

# Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares (*Glomeromycota*) en bosques semicaducifolios de la Ciénaga de Zapata, Cuba

## Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*) in semicaducifolius forest of Ciénaga de Zapata, Cuba

Yamir Torres-Arias<sup>\*,\*\*</sup>, Rosalba Ortega-Fors<sup>\*</sup>, Susett González González<sup>\*,\*\*\*</sup> y Eduardo Furrázola Gómez<sup>\*</sup>

### RESUMEN

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) representan uno de los grupos fúngicos de mayor importancia tanto ecológica como económica. No obstante, en los trópicos y de manera particular en Cuba, son escasos los trabajos publicados sobre su diversidad en ecosistemas naturales. En tal sentido, el presente trabajo abordó el estudio de las comunidades de HMA en tres parcelas de bosques semicaducifolios de la Ciénaga de Zapata, Cuba. La identificación de especies y/o morfoespecies se realizó a partir de las características morfológicas de las esporas. Se determinaron 30 especies, de las cuales el 67% se ubicó dentro del género *Glomus*, resultados similares a los obtenidos en otros ecosistemas tropicales.

**Palabras clave:** hongos micorrizógenos arbusculares, diversidad, *Glomus*, ecosistemas tropicales

### ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are among the most ecologically and economically important fungal groups. However, in the tropics and particularly in Cuba, there are few published researchs about their diversity in natural ecosystems. In such way, in the present paper the AMF communities of three areas in semideciduous forests from Ciénaga de Zapata, Cuba, were studied. The species identification was based on the spores' morphological characteristics. A total of 30 species of AMF were detected, from which 73% belong to the *Glomus* genus, similar results obtained in other tropical ecosystems.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi, diversity, *Glomus*, tropical ecosystems

**Recibido:** noviembre 2014 **Aceptado:** agosto 2015

### INTRODUCCIÓN

Uno de los grupos fúngicos más ampliamente distribuidos y de mayor importancia, tanto ecológica como económica, está representado por los hongos micorrizos arbusculares (HMA), que conforman el *Phyllum Glomeromycota* (Fitter & al. 2011, Turrini & Giovannetti 2011). Los mismos establecen una asociación simbiótica mutualista, denominada micorriza arbuscular (MA), con las raíces de más del 80% de las especies de plantas vasculares (Peterson & al. 2004).

La función de esta simbiosis en el crecimiento y nutrición de las plantas, ha sido ampliamente documentada a nivel mundial, destacándose su intervención en los mecanismos de absorción del fósforo (P) y otros elementos poco móviles del suelo (Bonfante 2003, Brundrett 2002). Asimismo, esta asociación le confiere a las plantas una mayor protección y tolerancia a patógenos y condiciones ambientales adversas como pueden ser elevados niveles de salinidad (Oztekín & al. 2013) o

sequía (Doubková & al. 2013, Gholamhoseini & al. 2013). Además, numerosos estudios han señalado como esta simbiosis contribuye a la formación y mantenimiento de la estructura del suelo a través de las hifas extra radicales y la producción de glomalina (Bedini & al. 2009, Gadkar & al. 2006).

Sin embargo, los HMA al igual que la mayoría de las especies fúngicas, no han contado con suficiente atención a nivel mundial, siendo aún insuficientes los estudios realizados. Por lo general son excluidos de los programas globales de conservación. En tal sentido, aquellos hábitats donde los HMA se encuentran distribuidos de manera natural, representan sitios clave para su estudio y conservación. Debido al riesgo que existe de que valiosas cepas nativas o ecotipos de HMA pudieran perderse antes que sean estudiadas, se necesita urgentemente de estrategias a largo plazo que asegure su conservación en los hábitats donde ellos existen y han evolucionado a lo largo de millones de años (Turrini & Giovannetti 2011). De acuerdo con estos autores tales hábitats se encuentran de forma ideal en las áreas protegidas donde los organismos vivos están bajo el cuidado de autoridades nacionales e internacionales (Turrini & Giovannetti 2011, Alves & al. 2012).

