



Hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycota) en el bosque de ciénaga

El Embarcadero, en la provincia Mayabeque, Cuba

Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in the swamp forest

El Embarcadero, in Mayabeque province, Cuba

Yamir Torres-Arias*, Rosmery Hernández-Prado, Eduardo Furrázola Gómez y Yosvany Gutiérrez Coronill

RESUMEN

El objeto de la presente investigación resultó estudiar la riqueza de especies y/o morfotipos de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) presentes en el bosque de ciénaga conocido como El Embarcadero, localizado en la costa sur de la provincia Mayabeque, Cuba. Se muestrearon cuatro parcelas de bosque de ciénaga de 50 x 20 m, donde se colectaron tres muestras por parcela consistentes en monolitos de 10 x 10 x 15 cm, a aproximadamente 20 m de distancia entre las mismas. Una vez secado el suelo a temperatura ambiente, el mismo fue procesado mediante la técnica del tamizado de una suspensión de suelo en agua, seguido de la centrifugación de las fracciones resultantes en gradiente de sacarosa. Las propiedades morfológicas de las esporas y la estructura de sus paredes fueron estudiadas en preparaciones semipermanentes. En total fueron observadas 28 especies y/o morfotipos de HMA pertenecientes a diez géneros, distribuidos en seis familias. Se observó un predominio del género *Glomus* con 12 especies seguido de *Acaulospora* con cuatro.

Palabras clave: *Acaulospora*, diversidad biológica, *Glomus*, rehabilitación, taxonomía

ABSTRACT

The objective of the present work was study the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) richness corresponding to the swamp forest El Embarcadero, in the south of Mayabeque province. Four swamp forest plots corresponding to 50 x 20 m were sampled, where two samples per plot were collected, at approximately 20 m apart from each other. Once the soil dried, it was processed by means of the wet sieving and decanting method followed of centrifugation of the two obtained fractions in a sucrose gradient. The morphological properties of spores and its walls structure were studied in semi-permanent mounting medium. In total, 21 species and/or morphospecies of AMF were observed, distributed in eight genera and five families. *Glomus* genus prevalence was observed with 12 species and/or morphospecies, followed by *Acaulospora* with four species.

Key words: *Acaulospora*, biological diversity, *Glomus*, rehabilitation, taxonomy

INTRODUCCIÓN

Los bosques han sido continuamente fragmentados alrededor de todo el planeta en las últimas décadas, debido principalmente a los avances de la agricultura y las fronteras urbanas (FAO, 2011) y los bosques de ciénaga Cuba no son la excepción (Menéndez y Guzmán, 2006; Igu, 2017). La fragmentación de los bosques puede estar relacionada igualmente con los factores que afectan la colonización de las raíces de las plantas por hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), como por el establecimiento de las plantas exóticas invasoras y el cambio del contenido de nutrientes del suelo (Lindenmayer y Fischer, 2007; Billings y Gaydess, 2008).

De hecho, se ha observado una correlación negativa entre la disponibilidad de nutrientes y la colonización de las raíces por HMA, y la abundancia de esporas y su diversidad en la rizosfera de dos especies de *Euphorbia* spp. con el incremento del tamaño de bosque fragmentado (Grilli *et al.*, 2012). Estas complejas relaciones entre la fragmentación de los bosques, la disponibilidad de nutrientes y la presencia de los HMA en la rizosfera de las plantas pueden estar relacionadas con el crecimiento de la biomasa aérea de las plantas y la reproducción de las mismas (Grilli *et al.*, 2013). Sin embargo, de acuerdo con Grilli y Galetto (2009) y Ponce *et al.* (2012), la mayoría de los estudios que involucran los efectos de la fragmentación de los bosques sobre las plantas se han centrado en las interacciones bióticas, como las que ocurre entre la polinización y la dispersión de frutos.

