

## Especies de hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycota) en un agroecosistema de la provincia La Habana, con un nuevo reporte para Cuba, *Glomus glomerulatum*

### Arbuscular mycorrhizal fungi species (Glomeromycota) from an agroecosystem at Havana province, with a new report for Cuba, *Glomus glomerulatum*

Eduardo FURRAZOLA GÓMEZ\*, Roberto FERRER SÁNCHEZ\*†, María O. OROZCO MANSO\*, Yamir TORRES-ARIAS\*, Esther COLLAZO ALBERNAS\* y Ricardo A. HERRERA-PERAZA\*†

**RESUMEN.** Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMF) son microorganismos simbióticos que desempeñan un importante función en la agricultura moderna, como resultado de sus propiedades para ser empleados como microorganismos con capacidad biofertilizadora. Esta simbiosis contribuye a disminuir la erosión de los suelos agrícolas, y mejorar la defensa de los cultivos agrícolas ante el ataque de patógenos bacterianos y fúngicos. En este trabajo, se estudiaron las especies de estos hongos presentes en un agroecosistema localizado en Bainoa, en provincia Habana, Cuba. Se observaron 7 especies fúngicas con una mayor preponderancia de especies del género *Glomus*, representado por tres especies.

**PALABRAS CLAVE.** Hongos micorrizógenos arbusculares, *Glomus*, agricultura, *Glycine max* L. Merr., diversidad biológica, Cuba

**ABSTRACT.** The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are symbiotic microorganisms that play an important function at the modern agriculture, as result of its properties as biofertilizer microorganisms. This symbiosis contributes to diminish erosion of agricultural soils and improve defense of agricultural crops against fungi and bacterial pathogen attacks. In this paper, species of these fungi present in agroecosystem located at Bainoa, La Habana province, Cuba, were studied. Seven species with a major preponderance of *Glomus* genus, represented by three species, were observed.

**KEY WORDS.** Arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus*, agriculture, *Glycine max* L. Merr., biological diversity, Cuba

## INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones hacen referencia al papel que desempeñan los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) sobre el rendimiento y desarrollo de diferentes cultivos, gracias fundamentalmente a que propician una mejor captación de nutrientes por la planta (Barea, 1991; Gianinazzi y Schüepp, 1994; Bago *et al.*, 2000; Johansson *et al.*, 2004).

Entre las principales funciones que desempeñan estos hongos en los suelos agrícolas se encuentran la de mejorar la captación de iones de lenta difusión en la solución del suelo por las plantas como el P, Cu y Zn entre otros, influir sobre el balance del agua en el suelo e incrementar la resistencia a las enfermedades de los distintos cultivos de importancia económica (Smith y Read, 1997).

Por otra parte se conoce que prácticas agrícolas reiteradas como la roturación de la tierra, la fertilización química y la rotación de cultivos afecta tanto el tamaño como la composición y el funcionamiento de las comunidades de hongos micorrizógenos arbusculares (Miller y Jackson, 1998; Helgason *et al.*, 1998; Daniell *et al.*, 2001; Oehl *et al.*, 2003). También el uso de pesticidas puede causar detrimentos en las comunidades de estos hongos en el suelo, mientras que prácticas agrícolas basadas en el empleo de bajos insumos puede incrementar el tamaño y la actividad de estas comunidades (Gavito y Varela 1993, Johnson 1993, Munyanyza *et al.*, 1997).

En nuestro país, durante los últimos años se han realizado numerosos experimentos en condiciones de campo que demostraron el efecto beneficioso de esta simbiosis en el suelo, empleando un biofertilizante micorrizógeno producido en las condiciones de nuestro país y registrado

comercialmente con el nombre de MicoFert® (Herrera *et al.*, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las especies de hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycota) presentes en un agroecosistema de la provincia La Habana, donde tradicionalmente han sido realizados numerosos experimentos de campo para demostrar los beneficios de esta universal simbiosis sobre distintos cultivos de importancia económica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un campo sembrado con soya (*Glycine max* L. Merr., cv G7R-315), cercano a la localidad de Bainoa, provincia La Habana. El suelo fue clasificado como Ferralítico rojo compactado (suelo del tipo Oxisol, subgrupo Typic Rhodudalf, de acuerdo con la clasificación de la Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2003) o Ferralsol ródico de acuerdo con la leyenda revisada de la FAO-UNESCO (1988).