\*Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA Carretera Varona 11835 e/ Oriente y Lindero, La Habana 19, CP 11900, Calabazar, Boyeros, La Habana, Cuba. \*\*E-Mail: yamir@ecologia.cu

\*\*\*E-Mail: susettgg@gmail.com

Comúnmente, en estos sitios naturales se observa una mayor diversidad de estos hongos ya que se conoce que la aplicación de fertilizantes químicos, la roturación de los suelos con maquinaria agrícola, la inadecuada rotación de cultivos, el predominio del monocultivo, actividades características de una agricultura intensiva, afectan la diversidad y el funcionamiento de estos hongos (Kabir & al. 1998, Galvez & al. 2001, Jansa & al. 2003).

Se considera que existe poca información sobre el estudio de las HMA en los humedales (Keddy 2000). Los HMA están presentes en una diversa gama de humedales (Rickerl & al. 1994, Cornwell & al. 2001, Carvalho & al. 2001) y se ha planteado que los mismos pueden ser funcionalmente importantes para el crecimiento de las especies vegetales que se desarrollan en estos ecosistemas (Stevens & al. 2002, Dunham & al. 2003), donde además, los suelos son saturados y en consecuencia son bajos los niveles de oxígeno disponible para los organismos aeróbicos, tales como los HMA (Wolfe & al. 2007).

En los trópicos, y de manera particular en Cuba, existen algunos trabajos publicados sobre la diversidad de los HMA en ecosistemas naturales (Lovera & Cuenca 2007, Ferrer & Herrera 1980, 1988, Medina & al. 2010). No obstante, recientemente se han realizado algunas investigaciones en la zona occidental de Cuba con el objetivo de ampliar los conocimientos sobre la diversidad de estos hongos en ecosistemas naturales y agroecosistemas (Furrazola & al. 2011, Rodríguez-Rodríguez & al. 2014, Furrazola & al. 2015). Por otra parte, la descripción de HMA endémicos potenciales sugiere que el estudio de su ocurrencia y distribución en áreas protegidas a través de todo el mundo puede ofrecer una perspectiva estratégica para incrementar la percepción de la importancia de estos simbioses beneficiosos y preservar su diversidad en los años venideros como plantean Turrini & Giovannetti (2011).

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue identificar las especies de HMA presentes en tres áreas de bosques semicaducifolios de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio y sitios de muestreo

El presente estudio se realizó en Pálpite, localidad ubicada en el municipio Ciénaga de Zapata en la provincia de Matanzas, Cuba. Dicha localidad está en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, considerado el mayor y mejor humedal conservado del Caribe insular (Borroto-Páez & al. 2007). El muestreo incluyó tres áreas boscosas: Bosque I (W 81° 11' 16.85" N 22° 19' 3.35"), Bosque II (W 81° 11' 30.92" N 22° 18' 21.80"), Bosque III (W 81° 11' 55.51" N 22° 17' 28.29"). El estudio se realizó a

lo largo de una franja de 4 Km por 1 Km de ancho de bosques semicaducifolios con predominio de *Lysiloma latisiliquum* Benth. (soplillo) y *Bucida palustris* Borhidi & O. Muñiz (júcaro de ciénaga), además de otras especies arbóreas como *Bursera simaruba* L. Sarg (almácigo), *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje), *Hibiscus elatus* L. (majagua), *Tabebuia* spp. (roble), *Erythroxylum* spp. (arabo) entre otras y un sotobosque con predominio de gramíneas, ciperáceas y en ocasiones helechos.