Por otra parte, se conoce que, para un exitoso proceso de revegetación, resulta muy importante que las plántulas absorban agua y nutrientes del suelo eficientemente después del trasplante al campo, y sean capaces de hacer frente a los estreses ambientales (Carrenho *et al.*, 2001; Aidar *et al.*, 2004). En este contexto, la asociación de plántulas con HMA es de suma importancia debido a que el establecimiento de las asociaciones micorrízicas con las plantas proveen numerosos beneficios para los hospederos vegetales, tales como mayor vigor de las plantas, tolerancia a los estreses climáticos, un incremento de la competitividad debida a una mayor tasa de crecimiento inicial, resistencia a las enfermedades y sobrevivencia en suelos pobres (Zangaro *et al.*, 2008; Moreira *et al.*, 2009; Sánchez y Furrázola, 2018).

Un ejemplo de ello es el positivo efecto observado sobre las etapas iniciales del crecimiento de las especies *Ploiarium alternifolium* Melch. y *Callophyllum hosei* Ridl. con la inoculación de *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske y *Glomus clarum* Nicolson & Schenck por Turjaman *et al.* (2008). Así estos autores confirmaron el estatus micorrízico de una especie nativa de *Callophyllum* en bosques tropicales lluviosos bajos de Singapur, reportado anteriormente por Burslem *et al.* (1995), lo cual se une al reporte de otras dos especies nativas de *Callophyllum* en un bosque tropical turboso de ciénaga, *C. sclerophyllum* Vesque y *C. soulattri* Burm.f. en la región central de Kalimantan, Indonesia por Tawaraya *et al.* (2003).

Los HMA también contribuyen a mejorar la estructura del suelo debido a que su micelio externo es responsable de la exudación de una glicoproteína hidrofóbica llamada glomalina. Esta sustancia actúa como un agente cementante de las partículas del suelo, ayudando directamente en la formación de agregados estables del mismo, así como al almacenamiento de carbono (Rillig, 2004; Purin y Rillig, 2007; Gillespie *et al.*, 2011; Bonfim *et al.*, 2013).

Estudios previos muestran que las micorrizas arbusculares pueden tener efectos positivos sobre el desarrollo de las plantas que crecen en ecosistemas húmedos o humedales (Miller y Bever, 1999; Miller y Sharitz, 2000; Fougnes *et al.*, 2007; Ipsilantis y Sylvia, 2007). Existen trabajos que igualmente confirman la presencia de los HMA en plantas de arroz inoculadas en ambientes anegados (Solaiman e Hirata, 1997) quienes reportaron que las plantas inoculadas con micorrizas tuvieron un mayor rendimiento, y mayores contenidos de Zn, Cu, Fe y Mn en sus tejidos que las no inoculadas, lo que demuestra el efecto beneficioso de las micorrizas en estos ecosistemas.

Por lo expresado hasta aquí, el tamaño y diversidad de las comunidades de hongos micorrizógenos tienen el potencial de convertirlos en grupos indicadores para caracterizar los efectos del manejo de los suelos sobre la sostenibilidad de los mismos (Chang *et al.*, 2001; Bending *et al.*, 2004.), así como de las perturbaciones que puedan sufrir los ecosistemas por acción del hombre. Sin embargo, durante mucho tiempo no se consideró importante la presencia de los HMA en los humedales debido a que se consideraban organismos aeróbicos obligados y por tanto se presumía que deberían estar ausentes en sistemas inundados (Khan, 1993; Miller y Sharitz, 2000).

En Cuba, se conoce la presencia de estos hongos en otros ecosistemas de ciénaga, por ej. en la Ciénaga de Zapata, provincia de Matanzas (Torres-Arias *et al.*, 2015; Furrázola *et al.*, 2018). Mientras otros trabajos han hecho referencia al estatus micorrízico de las plantas que habitan estos ecosistemas (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2014).

Por todo lo antes expuesto, en el presente trabajo se propuso cuantificar las esporas de HMA y conocer su riqueza en el bosque de ciénaga presente en la zona de Embarcadero, provincia Mayabeque. Estos resultados permitirán emprender futuras acciones de recuperación en dichos ecosistemas, que comprendan el empleo de cepas nativas como biofertilizantes promotores del crecimiento vegetal.

MATERIALES Y METODOS

Se muestrearon cuatro parcelas de bosque de ciénaga de 50 x 20 m, en la zona conocida como Embarcadero (82° 08' O, 22° 42' N), provincia de Mayabeque. Se colectaron tres muestras de suelo por parcela consistentes en monolitos de 10 x 10 x 15 cm, a aproximadamente 20 m de distancia entre cada una.