Se determinaron algunas de las principales características del suelo de la localidad estudiada, entre las que se encuentran el pH en agua por el método potenciométrico; materia orgánica por el método Walkley-Black; nitrógeno total por el método de Kjeldahl; fósforo (P) por Bray II, y el contenido de Mg, Na y K (cmol/kg<sup>-1</sup>) por método de Schaschabel.

En un área de aproximadamente 2 ha. sembradas con soya, fueron seleccionadas tres parcelas de 50 x 25 m donde fueron tomadas 5 submuestras de suelo hasta 15 cm de profundidad (cuatro de ellas en los vértices de un rectángulo imaginario formado por cada parcela, alejadas del borde del mismo y una quinta en el centro de la misma), las mismas se mezclaron

Manuscrito recibido: 15 de Octubre de 2009

Manuscrito aprobado: 18 de Noviembre de 2009.

\*Instituto de Ecología y Sistemática, C. P. 11900, La Habana 19, Cuba.

homogéneamente para conformar una muestra compuesta por cada parcela estudiada, de aproximadamente 1 kg de peso.

El suelo se transportó hacia el laboratorio en bolsas de polietileno, fue dejado secar a temperatura ambiente y pasado por un tamiz de 2 mm para separar las raíces y homogeneizar el mismo. Se tomaron 100 g de suelo de cada parcela para procesarlo según el método del tamizado de una suspensión de suelo en agua (*wet sieving and decanting method*) de Gerdemann y Nicolson (1963) seguido de la centrifugación del material resultante en una solución de sacarosa (Schenck, 1982).

Los caracteres morfológicos y las estructuras subcelulares fueron determinadas en esporas montadas en alcohol-polivinílico/ácido láctico/glicerina (PVLG; Koske y Tessier 1983) y una mezcla de PVLG y el reactivo de Melzer (1:1, v/v). Esporas con todos los atributos morfológicos que permiten su clasificación (esporas enteras, con presencia de unión hifal, colores brillantes y contenido lipídico) en varios estados de desarrollo fueron rotas aplicando una presión variable al cubreobjeto y entonces fueron dejadas reposar por 24 h a 65 °C para permitir aclarar la preparación microscópica de las gotas de lípidos que desprenden las esporas. La terminología empleada para definir la estructura de las esporas fue la propuesta por Walker (1983), Spain *et al.* (1989) y Stürmer y Morton (1997). El color de las esporas fue determinado bajo un estereomicroscopio, observando las mismas frescas, en un vidrio reloj con agua.

Las especies fueron clasificadas utilizando el manual de Schenck y Pérez (1990), la información disponible en la página web del INVAM (International Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Collection): <http://www.invam.caf.wvu.edu>, las descripciones originales de las especies existentes en la literatura mundial y comparando con los ejemplares de herbario disponibles en el Grupo de Micorrizas de la Subdirección de Micología del IES-CITMA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 puede observarse que a pesar de los bajos valores de fósforo asimilable, los valores de fósforo total si resultan elevados, lo cual se conoce afecta significativamente el establecimiento de la simbiosis micorrízica arbuscular (Azcón Aguilar y Barea, 1980). No obstante los resultados en la literatura mundial respecto a este tema son contradictorios, pues Sieverding y Barea (1991) refieren que también en suelos con alta fertilidad se obtiene respuesta de los cultivos a la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares.

Tabla 1. Principales características del suelo en el área de estudio.

Localidad	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O. (%)	N total (%)	P (asim.) ppm	P total ppm	Ca K Mg		
						(cmol/kg <sup>-1</sup> )		
Bainoa	5.5	2.9	0.20	3.7	461	5.5	0.22	4.1

En total fueron observadas siete especies y/o morfoespecies de hongos MA en las parcelas estudiadas, pertenecientes a cinco géneros *Acaulospora* Gerd. y Trappe emend. S.M. Berch, *Gigaspora* Gerd. y Trappe emend. C.

Walker y F. E. Sanders, *Glomus* Tul. y C. Tul., *Paraglomus* J.B. Morton y D. Redecker y *Scutellospora* C. Walker y F.E. Sanders, siendo el género mejor representado el género *Glomus* con tres especies o morfoespecies.