Las colectas de suelo se realizaron en la primera semana del mes de mayo de 2013. Por cada área de estudio se escogieron tres parcelas de 40 m<sup>2</sup> cada una, donde se seleccionaron al azar cinco puntos (uno en cada esquina del cuadrado y el quinto en el centro) para tomar en cada uno un monolito de suelo de 10x10x20 cm. Dichas submuestras de suelo fueron mezcladas y homogenizadas para lograr una única muestra por cada área de 40 m<sup>2</sup> y así un total de tres muestras por cada área boscosa, para una suma de 9 muestras (3 por bosque). Dichas muestras fueron trasladadas al laboratorio de Micorrizas del Instituto de Ecología y Sistemática (IES) en bolsas de nylon. Una vez allí, se sometieron a un proceso de secado bajo condiciones de sombra (alejadas de la luz solar directa) y a temperatura ambiente entre 24 y 28 °C durante una semana.

### Extracción, cuantificación e identificación de las especies y/o morfoespecies de HMA

De cada muestra se tomaron 100 g de suelo. El mismo fue procesado mediante la técnica del tamizado en húmedo y decantado del suelo según la metodología modificada por Herrera-Peraza & al. (2004) a partir del protocolo original de Gerdemann & Nicholson (1963). La extracción de esporas se realizó con pipetas Pasteur bajo microscopio estereoscópico (CARL ZEISS-AXIOSKOP 2 con un aumento de 150x. Seguidamente, se hicieron preparaciones permanentes de las mismas, usando como solución de montaje alcohol polivinílico (PVLG) y PVLG más reactivo de Melzer.

Para la identificación de especies se tuvieron en cuenta las características morfológicas de las esporas, principalmente el tamaño, forma, color, tipo de unión hifal, así como los tipos y grupos de paredes y ornamentaciones. Para la observación de las esporas empleó un microscopio óptico (CARL ZEISS model AXIOSKOP 2 Plus con aumentos de 200 a 1000x con cámara acoplada (AxioCam) además del programa AxioVision 3.1 a 1300 x 1030 dpi plus. Se utilizó el Manual de Schenck y Pérez (1990), la información disponible en la página web de la Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo Arbusculares (INVAM) (Anónimo 2014), Blaszkowski (2014) y se revisaron los ejemplares de la Colección Cubana de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (CCHMA) depositada en el Herbario Nacional de Cuba (HAC).

## RESULTADOS

Se determinaron 30 especies o morfoespecies de hongos micorrizógenos arbusculares pertenecientes a nueve géneros de HMA (Tabla I). Seis de estas especies (20%) fueron encontradas en los tres bosques de estudio (Frecuencia de ocurrencia, FO=100%), mientras que 9 especies (30%) estuvieron presentes en dos de estos sitios (FO=67%) y 15 especies (50%) solo fueron detectadas en uno de los tres bosques estudiados (FO=33%).

Del total de especies encontradas, el género *Glomus* Tul. & C. Tul. resultó ser el más abundante (20 especies); seguido de *Acaulospora* Gerd. & Trappe (tres especies) y *Claroideoglomus* C. Walker & A. Schüssler, *Diversispora* C. Walker & A. Schüssler, *Funneliformis* C. Walker & A. Schüssler, *Pacispora*, Sieverd. & Oehl, *Paraglomus* J.B. Morton & D. Redecker, *Racocetra* Oehl, F.A. Souza & Sieverd. y *Scutellospora* C. Walker & F.E. Sanders (una especie cada uno, respectivamente).

## DISCUSIÓN

De manera general, el número de especies encontrada en el presente estudio (Tabla I) puede considerarse elevada si se compara con la registrada en otros bosques naturales como por ejemplo: 13 en Costa Rica (Lovelock & al. 2003), 16 en México (Guadarrama & Álvarez-Sánchez 1999) y 14 en Brasil (Alves & al. 2012). Igualmente, Zhao (2003) identificó 27 especies de HMA en bosques subtropicales de China durante la época seca del año. Por otro lado, en Cuba, Ferrer & Herrera (1988) detectaron solo 13 especies de HMA en bosques siempreverdes de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. El número de especies de HMA de la presente investigación es similar a la reportada por Stürmer & Siqueira (2011), quienes encontraron valores entre 30 y 33 especies de HMA en dos bosques brasileños. Asimismo, se asemejan a lo hallado por Mangan & al. (2004) en Panamá (27 especies de HMA). No obstante, existe otro trabajo donde el número de especies de HMA observadas supera el encontrado en la presente investigación.

