

# IDENTIFICACIÓN Y COLONIZACIÓN NATURAL DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN NOGAL

## Identification and Natural Colonization of Mycorrhizal Arbuscular Fungi in Pecan Orchards

Ezequiel Muñoz-Márquez<sup>1†</sup>, Catalina Macías-López<sup>2</sup>, Alicia Franco-Ramírez<sup>3</sup>,  
Esteban Sánchez-Chávez<sup>1</sup>, Jorge Jiménez-Castro<sup>4</sup> y Juvencio González-García<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de micorrización natural y la identificación de géneros de hongos micorrízicos arbusculares nativos asociados a las raíces de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] en producción. Se evaluaron tres huertas nogaleras, El Maguey, La Esmeralda y La Fama, localizadas en la región de Delicias-Rosales en el estado de Chihuahua. Se recolectaron porciones de raíces localizadas dentro del área de goteo para evaluar el porcentaje de micorrización natural y su identificación. La huerta El Maguey presentó el mayor porcentaje de micorrización arbuscular con respecto a las huertas La Fama y La Esmeralda, con una variación a través de los meses que se consideró desde un 13 a 32%. La buena aireación y humedad, la presencia de cobertera natural de gramíneas, riego por goteo y la incorporación de abonos orgánicos que presentó la huerta El Maguey permitieron el desarrollo de la micorrización. En los suelos muestreados de las huertas en estudio la mayoría de las raíces muestreadas se localizaron de los cinco a los 35 cm de profundidad. El tipo de estructuras características de la micorriza arbuscular encontradas en las raíces de nogal pecanero fueron vesículas, esporas y micelio. Los géneros de hongos micorrízicos arbusculares encontrados asociados a la raíz del nogal pecanero en las huertas fueron *Glomus*

y *Gigaspora*; además se logró identificar una especie de hongo micorrízico arbuscular correspondiente a *Glomus sinuosum*; siendo este el primer estudio en el cual se reportan hongos micorrízicos arbusculares asociados a la raíz de nogales de la zona Delicias y Rosales en el estado de Chihuahua.

**Palabras clave:** *Carya illinoensis*, micorrizas arbusculares, nogal pecanero.

### SUMMARY

The objective of the present study was to determine the degree of natural mycorrhizal colonization, as well as to identify, to the genus level, native arbuscular mycorrhizal fungi associated with roots of bearing pecans [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch]. Three pecan orchards, El Maguey, La Esmeralda and La Fama, from the area Delicias-Rosales in Chihuahua, Mexico, were evaluated. We collected segments of mycorrhizal roots located within the tree drip line in order to evaluate the percentage of natural colonization and identify the fungi. The El Maguey orchard had the highest degree of arbuscular mycorrhization compared with that of the La Fama and La Esmeralda orchards, with a fluctuation of 13 to 32% through the different months of the year. Crop conditions at the orchard El Maguey, including a well aerated and humid soil, use of natural cover of grasses and drip irrigation, and incorporation of soil amendments, favored mycorrhization. Most sampled roots were located at a soil depth of 5 to 35 cm in the orchards studied. Vesicles, spores and mycelium typical of arbuscular mycorrhizal were found in roots from the pecan orchards studied. The genera of arbuscular mycorrhizal fungi found in association with pecan roots in these orchards were *Glomus* and *Gigaspora*; in addition, a species of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus sinuosum*, was identified; this is the first study to report mycorrhizal arbuscular fungi associated with pecan roots in the Delicias and Rosales region in the state of Chihuahua.

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Av. 4ta. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. 33089 Cd. Delicias, Chih., México.

<sup>†</sup> Autor responsable (emunoz@ciad.mx)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 2.5 Carretera Delicias-Rosales. 33000 Cd. Delicias, Chih., México.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

<sup>4</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos s/n Parque Industrial. 31570 Cd. Cuauhtémoc, Chih., México.