### *Acaulospora* sp. 1 cf. *spinosa*.

Esporas pardas a parda rojizas, globosas a subglobosas, 205-290 µm de diámetro, u ovoides 156-223 x 230-279 µm. Grosor de la hifa sostenedora en el punto de unión con la espora de 19 a 33 µm. Superficie de la espora cubierta de manera homogénea con espinas o verrugas diminutas de aproximadamente 1,0 a 1,5 µm. Pared de la espora constituida por 3 capas (L1, L2 y L3). Paredes germinales internas formadas por dos paredes internas hialinas, flexibles, (GW1 y GW 2) cada una compuesta por dos capas (L1 y L2). Esta especie recuerda superficialmente a *Acaulospora spinosa* C. Walker y Trappe, pero en el presente caso las espinas sobre la superficie resultan menos altas que las descritas para *A. spinosa* (2-3 µm), además de poseer esporas menores que las descritas para *A. spinosa* (hasta 290 µm en esta *Acaulospora* sp. por 335 µm en *A. spinosa*). Por esta razón puede tratarse de una especie no descrita para la ciencia.

### *Gigaspora albida* Schenck y Smith.

Esporas cremas a amarillo verdosas, mayormente globosas 197-310 µm. Grosor total de la pared de la espora 6-14 µm. Suspensor bulboso de 28 -34 µm. Pared de la espora compuesta por tres componentes (L1, L2 y L3). L1 rígida, lisa y hialina, L2 laminada, y L3 es la capa germinal. Cierre del contenido de la espora por un tapón mucilaginoso del mismo color que la capa L2. En este caso, las características observadas para estas esporas coinciden con las características descritas para esta especie según la página web del INVAM (International Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Collection): <http://www.invam.caf.wvu.edu>. Si bien el tamaño observado para las esporas obtenidas de nuestro aislamiento es superior al descrito para esta misma especie por la colección del INVAM (197-310 por 200-280 µm, respectivamente), la coincidencia en las dimensiones del resto de las estructuras subcelulares estudiadas permite considerar nuestra especie como *Gigaspora albida*.

### *Glomus brohultii* Sieverd. y R.A. Herrera.

Esporas amarillas a amarilla parduscas, predominantemente globosas, 65-94 µm diámetro. Hifa sostenedora entre 6-16 µm de diámetro en el punto de unión con la espora. Pared de la espora compuesta por dos capas L1 y L2 con un grosor total de 5-12 µm. La capa L1 es muy fina (< 1 µm) y ausente en las esporas maduras, L2 es finamente laminada. Esporas maduras generalmente cubiertas de un material mucilaginoso y partículas orgánicas, comúnmente cerca de la base de la espora. Esta especie se observó por primera vez en la Reserva de la Biosfera Cuchillas del Toa en la provincia de Holguín, Cuba, y fue descrita de un aislamiento realizado en la Sierra del Rosario en una parcela de bosque siempreverde conocida como Vallecito. Todo indica que esta especie posee una amplia distribución mundial pues ha sido observada en varios países de América, como Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Perú y Venezuela, así como en África, específicamente en la República Democrática del Congo (Herrera *et al.*, 2003).

*Paraglomus occultum* (C. Walker) J.B. Morton y D. Redecker.

Esporas de hialinas a blancas, globosas a subglobosas, 50-110  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared total de la espora entre 2-5  $\mu\text{m}$  de grosor. Grosor de la hifa sostenedora en el punto de unión con la espora 3-5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Esta especie resulta muy similar a *Paraglomus brasilianum* (Spain y Miranda) Morton y Redecker, pero en esta última especie la segunda capa de la pared de la espora (L2) se ha descrito como finamente reticulada o con un pequeño patrón laberintiforme, carácter no observado en *P. occultum*.

*Glomus* sp 1. cf. *viscosum*.

Esporas hialinas a blanco sucias, con material orgánico adherido a la superficie de las esporas, globosas a subglobosas 89-223  $\mu\text{m}$  de diámetro, comúnmente irregulares 82-175 x 134-197  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared total de la espora con dos capas (L1 y L2) de 11-26  $\mu\text{m}$  de grosor. Unión hifal de 13-37  $\mu\text{m}$  de diámetro. Esta especie recuerda superficialmente a *Glomus viscosum* T. H. Nicolson, pero el tamaño de las esporas encontrado por nosotros es mayor que el reportado en la página web del INVAM para el aislamiento MD 215 (cepa de *G. viscosum* aislada de Maryland, EE.UU., 50-120  $\mu\text{m}$ , con un valor promedio de 82  $\mu\text{m}$  en 160 esporas medidas). Morton (2003) refiere en esta página que algunas esporas en este aislamiento fueron mayores que las reportadas para el tipo nomenclatural de esta especie (44-97 x 46-94  $\mu\text{m}$ , con un valor medio de 60  $\mu\text{m}$ ), y más adelante afirma que tal variación en el tamaño en poblaciones diferentes de esporas puede ser similar al observado en otras especies de esporas pequeñas hialinas tal como es el caso de *Paraglomus occultum*.