Las especies predominantes en esta formación vegetal fueron: *Callophyllum brasiliense* var. *antillanum* (Britton) Standl., *Enallagma latifolia* (Mill.) Small, *Tabebuia angustata* Britt., *Bursera simaruba* (L.) Sargent, *Ilex cassine* L., *Hibiscus elatus* Sw., *Roystonea regia* (Kunth) O.F.Cook, *Calyptronoma plumeriana* (Mart.) Lourteig, *Ficus* sp., y algunos ejemplares de *Terminalia catappa* L.

El suelo fue transportado al laboratorio del Grupo de Micorrizas del Instituto de Ecología y Sistemática en bolsas de polietileno y puesto a secar inmediatamente, con vistas a evitar la germinación de las esporas de los HMA. Una vez seco a temperatura ambiente, el mismo fue tamizado utilizando un tamiz con abertura de poro de 2 mm. De dichas muestras se tomaron entonces 100 g de

suelo para ser procesados de acuerdo con la metodología del tamizado de una suspensión de suelo en agua, de Gerdemann y Nicolson (1963), modificada por Herrera *et al.* (2004).

Los 100 g de suelo fueron suspendidos en agua, y el sobrenadante decantado sobre tamices de 500, 140 y 40 μm de abertura de poro. El contenido de estos tamices fue recuperado sobre papel de filtro en bomba de vacío y puesto a secar a temperatura ambiente hasta peso constante. Se tomaron entonces alícuotas del 10 y el 5% del peso total de los tamizados de 40 y 140 μm , respectivamente, y se centrifugaron en una solución de sacarosa al 60% a 2500 rpm por 5 min. Las esporas en suspensión fueron recogidas sobre el tamiz de 40 μm , colocadas en placas de Doncaster o placas de conteo nematológico y cuantificadas bajo el estereomicroscopio.

Las propiedades morfológicas de las esporas y la estructura de sus paredes fueron estudiadas en esporas montadas en polivinil-alcohol-ácido láctico-glicerina (PVLG) y una mezcla de este con el reactivo de Melzer (PVLG-Melzer 1:1, v/v). La clasificación de las especies de HMA se basó en el análisis morfológico de sus esporas, para lo cual se analizaron color, tamaño, ornamentaciones de la superficie y estructura de la pared de las mismas, siguiendo los criterios taxonómicos de Schenck y Pérez (1990), la página web de la Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo-Arbusculares en la Universidad de West Virginia (<http://www.invam.caf.wvu.edu>) y la página web del Departamento de Patología de Plantas de la Universidad Agrícola de Polonia (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/jblaszkowski>). En el presente estudio se adoptó la clasificación propuesta por Oehl *et al.* (2011), incluyendo los taxa descritos por Goto *et al.* (2012) y Błaszowski y Chwat (2013). Las esporas se fotografiaron bajo el microscopio compuesto Carl Zeiss modelo Axioskop 2 con cámara acoplada AxioCam y procesadas mediante el programa AxioVision 3.1 a 1300 x 1030 dpi plus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron 28 especies y/o morfotipos de hongos MA pertenecientes a diez géneros, en el ecosistema de bosque de ciénaga estudiado. Se observa un predominio del género *Glomus* con 12 especies seguido de *Acaulospora* con cuatro y *Claroideoglossum*, *Pacispora*, *Sclerocystis* y *Scutellospora* con dos especies cada uno (Tabla 1, Fig. 1).

Este patrón es similar al observado para otros estudios realizados en Brasil, como en el bioma de Mata Atlántica en el estado de Sao Paulo (Moreira-Souza *et al.*, 2003),

en Santa Catarina (Stürmer *et al.*, 2006), y en Rio Grande do Sul (Zandavalli *et al.*, 2008). Resultados similares se obtuvieron igualmente en China (Zhao *et al.*, 2001) y la amazonia colombiana (Peña-Venegas *et al.*, 2007). Estos géneros fúngicos parecen ser más comunes y estar mejor adaptados a las diferentes características de los suelos en estos estudios, así como a los diferentes ecosistemas en que fueron observados.

