

Influencia de hongos micorrizógenos arbusculares en el crecimiento y nutrición de *Swietenia mahagoni* L. Jacq

Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the *Swietenia mahagoni* L. Jacq growth and nutrition

Autores: Emir Falcón-Oconor¹, Milagros Cobas-López², Marta Bonilla-Vichot²

Organismo: ¹Universidad de Guantánamo. Cuba. ²Universidad de Pinar del Río. Cuba

E-mail: emir@cug.co.cu, mcobas@upr.edu.cu, mbon@upr.edu.cu

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de tres cepas de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) en el crecimiento y nutrición de la planta *Swietenia mahagoni* L. Jacq. Las cepas utilizadas fueron *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices* y *Glomus cubense*. El sustrato estuvo conformado por cascarilla de cacao/fibra de coco/aserrín de pino compostados en proporción 6:2:2. Se usó un diseño experimental totalmente al azar con cinco repeticiones. Se evaluó la dinámica de crecimiento para las variables altura y diámetro, parámetros del sistema radical, área foliar (AF), biomasa aérea (BA) y radical (BR), relación entre (BA/BR), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para todas las variables. Las mayores respuestas se obtuvieron en los tratamientos micorrizados. Se concluye que las cepas *G. cubense* y *R. intraradices* favorecieron en el crecimiento y nutrición de las plantas.

Palabras clave: *Funneliformis mosseae*; *Glomus cubense*; *Rhizophagus intraradices*.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the influence of three stumps of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the plant *Swietenia mahagoni* L. Jacq growth and nutrition. The used stumps were *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices* and *Glomus cubense*. The substrate was conformed for cocoa husk/coconut fiber/pine sawdust in proportion 2:6:2. A completely randomized design with five repetitions was used. The dynamics of growth was evaluated for the variable height and diameter, parameters of the radical system, leaf area (LA), biomass of aerial (BA) and radical (BR), relation between (BA/BR), nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). The statistical analysis showed significant differences for all the studied variables by effect of the treatments. The best response was obtained in those treatments mycorrhizal. It is concluded that the stumps mycorrhizal *G. cubense* and *R. intraradices* influenced positively in the plant growth and nutrition.

Key words: *Funneliformis mosseae*; *Glomus cubense*; *Rhizophagus intraradices*.

Introducción

El establecimiento de las plantaciones forestales en las regiones tropicales ha crecido significativamente, debido a la creciente demanda de madera y productos no maderables. Sin embargo, dichas plantaciones y programas de reforestación frecuentemente no han obtenido los resultados esperados, por causas tales como ataque de plagas, baja fertilidad de los sitios de establecimiento y falta de prácticas adecuadas de producción de plántulas en vivero. Como consecuencia, es común que existan bajas tasas de supervivencia y crecimiento en campo, ocasionando bajos rendimientos en las plantaciones forestales (Rodríguez *et al.*, 2011).

Esta situación se ha presentado, por ejemplo, en especies forestales tropicales como la Caoba antillana o de Cuba (*Swietenia mahagoni* L. Jacq.), empleadas para la reforestación en diversas áreas de Cuba, por ser autóctona, heliófila facultativa, colonizadora de diferentes etapas sucesionales y tolerantes a la competencia con amplia distribución en el país (Ricardo *et al.*, 2016).

En la mayoría de las áreas a reforestar se utilizan plantas producidas en vivero, pero con baja calidad, susceptible a enfermedades y plagas (Oros *et al.*, 2015). Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) influyen en el desarrollo y crecimiento de las plantas tropicales durante los primeros meses de desarrollo (Rodríguez *et al.*, 2011). Las especies del género *Swietenia* son potencialmente formadoras de micorriza arbuscular (Halder *et al.*, 2015; Abd El-Kader *et al.*, 2016)

Uno de los factores que determinan el establecimiento y el crecimiento de las plantas en estos ecosistemas es la micorriza arbuscular (MA). Ésta es una asociación simbiótica que se establece entre las raíces secundarias de la mayoría de las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que estimulan el crecimiento de plantas con alta dependencia en la simbiosis, principalmente a través de la adquisición adicional de fósforo (Lovera y Cuenca, 2007).