**Index words:** *Carya illinoensis*, *mycorrhizal arbuscular*, *pecan three*.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua, México, cuenta con una superficie plantada de más de 44 656 Mg ha<sup>-1</sup> de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch], obteniendo un rendimiento anual promedio de 1.44 Mg ha<sup>-1</sup>, que lo convierte en el principal estado productor de nuez en México (SIAP, 2006). Para su desarrollo óptimo los cultivos requieren de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. El uso irracional de estos productos frecuentemente ocasiona la contaminación del agua y suelo; además de un desequilibrio en las funciones de los microorganismos rizosféricos que están involucrados en el crecimiento, desarrollo y nutrición del vegetal, lo cual puede ocasionar la pérdida de una productividad sostenida. El desarrollo vegetal puede ser promovido por ciertos grupos microbianos, fundamentalmente los hongos micorrízicos y otros microorganismos presentes en la rizósfera que actúan coordinadamente con ellos en la interfase suelo-raíz. Esta interacción afecta el ciclado y disponibilidad de los macro y micronutrientes necesarios en la nutrición del vegetal, así como ciertas reacciones metabólicas de estos microorganismos que son claves para el mejoramiento de la estructura del suelo (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

La micorriza es una asociación simbiótica mutualista formada por raíces de las plantas vasculares y las hifas de hongos micorrízicos y se conocen dos tipos: ectomicorriza y micorriza arbuscular (Herrera y Ulloa, 1998). Según Tarango *et al.* (2004), el tipo de micorriza que se forma en el nogal pecanero es la ectomicorriza. Sin embargo, Taber *et al.* (1982) reportan géneros de hongos micorrízicos arbusculares naturales en este mismo hospedante.

Las micorrizas incrementan la superficie radical para la absorción de agua y elementos esenciales como: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn (Marx, 1971; Brison, 1976), así como, S y B (Taber *et al.*, 1982) y los translocan a las raíces hospedantes (Brison, 1976). Además, inducen a la longevidad de las raíces (Marshall y Perry, 1987) y proporcionan fitohormonas a los hospedantes (Harley y Smith, 1983). Las hifas rompen el complejo mineral y degradan las sustancias orgánicas, transformando los compuestos en moléculas aprovechables, además

de aumentar la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad (Sylvia y Williams, 1991).

El rendimiento agrícola disminuye entre 25-75% como consecuencia del ataque por fitopatógenos que son componentes habituales de los sistemas naturales y agronómicos (Brison, 1976; Schenck, 1989; Hooker *et al.*, 1994). La interacción de la micorriza y microorganismos implicados en el control biológico suponen una integración de mecanismos benéficos para la sanidad vegetal, lo cual se considera como principal objetivo en el campo de la sustentabilidad agrícola (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

Dada la importancia que representan las micorrizas para el nogal y la escasa información de la presencia de hongos micorrízicos arbusculares en sistemas de huertas de nogal, se plantearon los siguientes objetivos: 1) determinar la presencia e identificar los géneros de hongos micorrízicos arbusculares en raíces de nogales en producción; 2) evaluar el grado de micorrización natural en raíces de nogal pecanero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características Generales de los Sitios de Estudio

El muestreo se realizó en tres huertas nogaleras en producción localizadas en las regiones de Delicias y Rosales, Chihuahua: 1) huerta El Maguey, localizada en el km 7.5 carretera Delicias-Naica; 2) huerta La Esmeralda, localizada en Rosales, y 3) huerta La Fama, localizada en el ejido Delicias del municipio de Rosales.

La huerta El Maguey se caracterizó por presentar árboles de 40 años de edad, distancia de plantación 10 x 10 m, textura de suelo tipo migajón arcillo arenoso, riego por goteo, cobertera natural de gramíneas, fertilización con sulfato de amonio y aplicación de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de composta. En la huerta La Esmeralda los árboles en estudio tenían 29 años de edad, distancia de plantación 12 x 12 m, suelo con textura arena migajonosa, pedregoso, riego por aspersión, sin cobertera, fertilización con 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicación de 53 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol crudo y aplicación foliar de Zn. Por otro lado, la huerta La Fama se caracterizó por presentar árboles de una edad de 35 años, distancia de plantación de 12 x 12 m, suelo migajón arcillo arenoso, riego por inundación, sin cobertera, aplicación de 45 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol crudo y fertilización con sulfato de amonio. En el Cuadro 1 se muestran las propiedades físicas y químicas de los suelos de las tres huertas evaluadas.

### Muestreo y Procesamiento de las Muestras

Se utilizaron tres huertas para el estudio, se muestreó durante un periodo de seis meses para comparar sus niveles de micorrización natural, con muestreos aleatorios mensuales. Porciones de raíz de tres árboles de cada huerta fueron recolectadas al azar, dentro de la zona de goteo. Estos muestreos se realizaron mensualmente durante seis meses.