La densidad de esporas en el suelo promedió 3889 esporas por 100 g de suelo. Estos valores son mucho mayores que los reportados por Bonfim *et al.* (2013) quienes informaron hasta 154 esporas por 50 g de suelo para el bosque atlántico brasileño, y que las 274 esporas para el mismo peso de suelo en similar ecosistema de Pereira *et al.* (2014). Sin embargo, se encuentran en el mismo rango de los reportados por Sengupta y Chaudhuri (2002) en plantas de mangle que crecían en los márgenes del río Ganges en la India, cuyos valores oscilaron entre 1700 y 4280 esporas en 100 g de suelo. Las especies de HMA con mayor frecuencia de aparición resultaron *Glomus crenatum*, *Septoglossum constrictum*, *Acaulospora kentinensis* y *Funneliformis halonatus*.

Por otra parte, en la Ciénaga de Zapata han sido estudiadas diversas parcelas pertenecientes a un bosque de pantano, y parcelas agrícolas con diferentes cultivos en la localidad de Pálpite, así como un bosque semideciduo (con inundaciones periódicas) y un bosque semideciduo costero en la localidad de Playa Máquina (Furrazola *et al.*, 2018). Para los bosques semideciduo costero y periódicamente inundado fueron reportadas siete y nueve especies de HMA, respectivamente, mientras que para el bosque de pantano solo se observaron seis especies.

De igual manera, Torres-Arias *et al.* (2015) al estudiar las comunidades de HMA presentes en tres parcelas de bosque semicaducifolio de la Ciénaga de Zapata determinaron la presencia de 30 especies según las características morfológicas de las esporas, de las cuales el 67% corresponden al género *Glomus*.

Se conoce que la riqueza de especies y la abundancia de HMA son influidas por factores históricos a gran escala como son la dispersión a grandes distancias y la vicarianza (Ricklefs, 1989), así como a factores ecológicos tales como la diversidad de la cubierta vegetal, el cultivo presente en el suelo, los disturbios que sufre el mismo y la estacionalidad (Smith y Read, 2008). Sin embargo, existen varias explicaciones acerca del papel predominante de *Glomus* spp. en estos ecosistemas. En primer lugar, *Acaulospora* spp., por ejemplo, parece preferir suelos ácidos (Morton, 1986; Abbott y Robson, 1991), mientras *Glomus* spp. predomina en suelos de

Tabla 1. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares observadas en el bosque de ciénaga.**Table 1.** Arbuscular mycorrhizal fungal species observed at the swamp forest.

Familia	Especie y/o morfoespecie
Acaulosporaceae	<i>Acaulospora rehmii</i> Sieverd. & S. Toro <i>Acaulospora</i> sp. 1 <i>Acaulospora</i> sp. 2 <i>Acaulospora</i> sp. 3 <i>Acaulospora kentinensis</i> (C.G. Wu & Y.S. Liu) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever
Entrophosporaceae	<i>Claroideoglosum etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler <i>Claroideoglosum luteum</i> cf. (L.J. Kenn., J.C. Stutz & J.B. Morton) C. Walker & A. Schüssler
Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> sp. 1
Glomeraceae	<i>Funneliformis halonatus</i> (S.L. Rose & Trappe) Oehl, G.A. Silva & Sieverd <i>Glomus crenatum</i> Furrázola, R.L. Ferrer, R.A. Herrera & B.T. Goto <i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck <i>Glomus tortuosum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. <i>Glomus pachycaule</i> (C.G. Wu & Z.C. Chen) Sieverd. & Oehl <i>Glomus</i> sp. 1 <i>Glomus</i> sp. 2 <i>Glomus</i> sp. 3 <i>Glomus</i> sp. 4 <i>Glomus</i> sp. 5 <i>Glomus</i> sp. 6 <i>Glomus</i> sp. 7 <i>Glomus</i> sp. 8 <i>Sclerocystis clavisporea</i> Trappe <i>Sclerocystis microcarpum</i> S.H. Iqbal & Perveen <i>Septoglosum constrictum</i> (Trappe) Sieverd., G.A. Silva & Oehl
Pacisporaceae	<i>Pacispora</i> cf. sp. 1 <i>Pacispora</i> cf. sp. 2
Scutellosporaceae	<i>Scutellospora</i> sp. 1 <i>Scutellospora</i> sp. 2

neutros a ligeramente alcalinos (Mukerji *et al.*, 2002) y *Gigaspora* spp. es más abundante en suelos con altos contenidos de arena, especialmente las dunas (Day *et al.*, 1987; Lee y Koske, 1994), mientras que *Scutellospora* spp., considerado un género ancestral a *Gigaspora* (Walker, 1992), prefiere igualmente suelos arenosos.