La inoculación con HMA es más recomendada en la producción de plántulas em vivero, donde se utiliza, con frecuencia, sustrato esterilizado para eliminar los patógenos, que paralelamente, también son eliminados los hongos micorrízicos arbusculares nativos (Olivera *et al.*, 2014). Los resultados de estos estudios pueden contribuir a mejorar la productividad de las plantaciones (Oros *et al.*, 2015).

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la influencia de tres cepas de HMA en el crecimiento y nutrición de la planta *S. mahagoni*, información básica para el establecimiento y manejo del cultivo.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó entre mayo y agosto del 2019 en el vivero forestal localizado en el Centro de Estudio de Tecnología Agroforestal perteneciente a la Universidad de Guantánamo, Cuba, ubicado a los 20°12'21" de latitud norte y los 75°13' 37" de longitud oeste, a una altitud de 87 msnm. El clima presenta una marcada estacionalidad seca de enero a marzo y de noviembre a diciembre; y lluvias desde abril hasta junio y septiembre hasta octubre. Este sitio posee una precipitación y temperatura media anual de 1 028 mm y 25,9 °C respectivamente (CITMA, 2019).

Obtención de las plántulas

Las semillas de *S. mahagoni* se obtuvieron de la nave semillera de la Empresa Agroforestal Baracoa, las cuales fueron certificadas en el Instituto de Investigaciones Agroforestales de Baracoa, según establecen la Norma Cubana 71-03 y 71-06. La siembra fue en bandejas con capacidad para 98 recipientes de 200 cm³, en los cuales se depositaron 2 semillas por recipiente.

Condición del sustrato

El sustrato utilizado para la producción de las plántulas fue una mezcla de Cascarilla de cacao/Fibra de coco/Aserrín de pino compostados en proporción 2:6:2, respectivamente, con un pH de 7,7, conductividad eléctrica (CE) de 2,27 dSm⁻¹, contenido de materia orgánica (MO) de 66,66%, fósforo (P) de 0,10%, potasio (K) de 1,19%, nitrógeno (N) de 1,40% y calcio (Ca) de 0,56% (Falcón *et al.*, 2019); valores que se encuentran entre los intervalos óptimos sugeridos por Arévalo *et al.* (2016), no así para el fosforo que se encuentra por debajo del intervalo óptimo.

El sustrato fue esterilizado en autoclave a 121 °C y 1 atm de presión, por dos ciclos de 1 h cada uno, con el fin de eliminar la acción de microorganismos benéficos o perjudiciales, que pudieran alterar los resultados del experimento.

Inoculo micorrízico

En el momento de la siembra, las semillas se inocularon por el método de recubrimiento (Fernández *et al.*, 2001) con las cepas de inóculos micorrízicos certificados: INCAM-2: *Funneliformis mosseae*; INCAM 4: *Glomus cubense* e INCAM-11: *Rhizoglosum intraradices*, con una calidad mínima garantizada de 20 esporas g⁻¹ de inoculante, producto no tóxico y libre de patógenos, procedentes del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Variables evaluadas

Se evaluó la dinámica de crecimiento para las variables altura y diámetro cada diez días a partir de los 30 días posteriores a la siembra. A los 120 días en vivero se evaluó el área foliar utilizando un medidor de área foliar Portable Area Meter Model LI-3000A (LI-COR[®]) y la biomasa seca total de la planta, para lo cual se colectaron todas las partes de las plantas, se empacaron en bolsas de papel y fueron llevadas a estufa (Binder[®]) a una temperatura constante de 60 °C por 72 h. Luego se determinó la biomasa seca aérea (BSA), radical (BSR) y total (BST). Con estos datos se calculó la relación Biomasa Aérea/Biomasa Radical (BA/BR) estimada como el cociente entre el peso BSA y BSR en gramos.

Del volumen de sustrato colectado, fueron separadas las raíces evaluando el largo de la raíz principal (LRP) medida desde el cuello hasta el ápice, mediante el empleo de una regla graduada de 0,1 mm de precisión. Además, se contó la cantidad de raíces finas (CRF), la cantidad de raíces gruesas (CRG) y la cantidad de raíces totales (CRT).