Una vez localizada la porción de raíz, esta se desprendió y se introdujo en una bolsa de plástico y se adicionó suelo de la rizósfera con el fin de protegerla. La muestra se identificó y se colocó en una hielera para su conservación. Los puntos de muestreo se realizaron en diferentes áreas dentro de la zona de goteo con el fin de hacer un muestro representativo y obtener material para el trabajo de laboratorio. Luego se procedió a la tinción de raicillas para identificar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA).

Se utilizó la técnica de clareo y tinción propuesta por Phillips y Hayman (1970), modificada para raíces leñosas, que consistió en los siguientes pasos: 1) se separaron las muestras por tratamientos y repeticiones; 2) las raíces se lavaron con agua sobre un tamiz de tamaño tal que no dejara pasar las raíces, para eliminar todo el suelo adherido; 3) se seleccionaron las raicillas pequeñas; 4) se colocaron en tela-gasa, envolviéndolas para evitar su dispersión; 5) la tela-gasa con la muestra se introdujo en una bolsa pequeña de malla-sombra esterilizable; 6) la bolsa se marcó para identificar la muestra; 7) se colocaron en un vaso de precipitados al que se agregó KOH al 10%, en cantidad suficiente para cubrir las raíces durante 24 horas, repitiendo este paso cinco veces. En cada cambio de KOH se enjuagó con agua destilada; 8) las raíces se cubrieron nuevamente con la solución de KOH al 10% y se expusieron a calor húmedo en el autoclave (10 min/4.5 kg de presión) para el clareo de las raíces, fueron necesarios cinco clareos

para eliminar los pigmentos. Después de cada exposición en el autoclave el KOH se eliminó y las raíces se enjuagaron con agua destilada; 9) las raíces se cubrieron con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10% y se dejó por 30 min; 10) se retiró el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y se enjuagó inmediatamente con agua destilada, con el fin de remover todos los residuos de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 11) se agregó HCl al 10% por 15 min para acidificar el medio; 12) se retiró el ácido y sin enjuagar se adicionó el colorante azul tripano en lactoglicerol; 13) se sometió a calor húmedo en el autoclave por 15 min/4.5 kg de presión (tinción); y 14) finalmente, se dejó enfriar y se procedió a hacer los montajes de raicillas en portaobjetos para su observación al microscopio.

Las raíces clareadas y teñidas se colocaron en cajas Petri con suficiente lactoglicerol. En un portaobjetos y utilizando agujas de disección se colocaron 20 segmentos de aproximadamente 1 cm de largo, paralelamente unos a otros. Sobre las raíces se adicionaron gotas de lactoglicerol, colocando posteriormente el cubreobjetos. Se eliminaron las burbujas de aire y cada laminilla se selló con esmalte transparente.

Para realizar la evaluación de las estructuras morfológicas características de la micorriza arbuscular, se realizaron observaciones en el microscopio óptico a través del objetivo seco débil y seco fuerte; método empleado por Phillips y Hayman (1970). Para ello se efectuaron tres pasajes equidistantes por laminilla. Al revisar un campo óptico donde se encontraba un segmento que contenía hifas, vesículas o arbusculos, independientemente de la intensidad de micorrización, se le otorgó el valor de uno para la evaluación total y por estructuras.

### Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares

La técnica de tamizado y decantación propuesta por Gerdemann y Nicolson (1963) solo se usa con la finalidad de obtener e identificar los hongos micorrízicos

**Cuadro 1. Características químicas y físicas de los suelos de las tres huertas nogaleras estudiadas en la región de Delicias y Rosales, Chihuahua.**

Localidad	Nutrimentos							CaCO <sub>3</sub>	pH	CE	MO	Textura
	NO <sub>3</sub> -N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn					
	mg kg <sup>-1</sup>							%		dS m <sup>-1</sup>	%	
El Maguey	38.8	46.7	1574.0	0.5	2.2	3.4	0.9	0.6	8.0	5.3	0.8	Migajón arcillo arenoso
La Esmeralda	2.8	31.4	307.0	3.4	1.7	3.3	2.9	3.7	7.7	0.9	0.02	Arena migajonosa
La Fama	24.0	65.8	547.0	0.5	0.8	3.0	0.8	1.3	7.7	0.8	0.01	Migajón arcillo arenoso