El aislamiento de distintas especies de estos hongos observadas en esta investigación permitirá disponer de cepas capaces de promover el crecimiento vegetal en viveros dedicados a la rehabilitación de estos bosques de ciénaga, tras la afectación tanto antrópica como la producida por la ocurrencia de desastres naturales en estas áreas. De hecho, deberá conformarse un inóculo mixto, compuesto por diversas cepas, pues como plantean Alexander y Lee (2005), es mejor usar una

mezcla de especies de hongos MA más que una especie simple, debido a que distintas especies pueden desempeñar diferentes roles funcionales.

Igualmente se han realizado disímiles experiencias para el posible empleo de especies forestales en actividades de rehabilitación, donde se demuestra que la inoculación con HMA reduce los niveles de fertilizantes químicos requeridos para la producción de plántulas (Siqueira *et al.*, 1998; Muthukumar y Udaiyan, 2006). Como plantean Turjaman *et al.* (2008), la producción de plántulas de rápido crecimiento pertenecientes a géneros como *Acacia* spp., *Eucalyptus* spp., *Gmelina* spp. en viveros a escala comercial requieren de la aplicación de grandes niveles de fertilizantes químicos, los cuales demandan un alto costo y afectan normalmente la simbiosis micorrízica

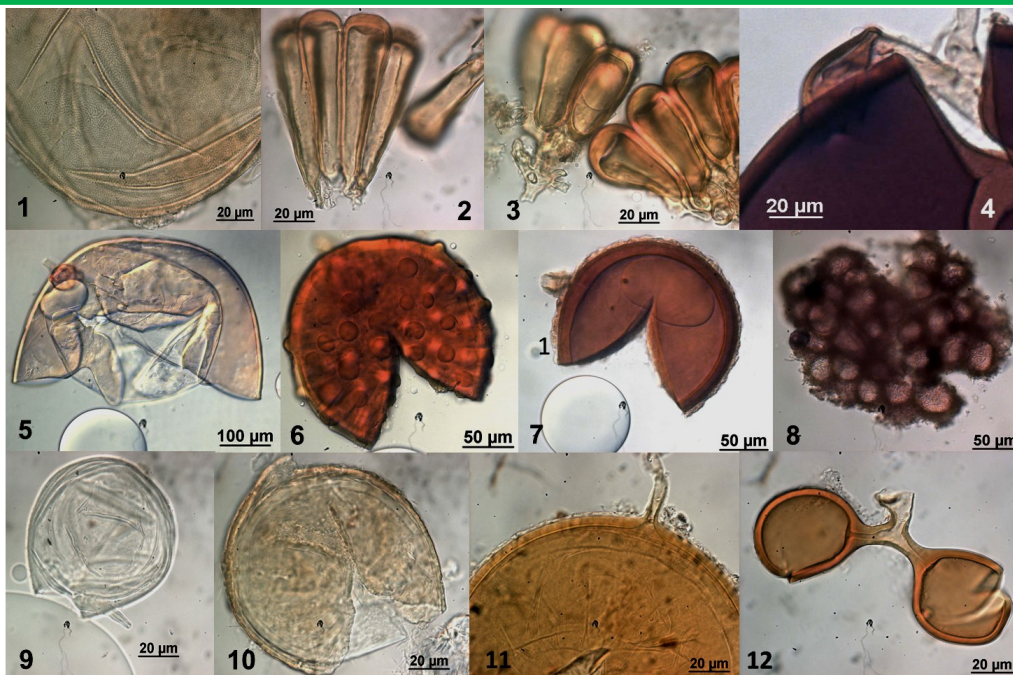


Figura 1. Algunas especies y/o morfotipos de HMA observadas en el bosque de ciénaga, El Embarcadero. 1 *Acaulospora rehmi*, 2. *Sclerocystis clavispora*, 3. *Sclerocystis microcarpum*, 4. *Septoglosum constrictum*, 5. *Scutellospora* sp. 1, 6. *Glomus crenatum*, 7. *Funneliformis halonatus*, 8. *Glomus sinuosum*, 9. *Glomus* sp. 5, 10. *Glomus* sp. 1, 11. *Glomus* sp. 2, 12. *Glomus rubiforme*.