**TABLA I**

**Composición de la comunidad de HMA en las áreas boscosas de Pálpite, Ciénaga de Zapata, Cuba**

No.		Bosque I	Bosque II	Bosque III
1	<i>Acaulospora excavata</i> Ingleby & C.Walker			+
2	<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	+	+	
3	<i>Acaulospora</i> sp. 1			+
4	<i>Claroideoglomus lamellosum</i> (Dalpé, Koske & Tews) C. Walker & A. Schüssler		+	
5	<i>Diversispora spurca</i> (C.M. Pfeiff., C. Walker & Bloss) C. Walker & A. Schüssler		+	+
6	<i>Funneliformis halonatus</i> (S.L. Rose & Trappe) Oehl, G.A. Silva & Sieverd.	+	+	+
7	<i>Glomus ambisporum</i> G.S. Sm. & N.C. Schenck	+	+	+
8	<i>Glomus brohultii</i> R.A. Herrera, Ferrer & Sieverd.		+	+
9	<i>Glomus clavisorum</i> (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck			+
10	<i>Glomus crenatum</i> Furrázola, Ferrer, R.A. Herrera & B.T. Goto		+	
11	<i>Glomus pachycaule</i> (C.G. Wu & Z.C. Chen) Sieverd. & Oehl	+		+
12	<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck			+
13	<i>Glomus</i> sp. 1	+	+	+
14	<i>Glomus</i> sp. 2	+		
15	<i>Glomus</i> sp. 3	+		+
16	<i>Glomus</i> sp. 4	+		
17	<i>Glomus</i> sp. 5	+		
18	<i>Glomus</i> sp. 6	+		
19	<i>Glomus</i> sp. 7	+	+	+
20	<i>Glomus</i> sp. 8	+		
21	<i>Glomus</i> sp. 9	+	+	+
22	<i>Glomus</i> sp.10		+	
23	<i>Glomus</i> sp.11	+		+
24	<i>Glomus</i> sp.12	+		
25	<i>Glomus</i> sp.13	+		+
26	<i>Glomus</i> sp. 14		+	
27	<i>Pacispora</i> cf. sp 1	+	+	
28	<i>Paraglomus occultum</i> (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker			+
29	<i>Racocetra alborosea</i> (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. Souza & Sieverd.	+	+	+
30	<i>Scutellospora</i> sp. 1	+	+	
<b>Número de especies de HMA observadas</b>		<b>19</b>	<b>15</b>	<b>17</b>

En cuanto a esto, puede mencionarse el estudio de Zangaro & al. (2013) quienes reportaron 41 y 47 especies de HMA para dos bosques húmedos de Brasil.

Esta variabilidad en el número de especies de HMA detectadas puede estar dada por disímiles motivos. Como se conoce, resulta importante el carácter estacional que muestran las comunidades de HMA y el predominio consecuente de esporas durante la época seca (Guadarrama & Álvarez-Sánchez 1999, Lugo & Cabello, 2002; Cuenca & Lovera, 2010), momento en el cual se realizó el muestreo en el presente estudio. Se conoce que en la época lluviosa, el lógico aumento de la humedad del suelo puede llevar a la germinación de las esporas o a un aumento del ataque de bacterias y hongos del suelo que contribuyan a la destrucción de las mismas como planteó Bever (1994).

Otro elemento de gran importancia está relacionado con la riqueza y composición de especies vegetales presentes en el sitio de estudio, que se conoce afectan la composición y abundancia de los HMA (Bever & al. 2001, Lovelock & al. 2003). En nuestro caso de estudio se trata de bosques semicaducifolios con un rico sotobosque, cuyas especies se convierten en hospederos potenciales de estos hongos dado su carácter de simbioses obligados.