CE = conductividad eléctrica, MO = materia orgánica.

arbusculares asociados a la raíz de nogal. En el presente trabajo no se cuantificaron esporas en suelo. El procedimiento fue el siguiente: 1) se hizo una suspensión con 100 g de suelo en dos litros de agua; 2) la suspensión se agitó mecánicamente durante cinco minutos y se dejó reposar por tres minutos, para eliminar partículas grandes por sedimentación; 3) la suspensión se pasó por tamices de 500 y 44 micras, lavando con agua abundante; 4) se le agregó agua al decantado y se repitieron dos veces más los pasos anteriores; 5) posteriormente, el tamizado obtenido de la malla de 44 micras que contiene las esporas se colocó en una caja Petri para su observación en el microscopio estereoscópico; y 6) la identificación taxonómica de las morfoespecies de HMA se realizó en un microscopio compuesto con contraste de fases, de acuerdo con la forma, tamaño, color de las esporas, además de la forma y acoplamiento de la hifa de sostén, tomando como base el manual de identificación de Schenk y Pérez (1990).

### Análisis Estadístico

El análisis estadístico aplicado a este estudio correspondió al modelo de un diseño experimental completamente al azar con arreglo en parcelas divididas en tiempo y tres repeticiones. De acuerdo a los resultados se efectuó un análisis de varianza seguido por la prueba de T.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de Micorrización

El porcentaje de micorrización natural varió a través de los seis meses estudiados cuyo rango va de 13 a 32%, sobresaliendo la huerta El Maguey con el mayor porcentaje de micorrización natural con respecto a las huertas La Fama y La Esmeralda (Figura 1). Las condiciones que presentó la huerta El Maguey permitieron el desarrollo de la micorrización, el suelo con buena aireación y humedad, la presencia de cobertera natural de gramíneas, riego por goteo y la incorporación de abonos orgánicos. En la agricultura orgánica, el mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo, promueve un incremento en la diversidad, desarrollo y actividad de los microorganismos benéficos en especial de hongos micorrízicos arbusculares pertenecientes a la división Glomeromicota, los cuales forman simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas de interés agrícola (Schüßler *et al.*, 2001). Así mismo, los suelos que presentan buen drenaje, humedad y una adecuada aireación, estimulan el crecimiento y desarrollo de estos microorganismos (Marx, 1971). Dicha simbiosis promueve mayor eficiencia en la absorción radical de nutrientes como N (Tobar *et al.*, 1999) y especialmente aquellos de lenta movilidad en el suelo como P (Smith y Read, 1997), Cu y Zn (Tarafdar y Marschner, 1994).