Se cuantificó la concentración foliar de N (Kjeldhal), P (colorimétrico) y K (fotometría de llama), previa descomposición a 70 °C por 48 h en estufa, según metodología estándar utilizada en el laboratorio del Centro de Desarrollo de la Montaña (CDM) del CITMA en Guantánamo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos fueron distribuidos mediante un Diseño Completos al Azar (DCA), con cuatro tratamientos, cinco repeticiones y diez plantas por unidad experimental, los

tratamientos fueron: T1 [Testigo: Solo Sustrato]; T2 [Sustrato + *F. mosseae*]; T3 [Sustrato + *R. intraradices*] y T4 [Sustrato + *G. cubense*]. Los datos obtenidos en cada una de las variables de estudio se sistematizaron y sometieron a un análisis de varianza utilizando el programa estadístico *Statistical Package for Social Science* (SPSS) ver. 23 para Windows. En los casos en los que se encontraron efectos significativos de los tratamientos se compararon los valores promedio mediante la prueba de comparación múltiple de medias propuesta por Duncan ($p=0,05$).

Resultados y discusión

Como se aprecia en la **Figura 1** tanto para la altura como el diámetro a partir de los 50 días aparecen los mayores incrementos (el período más activo de crecimiento) y para los 100 días comienzan a estabilizarse los incrementos, lo que pudiera estar indicando menor disponibilidad de nutrientes y espacio para continuar el crecimiento. En ambas curvas el tratamiento con peor comportamiento resultó ser T1 (Testigo) y los mejores resultados siempre estuvieron asociados al tratamiento T4 (Sustrato + *G. cubense*). Cabe señalar, que los tratamientos T2 (Sustrato + *F. mosseae*) y T3 (Sustrato + *R. Intraradices*), siempre fueron superiores al Testigo, lo que puede estar relacionado con los beneficios proporcionado por la micorriza en el crecimiento de las plántulas.

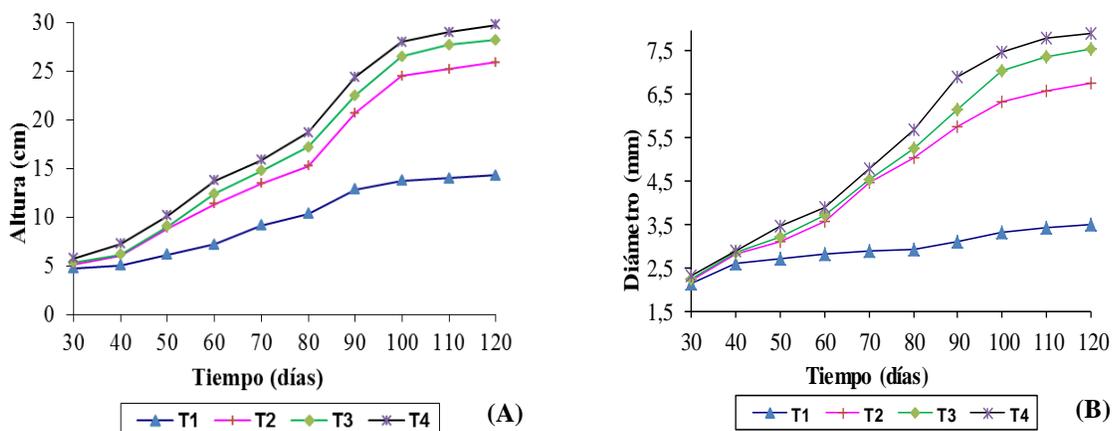


Figura 1. Dinámica de crecimiento de *S. mahagoni* en diferentes tratamientos. (A) Altura, (B) Diámetro. T1 [Testigo]; T2 [Sustrato + *F. mosseae*]; T3 [Sustrato + *R. intraradices*] y T4 [Sustrato + *G. cubense*]

El comportamiento de la dinámica de crecimiento de la especie resultó similar a los informados por Falcón *et al.* (2018), en relación con el empleo del inóculo micorrízico *Glomus cubense*. Lo anterior puede deberse a que las plantas de caoba antillana tienden a asociarse más con las cepas del hongo *G. cubense* que con el resto de las cepas empleadas en el trabajo. No obstante Falcón *et al.* (2013), encontraron respuesta positiva de esta misma especie cuando fue asociada con la cepa *R. intraradices* en suelos pardos carbonatados.