Tal predominio de los géneros *Glomus* y *Acaulospora* observado en el presente trabajo también ha sido reportado para otros bosques tropicales (Mangan & al. 2004, Husband & al. 2002, Stürmer & Siqueira 2011, Zangaro & al. 2013). Al respecto, algunos autores plantean que dicho fenómeno podría estar dado por la resistencia de las esporas de estos géneros a los efectos causados por disturbios naturales o de otra causa que sufren los ecosistemas (Picone 2000, Silva & al. 2006). De ahí, que autores como Medina & al. (2010) consideren que las especies de estos géneros presentan una mayor capacidad de adaptación a las condiciones edáficas, ofreciendo un elevado potencial para su uso como biofertilizantes.

A su vez, la variación en la frecuencia de ocurrencia de las especies podría estar dada por las diferencias existentes entre los bosques en estudio como han observado Bever & al. (2001). Los mismos, a pesar de encontrarse cercanos entre sí y presentar determinadas características en común, también mostraban algunas diferencias en cuanto a la vegetación y presiones ambientales a los que eran sometidos. De manera particular, en el momento del muestreo el suelo del bosque III se encontraba semi-inundado, como es típico de los ecosistemas cenagosos. Por su parte el bosque I mostraba señales de sufrir inundaciones estacionales, mas no se encontraba inundado en el momento de la recolecta. Por último, en el bosque II no se evidenciaron

indicios de inundaciones recientes. Teniendo esto en cuenta, podría pensarse que las especies exclusivas de cada uno de los bosques, están simplemente mejor adaptadas a las condiciones particulares de cada uno de ellos. Por otro lado, las especies encontradas en los tres bosques pueden considerarse generalistas de acuerdo con el criterio de Stürmer & Siqueira (2011) quienes consideran que los HMA en suelos tropicales parecen mostrar resiliencia cuando enfrentan cambios en su hábitat, de bosques prístinos a otros usos del suelo, y existe por ende una mayor probabilidad de encontrarlas en cualquier otra área cercana que se estudie en el futuro.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo contribuyen al conocimiento de la diversidad de HMA no solo en la Ciénaga de Zapata, sino en Cuba. Se dan a conocer las principales especies de este grupo fúngico para esta localidad de Pálpite, así como otras que parecen tener un carácter un poco más exclusivo dentro del área. Una vez más se confirma el patrón de distribución registrado para estos hongos en varios bosques tropicales, con un predominio marcado de los géneros *Glomus* y *Acaulospora*.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Dres. Bruno Tomio Goto de la Universidad Federal de Río Grande do Norte y Ricardo L. L. Berbara de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Brasil por su colaboración en el trabajo taxonómico realizado y el soporte técnico a la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, D.K., Rabelo, C.M., Gomes, R., Alves, G., Oehl, F. & Costa, L. 2012. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in restinga and dunes areas in Brazilian Northeast. *Biodevers. Conserv.* 21: 2361-2373.
- Anónimo 2014. Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo Arbusculares. (INVAM) [http:// invam. wvu.edu](http://invam.wvu.edu). rev. 2014.
- Bedini, S., Pellegrino, E., Avio, L., Pellegrini, S., Bazzoffi, P., Argese, E. & Giovannetti, M. 2009. Changes in soil aggregation and glomalin related soil protein content as affected by arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biol. Biochem.* 41: 1491-1496.
- Bever, J. D. 1994. Feedback between plants and their soil communities in an old-field community. *Ecology* 75: 1965-1978.
- Bever, J.D., Schultz, P.A., Pringle, A. & Morton, J.B. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *Bioscience* 51:923-931.
- Blaszkowski, J. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), Endogone, and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland. [http:// www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota](http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota). rev. 2014.