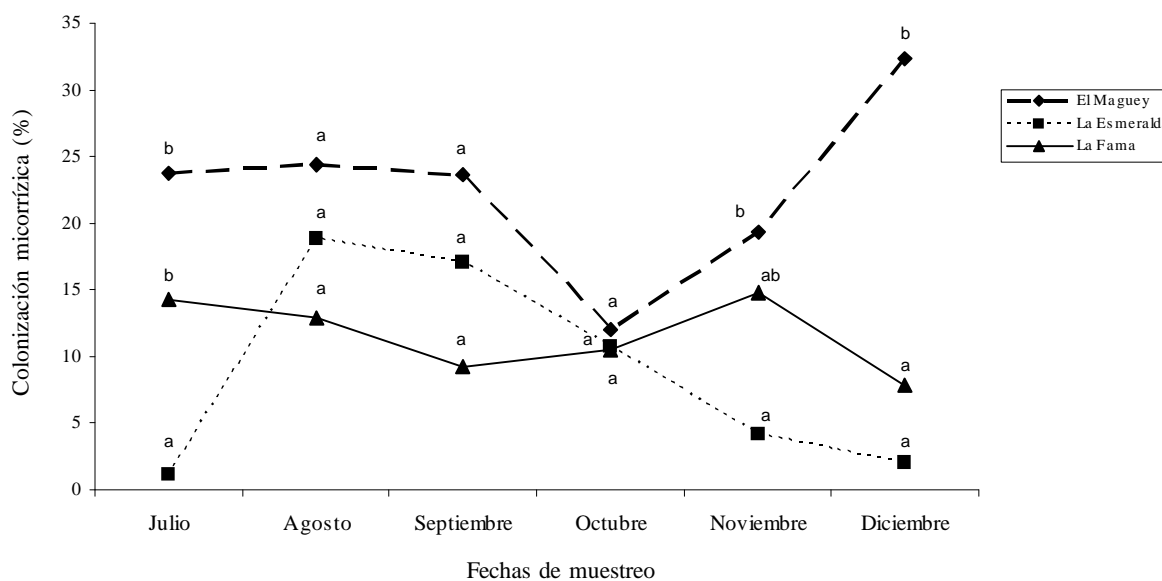


Figura 1. Porcentaje de micorrización en tres huertas nogaleras evaluadas en las diferentes fechas de muestreo en la región de Delicias-Rosales, Chihuahua, 2003.

Se encontraron vesículas (Figura 2a) y esporas (Figura 2b) de hongos micorrízicos colonizando las raíces de nogal pecanero en las tres huertas evaluadas.

En los aislamientos de suelo, se identificaron esporas de los géneros *Glomus* y *Gigaspora*. Además se logró identificar a la especie *Glomus sinuosum*. Taber *et al.*, (1982) reporta que en la raíz de nogal están asociados estos géneros de hongos micorrízicos arbusculares, los cuales se encontraron en raíces de nogal en Texas, Nuevo México y otros estados del Sudeste de Estados Unidos.

En la huerta La Fama, se encontraron esporocarpos de *Glomus sinuosum* y esporas de *Glomus*. Asimismo, se encontró abundante micelio característico de hongos micorrízicos arbusculares y células auxiliares propias de *Scutellospora* o *Gigaspora*. La micorriza arbuscular se caracteriza por presentar una extensa red de micelio en el suelo donde está presente, unida al sistema radical de las plantas hospedantes (Hayman, 1978).

Durante la evaluación de los seis meses de muestreo, no se encontraron arbusculos, estructuras características de los hongos micorrízicos arbusculares; una posible razón es que esta estructura tiene un periodo de vida de aproximadamente dos semanas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). En la huerta La Esmeralda se encontraron únicamente esporas de *Glomus*. Este género es de gran importancia ya que se ha comprobado que algunas especies activan la absorción de nitratos a través del micelio extra-radical (Bago *et al.*, 1996). En la huerta El Maguey se encontraron esporas de *Gigaspora*,

esporocarpos de *Glomus sinuosum* y esporocarpos laxos de *Glomus*. También, se encontraron esporas de *Glomus* en las preparaciones permanentes de raicillas teñidas. En aislamientos de suelo se encontraron esporocarpos laxos de *Glomus* (Figura 3A), esporocarpos de *Glomus sinuosum* (Figura 3B), esporas solitarias de *Gigaspora* (Figura 3C) y *Glomus* (Figura 3D). Los géneros de micorrizas arbusculares son de particular importancia ya que adquieren para su co-simbionte los nutrientes que son inmóviles en el suelo, por ejemplo el amonio adsorbido a partículas de arcilla (Johansen *et al.*, 1994).

## CONCLUSIONES

- Los árboles de nogal pecanero son capaces de asociarse con hongos micorrízicos arbusculares.
- La huerta El Maguey presentó el mayor porcentaje de colonización micorrízica arbuscular natural con respecto a las huertas La Fama y La Esmeralda, con una variación del porcentaje de colonización que fluctuó desde un 13 a 32% durante los seis meses de muestreo.
- Las condiciones favorables que permitieron la mayor micorrización fueron, suelo con buena aireación y humedad, buen drenaje y la presencia de cobertera natural.
- Se encontraron esporas de hongos micorrízicos arbusculares correspondientes a los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Glomus sinuosum*.