En el análisis de los atributos relacionados con el sistema radical (Tabla 1) se observó que el tratamiento T4 le confiere mejor característica a las plántulas que en él se desarrollaron, difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos en el LRP, mientras que en los demás atributos no difiere con el tratamiento T3, pero si con el tratamiento T2 y ambos difieren con el Testigo (no micorrizado), lo que corrobora que la micorriza favorece la emisión de raíces, en correspondencia con valores altos de porosidad y buena aireación, favoreciendo el crecimiento de raíces y, por ende, el desarrollo de la parte aérea de la planta.

Tabla 1. Valores medios y desviación típica de los parámetros del sistema radical.

	Tratamientos	LRP (cm)	CRP	CRS	CRT
T1	Testigo (Solo sustrato)	14,66±0,78 ^c	23,10±0,78 ^c	73,40±0,78 ^c	96,50±0,78 ^c
T2	Sustrato + <i>Funneliformis mosseae</i>	17,71±0,78 ^b	30,70±0,78 ^b	91,10±0,78 ^b	121,80±0,78 ^b
T3	Sustrato + <i>Rhizoglyphus intraradices</i>	18,03±0,78 ^b	36,50±0,78 ^a	96,20±0,78 ^a	132,70±0,78 ^a
T4	Sustrato + <i>Glomus cubense</i>	19,33±0,78 ^a	38,10±0,78 ^a	97,30±0,78 ^a	135,40±0,78 ^a

LRP= Largo de la raíz principal; CRP, CRS y CRT = Cantidad de raíces primarias, secundarias y totales. En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de comparación de medias de Duncan con una $P < 0,05$.

El largo de la raíz principal (LRP) en el tratamiento T4 fue mayor con una longitud de 19,33 cm, difiriendo estadísticamente con los demás tratamientos, por lo que las plantas de este tratamiento pueden influir más en el anclaje, aspecto este muy importante porque mantiene a la planta fija en el suelo, generalmente en la vertical.

El comportamiento en la CRP y CRS (finas) fue similar que el LRP repercutiendo en la CRT, que fueron mayores en los tratamientos T4 y T3, seguida del tratamiento T2, en los cuales se aplicaron micorrizas; por lo tanto, se le atribuye a que por eso presentaron mayor altura. Ruiz *et al.* (2016), observaron que a través de las raíces micorrizadas ocurre mayor flujo de agua, lo que se correlaciona con un aumento en su adaptabilidad en ambientes secos.

En la **Tabla 2** se exponen los resultados de los parámetros morfológicos y concentraciones foliares de la especie *S. mahagoni*. Se comprobó que los mayores valores de área foliar y biomasa seca área/radical correspondieron a los tratamientos T4 y T3, no existiendo diferencias significativas entre ellos, lo cual pudo estar asociado a efectividad de las cepas de micorrizas empleadas, por lo que estas cepas favorecieron en mayor medida el crecimiento y nutrición de las plantas. Las plantas de los tratamientos T4 y T3 aumentaron su inversión en la producción de AF, lo que permitiría mayor actividad fotosintética o producción de fotoasimilados que fueron necesarios para el establecimiento de la simbiosis entre el HMA y las plantas de Caoba antillana, así como, para el crecimiento de esta. La respuesta observada en *G. cubense* y *R. intraradices* se asoció al grado de compatibilidad de estas con la planta hospedera.

Estos resultados concuerdan con lo informado por Falcón *et al.* (2018), quienes obtuvieron mayor AF y BSA/BSR cuando la Caoba antillana se asoció con *Glomus cubense*.

Tabla 2. Valores medios y desviación típica de los parámetros morfológicos y concentraciones foliares de NPK.