- Bonfante, P. 2003. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. *Biological Bulletin* 204: 215-220.
- Borroto-Páez, R., Labrada, M., Mancina, C.A. & Oviedo, R. 2007. Valoración rápida de la biodiversidad en cayos al sureste de la Ciénaga de Zapata (Cuba). *Orsis* 22: 9-33.
- Brundrett, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytology* 154: 275-304.
- Carvalho, L.M., Cacador, I., Martins-Loucao, M.A. 2001. Temporal and spatial variation of arbuscular mycorrhizas in salt marsh plants of the Tagus estuary (Portugal). *Mycorrhiza* 11:303–309.
- Cornwell, W.K., Bedford, B.L., Chapin, C.T. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus-poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. *Am J Bot* 88: 1824–1829.
- Cuenca, G., & Lovera, M. 2010. Seasonal variation and distribution at different soil depths of arbuscular mycorrhizal fungi spores in a tropical Sclerophyllous shrubland. *Botany*, 88: 54-64.
- Doubková, P., Vlasáková, E. & Sudová, R. 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates drought stress imposed on *Knautia arvensis* plants in serpentine soil. *Plant Soil* 370: 149-161.
- Dunham, R.M., Ray, A.M., Inouye, R.S., 2003. Growth, physiology, and chemistry of mycorrhizal and nonmycorrhizal *Typha latifolia* seedlings. *Wetlands* 23: 890–896.
- Ferrer, R.L. & Herrera, R.A. 1980. El género *Gigaspora* Gerdemann et Trappe (Endogonaceae) en Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 1(1):43 66.
- Ferrer, R.L. & Herrera, R.A. 1988. Micotrofia en Sierra del Rosario – En: Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No. 1, 1974 1987 (R.A. Herrera, L. Menéndez, M.E. Rodríguez, E.E. García, eds.). Capítulo 22, pp. 473 484. ROSTLAC Montevideo, Uruguay.
- Fitter A.H., Helgason, T. & Hodge, B. 2011. Nutritional exchanges in the arbuscular -mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Fung. Biol. Rev.* 25: 68-72.
- Furrazola, E., Covacevich, F., Torres-Arias, Y., Rodríguez-Rodríguez, R.M., Ley-Rivas, J.F., Izquierdo, K. Fernández-Valle, R., & Berbara, R.L. L. 2015. Functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in the Managed Floristic Reserve San Ubaldo-Sabanalamar, Cuba. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 63 (2): 341-356.
- Furrazola, E., Ferrer Sánchez, R., Orozco Manso, M.O., Torres-Arias, Y., Collazo Albornas, E., Herrera-Peraza, R.A. 2011. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares (*Glomeromycota*) en un agroecosistema de la provincia La Habana, con un nuevo reporte para Cuba, *Glomus glomerulatum*. *Acta Botánica Cubana* 210: 26-30.
- Gadkar, V., Driver, J.D. & Rilling, M.C. 2006. A novel in vitro cultivation system to produce and isolate soluble factors released from hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Biotechnol. Lett.* 28: 1071-1076.
- Galvez, L., Douds, D.D., Drinkwater, L.E., Wagoner, P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. *Plant and Soil* 228: 299–308, doi:10.1023/A:1004810116854
- Gerdemann, J. & Nicholson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol.* 46:235-244.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E. & Khodaei-Joghan, A. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management* 117: 106-114.
- Guadarrama, P. & Álvarez-Sánchez, F.J. 1999. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in different environments in a tropical rain forest, Veracruz, México. *Mycorrhiza* 8: 267-270.
- Herrera-Peraza, R.A., Furrazola, E., Ferrer, R.L., Fernández, R. & Torres, Y. 2004. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 35(2): 113-123.
- Husband, R., Herre, E.A., Peter J. & Young, W. 2002. Temporal variation in the arbuscular mycorrhizal communities colonizing seedlings in a tropical forest. *FEMS Microbiology Ecology* 42: 131-136.
- Jansa, J., Mozafar, A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, T., Sanders, I.R., Fossard, E. 2003. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.* 13 1164–1176. doi: 10.1890/1051-0761(2003)13[1164:STATCS]2.0.CO;2.
- Kabir Z, O'Halloran I.P., Widden P., Hamel, C. 1998. Vertical distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (*Zea mays* L.) in no-till and conventional tillage systems. *Mycorrhiza* 8: 53-55.
- Keddy, P. 2000. Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press, New York. 614 p.
- Lovelock, C.E., Andersen, K., & Morton, J.B. 2003. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia* 135: 263-279.
- Lovera, M. & Cuenca, G. 2007. Diversidad de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y potencial micorrizico del suelo de una sabana natural y una perturbada de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia* 32(2): 108-114.
- Lugo, M.A. & Cabello, M. N. 2002. Native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from mountain grassland (Córdoba, Argentina) I. Seasonal variation of fungal spore diversity. *Mycologia* 94 (4): 579-586.
- Mangan, S.A., Eom, A., Adler, G.H., Yavitt, J.B. & Herre, E.A. 2004. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: insular spore communities differ from mainland communities. *Oecologia* 141: 687-700.
- Medina L.E., Torres-Arias, Y., Herrera, R. & Rodríguez, Y. 2010. Aislamiento e identificación de hongos micorrizicos arbusculares nativos de la zona de las caobas, Holguín. *Cultivos Tropicales* 31(4): 33-42.
- Oztekin, G.B., Tuzel, Y. & Tuzel, I.H. 2013. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants? *Scientia Horticulturae* 149: 55-60.
- Peterson, R.L., Massicote, H.B. & Melville, L.H. 2004. Mycorrhizas: Anatomy and cell biology. NRC Research Press. Ottawa. 173 pp.
- Picone, C. 2000. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. *Biotropica* 32: 734-750.