Figure 1. Some species and/or morphotypes of AMF observed at the swamp forest El Embarcadero. 1 *Acaulospora rehmi*, 2. *Sclerocystis clavispora*, 3. *Sclerocystis microcarpum*, 4. *Septoglosum constrictum*, 5. *Scutellospora* sp. 1, 6. *Glomus crenatum*, 7. *Funneliformis halonatus*, 8. *Glomus sinuosum*, 9. *Glomus* sp. 5, 10. *Glomus* sp. 1, 11. *Glomus* sp. 2, 12. *Glomus rubiforme*.

arbuscular. Por tanto, si el costo de producción empleando inóculos micorrizicos es menor que usando fertilizantes químicos, la inoculación con HMA puede reemplazar o reducir los niveles de estos fertilizantes empleados en los viveros y el campo, sin la pérdida de eficiencia de la colonización fúngica por los HMA, concluyen estos autores.

Finalmente, el presente trabajo contribuye a ampliar el conocimiento sobre la microbiota del suelo, y en particular la riqueza de los HMA en estos complejos ecosistemas de humedales perturbados habitualmente por la acción antrópica, los cuales juegan un importante papel en el mantenimiento de las zonas cultivadas que se ubican a continuación de estos ecosistemas en el sur de la provincia Mayabeque.

CONCLUSIONES

Se observó una alta densidad de esporas en los suelos estudiados, así como una alta riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares. Ello debe contribuir indudablemente al mantenimiento de estos ecosistemas sometidos a diferentes estreses ambientales. Igualmente, basado en el conocimiento de la alta diversidad de

estas especies fúngicas en estos bosques, se podrán emprender futuras acciones de recuperación en dichos ecosistemas, que comprendan el empleo de estas cepas nativas como biofertilizantes promotores del crecimiento vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto nacional “Restauración de humedales costeros como adaptación al cambio climático en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque” y su versión internacional “Manglar Vivo”.

LITERATURA CITADA

- Alexander I, Lee SS. 2005.** Mycorrhizas and ecosystems processes in tropical rain forest: implications for diversity. En: Burslem DFRP, Pinard MA, Hartley SE (eds.) *Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance of species diversity*, 165-203, Cambridge University Press, Cambridge.
- Abbott LK, Robson AD. 1991.** Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 35: 121-150.
- Aristizábal C, Rivera EL, Janos DP. 2004.** Arbuscular mycorrhizal fungi colonize decomposing leaves of *Myrica* *Acta Botánica Cubana*, Vol. 218, No. 1, pp. 27-33 / 2019