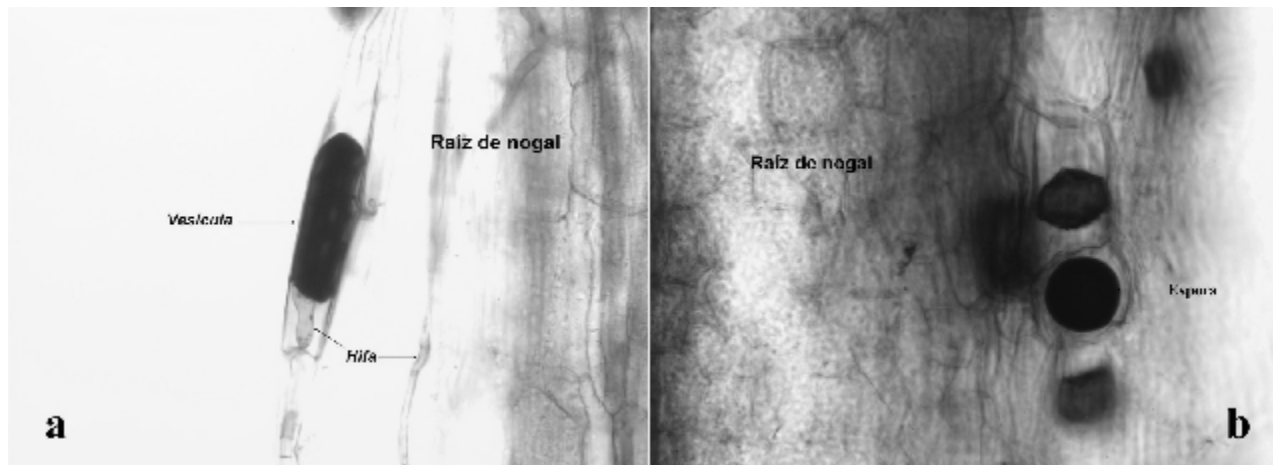


Figura 2. a) Vesícula e hifas de un hongo micorrízico en una raíz de nogal pecanero y b) Espora de un hongo micorrízico en una raíz de nogal pecanero.