- Rickerl, D.H., Sancho, F.O., Ananth. S. 1994. Vesicular–arbuscular endomycorrhizal colonization of wetland plants. *J. Environ. Qual.* 23: 913-916
- Rodríguez-Rodríguez, R.M., Torres-Arias, Y., Furrázola, E. 2014. Micorrizas arbusculares asociadas a Júcaro de ciénaga (*Bucida palustris*) y Soplillo (*Lysiloma latisiliquum*) en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 45(2): 86-93.
- Schenck, N.C., & Pérez, Y. (1990). Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, 3ra. Edición, Gainesville, Fla. 286 p. ISBN 0-9625980-3-8.
- Silva, C.F., Pereira, M.G., Silva, E.M.R., Correia, M.E.F. & Saggin-Júnior, O.J 2006. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). *Revista Caatinga* 19:1-10.
- Stevens, K.J., Spender, S.W., Peterson, R.L, 2002. Phosphorus, arbuscular mycorrhizal fungi and performance of the wetland plant *Lythrum salicaria* L. under inundated conditions. *Mycorrhiza* 12:277-283.
- Stürmer, S.L. & Siqueira, J.O. 2011. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza* 21:255-267.
- Turrini, A. & Giovannetti, M. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi in national parks, nature reserves and protected areas worldwide: a strategic perspective for their in situ conservation. *Mycorrhiza* 22(2): 81-97.
- Wolfe, B., Mummey, D.L. Rillig, M.C., Klironomos J. N. 2007. Small-scale spatial heterogeneity of arbuscular mycorrhizal fungal abundance and community composition in a wetland plant community. *Mycorrhiza* 17: 175-183. DOI 10.1007/s00572-006-0089-y.
- Zangaro, W., Vergal, L., Bochi, P., de Almeida, R., Azevedo, L.E., Lirio, A.B., Nogueira, M. A. & Carrenho, R. 2013. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. *Mycorrhiza* 23(3): 221-233.
- Zhao, Z.W., Wang G.H. & Yang, L. 2003. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical rainforest of Xishuangbanna, southwest China. *Fungal Diversity*: 233-242.