*Glomus glomerulatum* Sieverd. (Fig. 1).

Esporas formadas solas en el suelo, el interior de raicillas o en esporocarpos, amarillas a pardas, mayormente globosas

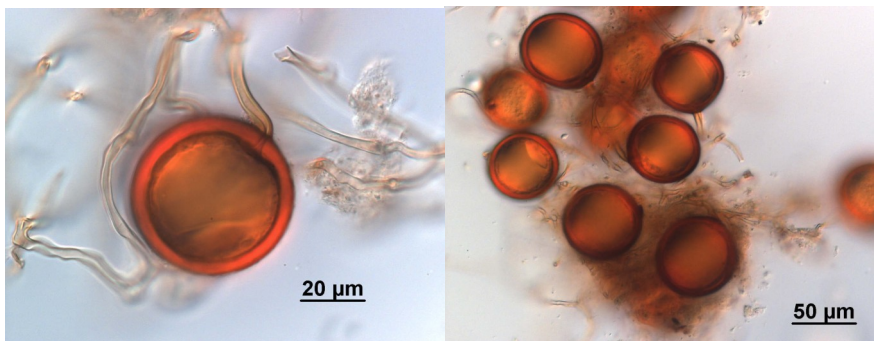


Fig. 1. Esporas de *Glomus glomerulatum*

66-86  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un grosor total de la pared de 5-11  $\mu\text{m}$ . Unión hifal de 5 -10  $\mu\text{m}$  en el punto de unión con la espora. Pared de la espora compuesta por un solo grupo de pared, conformado por dos capas (L1 y L2), la primera de ellas laminada y la segunda de aspecto membranoso. Resulta común la presencia de esporas con dos uniones hifales. Si bien algunos caracteres morfológicos de las esporas de esta especie resultan mayores que los reportados para *G. glomerulatum*, como el diámetro de las esporas y el grosor total de las paredes, el hábito esporocárpico de esta especie, la

coloración de las esporas, la presencia de estas con más de una unión hifal y la distribución y características de las paredes de la espora nos permite identificar esta especie como *G. glomerulatum*, lo cual constituye el primer reporte de esta especie para Cuba.

*Scutellospora calospora* (T.H. Nicolson y Gerd.) C. Walker y F.E. Sanders.

Esporas de hialinas a blancas, subglobosas a oblongas, en ocasiones irregulares 130-268 x 180-520  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un grosor total de la pared de 6-14  $\mu\text{m}$ . Suspensor bulboso de 22-31  $\mu\text{m}$  de grosor. Escudo de germinación frágil, hialino a amarillo pálido, comúnmente ovoide. Pared de la espora formada por dos capas (L1 y L2), la más externa L1 rígida, permanente de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  de grosor y L2, laminada (2-5  $\mu\text{m}$ ). Paredes germinales hialinas, flexibles (gw1 y gw2) formada cada una por dos capas adheridas (L1 y L2). La capa más interna de gw2 (L2) resulta amorfa en presencia de un medio hipertónico como el PVLG (alcohol polivinílico en ácido láctico y glicerina) y se torna rojo púrpura en presencia del reactivo de Melzer. Esta especie resulta muy similar a *Scutellospora pellucida* (T.H. Nicolson y N.C. Schenck) C. Walker y F.E. Sanders y *Scutellospora dipurpurascens* J.B. Morton y Koske, pero difiere de la primera en que *S. pellucida* posee esporas más oblongas y grandes en tamaño, además de poseer tres capas (L1, L2 y L3) en la pared de la espora, por solo 2 capas *S. calospora*; se diferencia de *S. dipurpurascens* en que esta posee una sola capa L1 en la primera pared germinal flexible (gw1) a diferencia de *S. calospora* que posee dos capas (L1 y L2) adheridas en esta pared.