- parvifolia*, *M. pubescens* and *Paepalanthus* sp. *Mycorrhiza*. 14: 221-228.
- Aidar MPM, Carrenho R, Joly CA. 2004.** Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an Atlantic Forest chronosequence in Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. *Biota Neotropica*. 4: 1-15.
- Bending GD, Turner MK, Rayns F, Marx MC, Wood M. 2004.** Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology Biochemistry*. 36: 1785-1792
- Billings SA, Gaydessa EA. 2008.** Soil nitrogen and carbon dynamics in a fragmented landscape experiencing forest succession. *Landscape Ecology*. 23: 581-593.
- Błaszowski J, Chwat G. 2013.** *Septoglomus deserticola* emended and new combinations in the emended definition of the family Diversisporaceae. *Acta Mycologica*. 48: 89-103.
- Bonfim JA, Vasconcellos RLF, Stürmer SL, Cardoso EJBN. 2013.** Arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian Atlantic forest: A gradient of environmental restoration. *Applied Soil Ecology*. 71: 7-14.
- Burslem DFRP, Grubb PJ, Turner IM. 1995.** Response to nutrient addition among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical forest in Singapore. *Journal Ecology*. 83: 113-122.
- Carrenho R, Trufem SFB, Bononi VLR. 2001.** Fungos micorrizos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. *Acta Botanica Brasileira*. 15: 115-124.
- Day LD, Sylvia DM, Collins ME. 1987.** Interaction among vesicular-arbuscular mycorrhizae, soil, and landscape position. *Soil Science Society American Journal*. 51: 635-639.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011.** State of the world's forests. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fougnies L, Renciot S, Muller F, Planchette C, Prin Y, SM de F, Bouvet JM, Snd S, Dreyfus, B, Bã AM. 2007.** Arbuscular mycorrhizal colonization and, nodulation improve flooding tolerance in *Pterocarpus officinalis* Jacq. seedlings. *Mycorrhiza*. 17: 159-166.
- Furrazola Gómez E, Rodríguez-Rodríguez RM, Torres-Arias Y, González-González S, Ortega Fors R, Ley-Rivas JF. 2018.** Hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycotina) en ecosistemas naturales y agrícolas en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 217: 85-93
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963.** Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society*. 46: 235-246.
- Gillespie AW, Farrell RE, Walley FL, Ross ARS, Leinweber P, Eckhardt KU, Regier TZ, Blyth, RIR. 2011.** Glomalin-related soil protein contains non-mycorrhizal-related heat-stable proteins, lipids and humic materials. *Soil Biology Biochemistry*. 43: 766-777.
- Goto BT, Silva GA, Assis DMA, Silva DKA, Souza RG, Ferreira ACA, Jobim K, Mello Catarina MA, Vieira Helder EE, Maia LC Oehl F. 2012.** Intraornatosporaceae (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. *Mycotaxon*. 119:117-132.
- Grilli G, Galetto G. 2009.** Remoción de frutos de una especie invasora (*Lantana camara* L.) en el Bosque Chaqueño de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral*. 19: 149-156.
- Grilli G, Urcelay C, Galetto G. 2012.** Forest fragment size and nutrient availability: complex responses of mycorrhizal fungi in native–exotic hosts. *Plant Ecology*. 213: 155-165.
- Grilli G, Urcelay C, Galetto L. 2013.** Linking mycorrhizal fungi and soil nutrients to vegetative and reproductive ruderal plant development in a fragmented forest at central Argentina. *Forest Ecology and Management*. 310: 442-449.
- Herrera-Peraza RA, Furrázola E, Ferrer RL, Fernández-Valle R, Torres-Arias 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.
- Igu NI. 2017.** Swamp forest use and loss in the Niger Delta: Contextual and underlying issues. *Open Journal of Forestry*. 7: 34-47.
- Ipsilantis I, Sylvia DM. 2007.** Interactions of assemblages of mycorrhizal fungi with two Florida wetland plants. *Applied Soil Ecology*. 35: 261-271.
- Khan A. 1993.** Occurrence and importance of mycorrhizae in aquatic trees of New South Wales, Australia. *Mycorrhiza*. 3: 331-338.
- Lee PJ, Koske RE. 1994.** *Gigaspora gigantea*: Seasonal, abundance and ageing of spores in a sand dune. *Mycological Research*. 98:453-457
- Lindenmayer DB, Fischer J. 2007.** Tackling the habitat fragmentation panchreston. *Trends Ecology Evolution*. 22: 127-132.
- Menéndez L, Guzmán JM. 2006.** *Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano. Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. Editorial Academia, La Habana.
- Miller SP, Bever JD. 1999.** Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in stands of the wetland grass *Panicum hemitomom* along a wide hydrologic gradient. *Oecologia*. 119: 586-592
- Miller SP, Sharitz RR. 2000.** Manipulation of flooding and arbuscular mycorrhiza formation influences growth and nutrition of two semi-aquatic grasses. *Functional Ecology*. 14:738-748.
- Moreira M, Baretta D, Tsai SM, Cardoso EJBN. 2009.** Arbuscular mycorrhizal fungal communities in native and in replanted *Araucaria* forest. *Science Agriculture*. 66: 677-684.
- Moreira-Souza M, Trufem SFB, Gomes-da-Costa SM, Cardoso EJBN. 2003.** Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. *Mycorrhiza*. 13: 211-215.
- Morton JB. 1986.** Three new species of *Acaulospora* (Endogonaceae) from high-aluminium, low pH soils in West Virginia. *Mycologia*. 78: 641-648.
- Mukerji KG, Manoharachary C, Chamola BP. 2002.** En: Mukerji KG, Manoharachary C, Chamola BP (eds.), *Techniques in mycorrhizal studies*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