T.	Área foliar (cm ²)	Biomasa aérea (g)	Biomasa radical (g)	Relación BA/BR	Nitrogeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
T1	9,15±0,78 ^c	0,58±0,02 ^c	0,35±0,03 ^c	1,67±0,03 ^a	1,89±0,28 ^b	0,32±0,03 ^c	0,89±0,08 ^c
T2	12,35±0,38 ^b	0,74±0,07 ^b	0,56±0,08 ^b	1,34±0,08 ^b	2,53±0,09 ^a	0,57±0,02 ^b	1,60±0,22 ^b
T3	13,78±0,54 ^a	0,81±0,08 ^a	0,65±0,08 ^a	1,26±0,08 ^b	2,54±0,11 ^a	0,63±0,05 ^a	1,81±0,35 ^{ab}
T4	13,84±0,70 ^a	0,84±0,09 ^a	0,68±0,10 ^a	1,26±0,10 ^b	2,64±0,12 ^a	0,66±0,06 ^a	1,88±0,37 ^a

T.= Tratamientos; N= Nitrógeno; P= Fósforo; K= Potasio; T1= [Testigo]; T2= [Sustrato + *F. mosseae*]; T3= [Sustrato + *R. intraradices*] y T4= [Sustrato + *G. cubense*]. En una misma columna letras

desiguales difieren significativamente para la prueba de comparación de medias de Duncan con una $P < 0,05$.

En cuanto a la relación entre la BA/BR no existió diferencias significativas entre los tratamientos micorrizados (T2, T3 y T4), pero ambos si difirieron con el tratamiento Testigo. Para plántulas destinadas a áreas con precipitaciones escasas, mientras menor sea esta relación, mejor preparada estará la planta para soportar las condiciones adversas y por ende sobrevivir (Rueda *et al.*, 2014). En este sentido las plantas de los tratamientos T2, T3 y T4 (micorrizados) son las de mayores perspectivas para ser incluidas en los futuros planes de reforestación.

Estos valores resultaron semejantes a los encontrados por Acosta (2019), quien demostró que la inoculación con las cepas *Glomus sp.* y *Acaulospora sp.* en sustrato de origen industrial, incrementó el crecimiento y la colonización endomicorrízica de árboles de *Swietenia humilis*.

En cuanto a los macro elementos evaluados (Tabla 2), el contenido de nitrógeno está por encima del rango establecido por Rueda *et al.* (2014) en los tratamientos T2, T3 y T4 pero similares a lo reportado por López *et al.* (2015). Los mayores valores de este elemento se observaron en los tratamientos micorrizados, lo que indica vigorosidad de las plántulas producidas en estos tratamientos, los cuales cubren los requerimientos nutricionales de la especie.

En relación al fósforo los valores estuvieron por encima del rango establecido pero similares a lo reportado por Abd El-Kader *et al.* (2016). Los mayores valores de este elemento se observaron en los tratamientos micorrizados, lo que indica mayor lignificación de las plantas (Zeiger, 2006). La asociación simbiótica mutualista micorriza – planta está basada en el intercambio bidireccional de nutrientes particularmente el fósforo (Smith y Smith 2011).

Con relación al suministro de potasio se pudo comprobar que los tratamientos se encuentran entre 0,56 a 1,88%. Los mayores valores siempre se obtuvieron en los tratamientos compuestos por micorriza (T2, T3 y T4) difiriendo estadísticamente con el menor valor del tratamiento Testigo. Según Zeiger (2006), el potasio, después del nitrógeno es el elemento esencial requerido en mayores cantidades por la planta. Aunque no forma parte de ninguna molécula orgánica, el papel más conocido en la fisiología de la planta es el ajuste osmótico y en la regulación de la apertura estomática, contribuyendo a la disminución de las pérdidas por transpiración.

Los resultados que se alcanzaron, coinciden con Brito *et al.* (2017), quienes demostraron que la absorción de nutrientes por parte de los HMA evaluados fue mayor a los controles.

Conclusiones

Los tratamientos con los hongos micorrízicos arbusculares *G. cubense* y *R. intraradices* influyeron positivamente en el crecimiento y nutrición de la planta.

Se observó un efecto benéfico de la inoculación micorrízica sobre el crecimiento de la planta, el cual se pudo observar en las diferentes variables de estudio evaluadas.

