasta la fecha no se ha logrado, por lo que habrá de realizar más trabajo tendiente a entender esta compleja interacción.

## CONCLUSIONES

La colonización por HMA en las raíces, tanto en los dos tipos de injerto donde se desarrolló el

mango variedad Ataúlfo como en las variedades Criollo y Manila, alcanzó su máximo durante la etapa de fructificación.

El nivel de colonización alcanzado por los árboles donde se injertó la variedad Ataúlfo, además de ser menor que lo encontrado en los árboles no injertados, dependió del patrón donde se injertó.

## REFERENCIAS

- Adriano M. L. (2001). Microbiología de la rizosfera del banana clon "Gran Enano". Doctorado en Agricultura Tropical. Facultad de Ciencias Agrícolas. UNACH.
- Adriano-Anaya M. L., Solís-Domínguez F., Gavito-Pardo M. E. & Salvador-Figueroa M. (2006). Agronomical and environmental factors influence root colonization, sporulation and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi at a specific phenological stage of banana trees. *Journal of Agronomy* 5(1): 11-15.
- Alarcón A. y Ferrera-Cerrato R. (1999). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoamericana*. 17(5): 179-191.
- Bagwell C.E., Piceno Y. M., Ashburne-Lucas A. & Lovell C. R. (1998). Physiological diversity of the rhizosphere diazotroph assemblages of selected salt Marsh grasses. *Applied Environmental Microbiology*. 64(11): 4276-4282.
- Barea J. Azcón Aguilar M., Ocampo J. O. y Azcón R. (1991). Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares.. En: Olivares, J. y Barea, J. M. (eds.) Fijación y movilización biológica de nutrientes: Fijación de N y micorrizas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 149-170 pp.

- Bedini S., Maremmani A. & Giovanenetti M. (2000). Parity-type mycorrhizas in *Smilax aspera* L. growing in a Mediterranean sclerophyllous wood. *Mycorrhiza* 10: 9-13
- Camargo-Ricalde S. D., Dhillon S. & Jiménez-González C. (2003). Mycorrhizal perennials of the "matorral xerófito" and the "selva baja caducifolia" communities in the semiarid Tehuacan-Cuicatlan Valley, México. *Mycorrhiza*. 13: 77-83.
- Chapman H. D. y Pratt P. F. (1973). "Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas". Ed. Trillas. México. 195 p.
- Cuenca G., Cáceres A., Oirdobo G., Hasny Z. y Urdaneta C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*. 32(1): 23-29.
- Gavito, M. & Varela L. (1993). Seasonal dynamics of mycorrhizal associations in maize fields under low input agriculture. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 45:275-282
- Gerdeman J. W. & Nicolson T. H. (1963). Spores of micorrizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions British Mycological Society*. 46: 235-244.
- Gómez-Cruz G. (1995). La micorriza vesículo arbuscular en frutales. En: R. Ferrera-Cerrato, R. y J. Pérez-Moreno (eds.). *Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 184-199 pp.
- Guzmán C. (1998). Situación actual de la cadena productiva de mango en México. En: *Foro Internacional de mango y otras frutas tropicales*. Mazatlán, Sinaloa. 1-8 pp.
- InfoStat (2008). InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Martínez M. G. (1995). Inoculación de plantas de mango (*Mangifera indica* L.) con micorrizas V. A. bajo condiciones de vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Mata B. J. y Mosqueda R. (1995). Cosecha y post-cosecha. La producción del mango en México. Ed. Limusa S.A. México. 135-147 pp.
- Matiru V. N. and Dakora F. (2004). Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increases of African cereal crops. *African Journal of Biotechnology*. 3: 1-7.
- Oliveira N. A. & Oliveira L. (2005). Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Pullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas State, Brasil. *Brazilian Journal of Microbiology*. 36: 262-270.
- Phillips J. M. & Hayman D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycological Society*. 55: 158-160.
- Reyes M. G. y Ferrera R. (1992). Relación simbiótica de la micorriza vesículo arbuscular en el estrato arbustivo y herbáceo del bosque de Zoquiapan, México en época de sequía. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 34: 305-312.
- Rives N., Acebo Y. y Hernández A. (2007). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Perspectivas de su uso en Cuba*. *Cultivos Tropicales*. 28(2): 29-36.
- SIAP-SAGARPA (2008). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- Smith F. A. & Smith S. E. (1997). Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist*. 137: 373-388.
- Solís F. A., Ferrera-Cerrato R., Salvador-Figueroa M. y Adriano-Anaya M. L. (1998). Población micorrízica del cultivo de banano clon "Gran Enano". En: *II Simposium Nacional de la Simbiosis Micorrízica*. Colima, Colima. 74 pp.
- Terry E., Leyva A. y Díaz M. (2005). Uso combinado de microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativa para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*. 26(1): 77-81.
- Terry E., Leyva A. y Díaz M. (2006). Biofertilizantes y productos bioactivos, alternativa para la asociación maíz-tomate en el periodo temprano de siembra. *Terra Tropical*. 27(2): 5-11.
- Urzúa H. (2005). Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*. 32(2): 133-150.
- Xoconostle B. y Ruiz R. (2002). Impacto de la Biotecnología agrícola en cultivos: El caso de las micorrizas. *Avance y Perspectiva*. 21: 263-265.