- Muthukumar T, Udaiyan K. 2006.** Growth of nursery-grown bamboo inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria in two tropical soil types with and without fertilizer application. *New Forests*. 31:469-485
- Oehl F, Sieverding E, Palenzuela J, Ineichen K, Silva, G.A. 2011.** Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus*. 2: 191-199.
- Ponce AM, Grilli G, Galetto L. 2012.** Frugivory and ornitochorous fruits removal in Chaco forest fragments of Córdoba (Argentina). *Bosque*. 33: 33-41.
- Peña-Venegas CP, Cardona GI, Arguelles JH, Arcos AL. 2007.** Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia Colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*. 37: 327-336.
- Pereira CMR, Alves da Silva DK, de Almeida Ferreira AC, Goto BT, Costa Maia L. 2014.** Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 185: 245-252.
- Purin S, Rillig MC. 2007.** The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: Limitations, progress and a new hypothesis for its function. *Pedobiologia*. 51: 123-130.
- Ricklefs RE. 1989.** Speciation and diversity: the integration of local and regional processes. En: Otte, D, Endler JA. (eds.). *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland.
- Rillig MC. 2004.** Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal Soil Science* 28: 355-363.
- Rodríguez-Rodríguez RM, Torres-Arias Y, Furrázola-Gómez 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: 86-93.
- Sánchez JA, Furrázola E. 2018.** Ecotecnologías para la restauración ecológica: los tratamientos de semillas y las micorrizas. Editorial Academia, La Habana.
- Schenck NC, Pérez Y. 1990.** *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Synergistic Publications, Gainesville, Florida, USA.
- Siqueira JO, Saggin-Júnior OJ, Flores-Ayles WW, Guimarães PTG. 1998.** Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza*. 7: 293-300
- Smith SE, Read DJ. 2008.** *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, Elsevier, New York.
- Solaiman MZ, Hirata H. 1997.** Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of rice seedlings at the nursery stage upon performance in the paddy field and greenhouse. *Plant Soil*. 1997: 191:1-12.
- Stürmer SL, Klauberg Filho O, Queiroz MHD, Mendonça MMD. 2006.** Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a sec-ondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. *Acta Botanica Brasileira*. 20: 513-521.
- Tawaraya K, Takaya Y, Turjaman M, Tuah SJ, Limin SH, Tamai Y, Cha JY, Wagatsuma T, Osaki M. 2003.** Arbuscular mycorrhizal colonization of tree species grown in peat swamp forests of Central Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology Management*. 182:381-386.
- Torres-Arias Y, Ortega-Fors R, González González S, Furrázola Gómez. 2015.** Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares (*Glomeromycota*) en bosques semicaducifolios de la Ciénaga de Zapata, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 36: 195-200.
- Turjaman M, Tamai Y, Sitepu IR, Santoso E, Osaki M, Tawaraya K. 2008.** Improvement of early growth of two tropical peat-swamp forest tree species *Ploiarium alternifolium* and *Calophyllum hosei* by two arbuscular mycorrhizal fungi under greenhouse conditions. *New Forests*. 36:1-12
- Walker C. 1992.** Systematics and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales). A possible way forward. *Agronomie*. 12: 887-897.
- Zandavalli RB, Stürmer SL, Dillenburg LR. 2008.** Species richness of arbuscular mycorrhizal fungi in forests with Araucaria in Southern Brazil. *Hoehnea* 35: 63-68.
- Zangaro W, Assis RLD, Gonçalves MC, Andrade G, Nogueira MA. 2008.** Changes in arbuscular mycorrhizal associations and fine root traits in sites under different plant successional phases in southern Brazil. *Mycorrhiza*. 19: 37-45.
- Zhao ZW, Xia YM, Qin XZ, Li XW, Cheng LZ, Sha T, Wan GH. 2001.** Arbuscular mycorrhizal status of plants and the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna, southwest China. *Mycorrhiza*. 11: 159-162.