Como se conoce, los métodos de manejo del suelo y las prácticas agronómicas pueden afectar la estructura de la comunidad de hongos MA positiva o negativamente, con el consiguiente efecto sobre el rendimiento de los cultivos y la productividad de los suelos agrícolas (van der Heijden *et al.*, 1998; Mäder *et al.*, 2002). Es por ello que la diversidad de especies de estos hongos en este agroecosistema puede considerarse baja, si se compara con otros estudios realizados en nuestro país, donde han sido observadas 51 especies de HMA en solo 0,5 ha del bosque siempreverde de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (Furrazola *et al.*, en prensa), o las 34 especies reportadas por Herrera *et al.* (inédito) en suelos de Moa, provincia de Holguín.

Observaciones personales nos han permitido apreciar la drástica reducción de la diversidad de hongos glomeromycetos en suelos fuertemente antropizados por la acción de una agricultura intensiva en la localidad de Mocoa, Estado Mérida, Venezuela, con la presencia de solo una especie del género *Glomus* (Furrazola, resultados no publicados), datos que contrastan con las 37 especies encontradas en solo una hectárea de terreno en un pastizal sin perturbar de Carolina del Norte, EE.UU., por Bever *et al.* (2001), donde predominaban especies como *Anthoxanthum odoratum* L., *Panicum sphaerocarpon* Ell. y *Plantago lanceolata* L., entre otras.

No obstante, a pesar de tratarse de suelos agrícolas con un

alto contenido de fósforo total, lo que puede suponer que el manejo de los mismos se realiza mediante una agricultura de altos insumos, se observa la presencia de las dos especies de la familia Gigasporaceae, *G. albida* y *S. calospora*, lo cual es un resultado también interesante si se conoce que en suelos perturbados resultaría menos probable encontrar representantes de esta familia. Como plantean de la Providencia et al. (2005, 2007) existen diferencias entre las familias Glomeraceae y Gigasporaceae en cuanto a las estrategias que presentan ambas para el desarrollo de la colonia fúngica y la sobrevivencia bajo condiciones adversas, pudiéndose considerar esta última familia como la más afectada ante la ruptura de la red micelial en el suelo, producida por la roturación del mismo con maquinaria agrícola como debe ocurrir en el sitio estudiado.

También cabe señalar la ausencia de especies del género *Glomus* tales como *G. aggregatum* N. C. Schenck y G. S. Sm. emend. Koske, *G. caledonium* (T.H. Nicolson y Gerd.) Trappe y Gerd., *G. constrictum* Trappe, *G. diaphanum* J. B. Morton y C. Walker, *G. etunicatum* W. N. Becker y Gerd., *G. fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. y Trappe emend. C. Walker y Koske, *G. geosporum* (T. H. Nicolson y Gerd.) C. Walker, y *G. mosseae* (T.H. Nicolson y Gerd.) Gerd. y Trappe, que como plantean Franke-Snyder et al. (2001) y Oehl et al. (2003) se tratan de especies muy comunes en suelos agrícolas aún con un manejo intensivo, hasta tal punto que este último autor prefiere llamarlas “especies típicas de suelos arados” u hongos MA “generalistas”. Ello pudiera deberse a que en el momento del muestreo, pese a los altos niveles de fósforo observados, estos suelos están comenzando un proceso de recuperación paulatina, o bien a lo planteado por Oehl et al. (2003), especies aparentemente erradicadas de los horizontes superficiales del suelo manejados de forma intensiva, han encontrado refugio o al menos un hábitat preferencial a mayores profundidades del mismo, lo que supondría que dichas especies no están completamente perdidas producto de las prácticas agrícolas.