Referencias Bibliográficas

Abd El-Kader, M. M., Naglaa, K., & Abo-Elsoud, I. H. (2016). Effects of Sewage Sludge and Endo-mycorrhizal on Growth, Chemical Content and Some Physical Properties of *Swietenia mahagoni* seedling. *Annals of Agric. Sci., Moshtohor*, 54(4), 905-918.

- Acosta, D. (2019). *Aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación* [Tesis de maestría inédita]. Autónoma del Estado de Morales.
- Arévalo, P., Eugenia, M., Oberpaur, W., & Méndez, C. (2016). Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Idesia (Arica)*, 34(2), 47–55.
- Brito, V. N., Tellechea, F. R. F., Heitor, L. C., Freitas, M. S. M., & Martins, M. A. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilization on the seedling production of paricá. *Ciência Florestal*, 27(2), 485–497.
- Falcón, E., Cobas, M., Bonilla, M., Rodríguez, O., Castillo, C. V., & Rodríguez, E. (2019). Influencia del sustrato en la calidad de la planta *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. Cultivada en tubetes. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 283-296.
- Falcón, E., Cobas, M., Bonilla, M., & Romero, C. V. (2018). Aplicación combinada de EcoMic® y Fitomas-E® en la calidad de la planta *Swietenia mahagoni* L. Jacq. *Revista Forestal Baracoa*, 37(Número especial), 1-10.
- Falcón, E., Rodríguez, O., & Riera, M. C. (2013). Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 32-39.
- Fernández, F., Gómez, R., Vanegas, L., Noval, B. M., & Martínez, M. A. (2001). *Producto inoculante micorrizógeno. No. 22641, Inst.*
- Halder, M., Dhar, P. P., Nandi, N. C., & Akhter, S. (2015). Arbuscular Mycorrhizal colonization in some plant species and relationship with the soil properties in the BCSIR campus of Chittagong, Bangladesh. *Research Journal of Biotechnology*, 10(8), 51–57.
- López, M. A., Crespo, Y. A., López, G. G., Quintana, Y. G., Abreu, L. C., & Martínez, I. de la C. C. (2015). Características de sustratos orgánicos acondicionados con biocarbón.: Influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 3(1), 1-15.
- Lovera, M., & Cuenca, G. (2007). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrizico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Venezuela. *Interciencia*, 32, 108-114.
- Olivera, J. J. F., Sousa, R. F., Carneiro, R. F. V., Martins, P. M. S., Rodriguez, M. G., & Sousa, E. L. (2014). Fungos micorrízicos arbusculares em mudas de Leucena sob sustrato estéril. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 110-115.
- Oros, I., Alonso, A., Pérez, J., López, J. C., Lara, L. A., Martínez, S. E., Solís, L. Y., & Andrade, A. (2015). Respuesta de plántulas de *Cedrela odorata* a la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y diferentes niveles de defoliación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(3), 627–635.
- Ricardo, N. E. N., Puentes, D. A., & Torres, Y. A. (2016). Relaciones entre las características morfológico-funcionales y ecológicas de especies autóctonas de meliáceas cubanas: Estrategia para su empleo forestal. *Acta Botánica Cubana*, 215(1), 2-23.
- Rodríguez, V. H., Soto, A., Pérez, J., & Negreros, P. (2011). Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. *Interciencia*, 36(8), 564-569.
- Rueda, A., Orozco, G., Benavides, J. de D., Saenz, J., Muñoz, H., & Prieto, J. Á. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayaritt. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 58-73.
- Ruiz, J.M., Aroca, R., Zamarreño, Á.M., Molina, S., Andreo, B., Porcel, R., & López, J.A. (2016). Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under

drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. *Plant, Cell & Environment*, 39(2), 441-452.

Smith, S. E., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual review of plant biology*, 62, 227–250.

Zeiger, L. T. (2006). *Fisiología vegetal* (Universitat Jaume. Castellón de la Plana, Vol. 1). Colección Ciencias experimentales.

Fecha de recibido: 6 jul. 2020

Fecha de aprobado: 19 sept. 2020