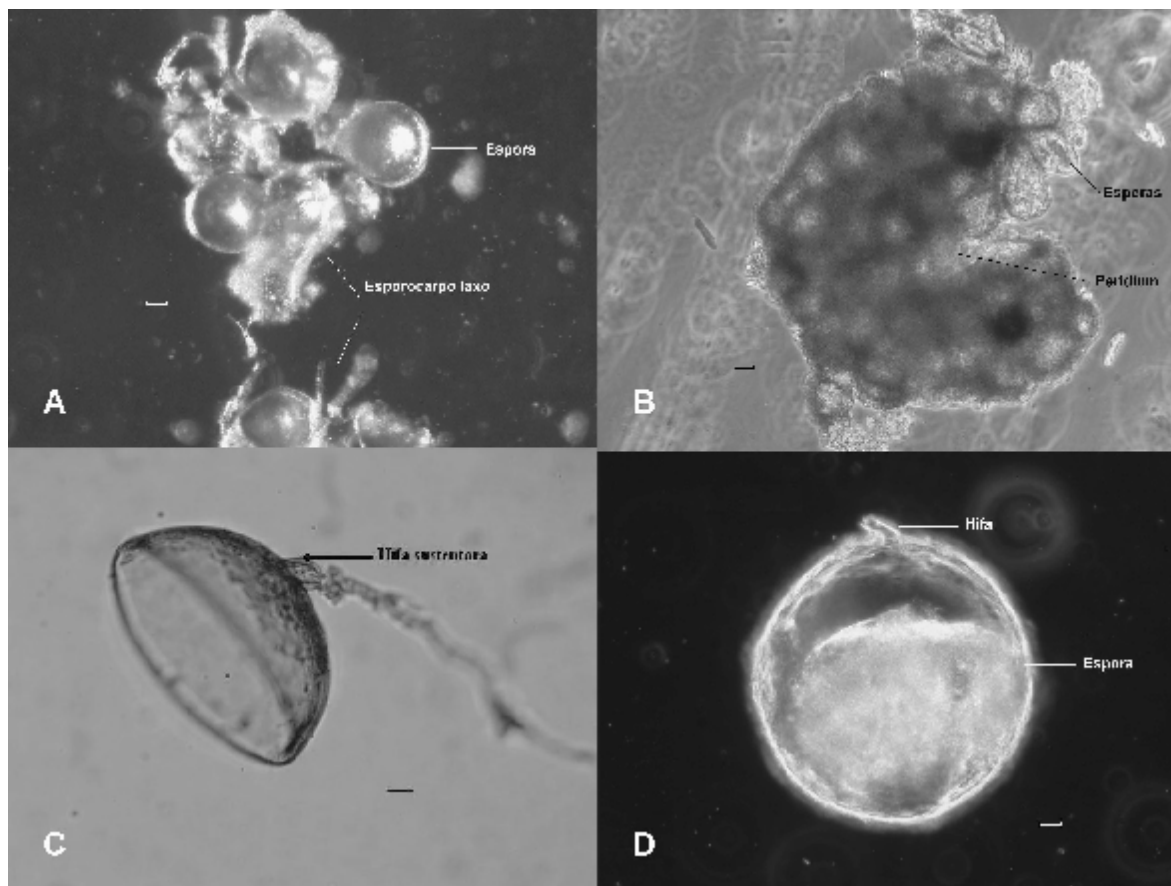


Figura 3. A) Esporocarpo laxo de *Glomus* escala 30 micras. B) Esporocarpo de *Glomus sinuosum* escala 30 micras. C) Espora de *Gigaspora* escala 10 micras y D) Espora de *Glomus* escala 30 micras.

### AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ronald Ferrera Cerrato por sus precisas sugerencias y permitirnos llevar en su laboratorio una de las etapas importantes de esta investigación. A los productores de nogal que contribuyeron para la realización de este trabajo.

### LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundi-Prensa. México, D. F.
- Bago, B., H. Vierheilig, Y. Piche, and C. Azcon-Aguilar. 1996. Nitrate depletion and pH changes induced by the extraradical mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *New Phytol.* 133: 273-280.
- Brisson, F. R. 1976. Cultivo del nogal pecanero. CONAFRUT (Comisión Nacional de Fruticultura). México, D. F.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Harley, J. L. and S. F. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. p. 483. *In:* R. A. Guzmán y R. Ferrera (eds.). La endomicorriza vesículo-arbuscular en las leguminosas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Hayman, D. S. 1978. Endomycorrhizae. pp. 401-442. *In:* R. Dommerges and S. V. Krupa (eds.). Interaction between non-pathogenic soil microorganisms and plants. Elsevier Scientific Publishing. Amsterdam, The Netherlands.
- Herrera, T. y M. Ulloa. 1998. El reino de los hongos: micología básica y aplicada. UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). Fondo de la Cultura Económica. México, D. F.
- Hooker, J. E., M. Jaizme-Vega, and D. Atkinson. 1994. Biocontrol of plants pathogens using arbuscular mycorrhizal fungi. pp. 191-200. *In:* Alarcón A. y R. Ferrera-Cerrato (eds.). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundi-Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Johansen, A, I. Jakobsen, and E. S. Jensen. 1994. Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant Soil* 160: 1-9.
- Marshall, J. D. and D. A. Perry. 1987. Basal and maintenance respiration of mycorrhizal and non mycorrhizal root systems of conifers. *Can. J. For. Res.* 17: 872-877.

- Marx, D. H. 1971. Root inhabiting mycorrhizal fungi benefit growth of trees. 5th Ann. West. Irri. Pecan Grow. Assoc. Conf. New Mexico State University. Las Cruces, NM, USA.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Schenck, N. C. 1989. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and the control of fungal roots diseases. p. 260. *In: A. Alarcón y R. Ferrera (eds.). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular.* Mundi-Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Schenk, N. C. and Y. Pérez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications. Gainesville, FL, USA.
- Schüßler, A., D. Schwarzott, and C. Walter. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105: 1413-1421.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2006. <http://www.siap.gob.mx> (Consulta: enero 11, 2008).
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis.* Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Sylvia, D. W. and S. E. Williams. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. pp. 101-124. *In: G. J. Bethlenfalvai and R. G. Linderman (eds.). Mycorrhizae in sustainable agriculture.* ASA special publication number 54. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA.
- Taber, R. A., J. W. Worthington, J. M. Trappe, and W. A. Taber. 1982. Mycorrhizal fungi associated with native and improved varieties of pecan in Texas. *Phytopathology* 72: 951.
- Tarafdar, J. C. and H. Marschner. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40: 593-600.
- Tarango, S. H., B. C. Macías, A. Alarcón y J. Pérez. 2004. Colonización micorrízica, crecimiento y concentración foliar de nutrientes en nogal pecanero y pistachero. *Agric. Téc. Méx.* 30: 191-203.
- Tobar, R. M., R. Azcón, and Barea J. M. 1999. The improvement of plant N acquisition from an ammonium treated drought-stressed soil by the fungal symbiont in arbuscular mycorrhizae. *Soil Biol. Fert.* 9: 1-8.