## REFERENCIAS

- Azcón Aguilar, C. y J. M. Barea. 1980. Micorrizas. *Investigación y Ciencia* 47: 83-91.
- Bago, B., P. E. Pfeiffer y Y. Shachar-Hill. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiol.* 124: 949-957.
- Barea, J. M. 1991. Vesicular arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Adv. Soil Sci.* 15: 1-40.
- Bever, J. D., P. A. Schultz, A. Pringle y J. B. Morton. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *BioScience* 51: 923-932.
- Daniell, T. J., R. Husband, A. H. Fitter y J. P. W. Young. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising arable crops. *Fems Microbiology Ecology* 36 (2-3): 203-209.
- de la Providencia, I. E., F. A. de Souza, F. Fernández, N. Séjalon Delmas y S. Declerck. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi reveal distinct patterns of anastomosis formation and hyphal healing mechanisms between different phylogenetic groups. *New Phytologist* 165: 261-271.
- de la Providencia, I. E., F. Fernández y S. Declerck. 2007. Hyphal healing mechanism in the arbuscular mycorrhizal fungi *Scutellospora reticulata* and *Glomus clarum* differs in response to severe physical stress. *FEMS Microbiol. Lett.* 268: 120-125.
- FAO-Unesco. 1988. *Soils of the World*. Revised Legend. FAO, Rome, 119p.
- Franke-Snyder M, D. D. Douds, L. Galvez, J. G. Phillips, P. Wagoner, L. Drinkwater y J. B. Morton. 2001. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. *Applied Soil Ecology* 16: 35-48.
- Furrázola E., R. A. Herrera, S. L. González, R. L. Ferrer y L. Hernández. [en prensa]. Diversidad del orden Glomales (hongos micorrizógenos), en un bosque tropical. En: (M. Monasterio ed). *Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución y Procesos Sociales*. Mérida Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XII, Diversidad Biológica.
- Gavito, M. E. y L. Varela. 1993. Seasonal dynamics of mycorrhizal associations in maize fields under low-input agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 45: 275-282.
- Gerdemann, J. W. y T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Gianinazzi, S. y H. Schüepp. 1994 *Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems*. Birkhäuser Verlag, Basel. p. 226.
- Helgason, T., T. J. Daniell, R. Husband, A. H. Fitter y J. P. W. Young. 1998. Ploughing up the wood-wide-web?. *Nature* 394: 431.
- Herrera-Peraza, R. A., R. L. Ferrer y E. Sieverding. 2003. *Glomus brobultii*: A new species in the arbuscular mycorrhiza forming Glomerales. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 77: 37-40.
- Herrera-Peraza, R. A., C. Hamel, F. Fernández, R. L. Ferrer y E. Furrázola 2011. Soil-strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants?. *Mycorrhiza* 21:183-193. DOI 10.1007/s00572-010-0322-6
- Herrera-Peraza, R. A., Y. Torres, M. E. Rodríguez y E. Furrázola. Occurrence and distribution of hypogean glomeromycotan fungi in the region of Moa, eastern Cuba. (inédito).
- Johansson, J. F., L. R. Paul y R. D. Finlay. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology* 48: 1-13.
- Johnson, N. C. 1993. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? *Ecological Applications* 3: 749-757.
- Koske, R. E. y B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. *Mycol. Soc. Am. Newsl.* 34: 59.
- Mäder P, A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, y U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.
- Miller, R. L. y L. E. Jackson. 1998. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. *Journal of Agricultural Science* 130: 173-182.
- Munyanziza, E., H. K. Kehri y D. J. Bagyaraj. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: The role of mycorrhiza in crops and trees. *Applied Soil Ecology* 6: 77-85.
- Oehl, F., E. Sieverding, K. Ineichen, P. Mader, T. Boller y A. Wiemken. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Applied and Environmental Microbiology* 69 (5): 2816-2824.
- Schenck, N. C. 1982. *Methods and principles of mycorrhizal research*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Schenck, N. C y Y. Perez 1990 *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. 3rd edition. Synergistic publications, Gainesville FL, USA, 286 p.
- Sieverding, E. y J. M. Barea. 1991. Perspectivas de la inoculación de sistemas de producción vegetal con hongos formadores de

- micorrizas V.A. En: Olivares, J. y J. M. Barea (eds). *Fijación y movilización biológica de nutrientes* Vol. II Fijación de N y micorrizas, CSIC, Madrid, pp. 221-245.
- Smith, S. E. y D. J. Read. 1997 *Mycorrhizal Symbiosis*. 2ª edición. Academic Press, San Diego. 605 pp.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA, Ninth Edition, 332p.
- Spain, J. L., E. Sieverding y N. C. Schenck. 1989. *Gigaspora ramisporophora*: a new species with novel sporophores from Brazil. *Mycotaxon* 34: 667-677.
- Stürmer, S. L., y J. B. Morton. 1997. Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. *Mycologia* 89: 72-81.
- van der Heijden M. G. A., J. N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, A. Wiemken y I. R. Sanders. 1998. Mycorrhizal diversity determines plant diversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69-72.
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: Spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 18: 443-455.

---

**Eduardo Furrázola Gómez.** Inv. Auxiliar, Master en Ecología y Sistemática Aplicada, Mención Ecología. Jefe del Grupo Micorrizas, División Micología. Instituto de Ecología y Sistemática.  
✉ eduardof@ecologia.cu

---