



EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRIZÓGENOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS FORESTALES EN DOS TIPOS DE SUELOS

Effect of the inoculation of mycorrhizal fungi on forest production postures in two types of soils

Emir Falcón Oconor✉, Manuel C. Riera Nelson y Orfelina Rodríguez Leyva

ABSTRACT. It was developed a study about the influence of two types of micorrizogenos fungus in two types of different soils in forest species. It was on the nursery of Sempre, from de Integral Forest Company Guantánamo. The study took place from January to Mayo 2008 and 2009 in stonemasons of 20 m of long and 1 m of wide. The seeds of *Swietenia mahagoni* L. Jacq. (Caoba del país) and *Lysiloma lastisiliquum* Benth. (Soplillo) were seeding on bags of polyethylene in a brown carbonated and fluvisol soil with a proportion of 5:1 and 7:1 of soil bovine organic material. The design was completely randomized and six treatments were done applying 10g of arbuscular mycorrhizal of the *Glomus hoi like* and *Glomus intraradices* species below the seeds before the seeding. So, 20 plants of each treatment were evaluated and the growth of each of them was measured too. Besides, the diameter of the shoot the count of the number of leaves, wide of crown, the percent of mycorrhizal infection, the visual density and the mass of the arbuscular endophyte were also evaluated. The results evidenced a positive answer to the inoculation while some differences existed with the non inoculated witness. The combination of the *Glomus intraradices* + 7:1 with the best results in the brown soil was well observed. Meanwhile, the combination *Glomus hoi like* + 5:1 for the Fluvisol soid showed the best results.

Key words: biofertilizers, forest species, soil, nurseries

RESUMEN. Se desarrolló un estudio en el vivero de «Sempre», perteneciente a la Empresa Forestal Integral Guantánamo, en los meses comprendidos entre enero y mayo del 2008 y 2009. En canteros de 20 m de largo por 1 m de ancho se realizó la siembra en bolsas de polietileno de semillas de las especies *Swietenia mahagoni* L. Jacq. (Caoba del país) y *Lysiloma lastisiliquum* Benth. (Soplillo), sobre un suelo Pardo sialítico carbonatado y Fluvisol con una proporción suelo/estiércol vacuno 5:1 y 7:1. Se empleó un diseño completamente aleatorizado, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de dos cepas de hongos formadores de micorrizas arbusculares sobre el desarrollo en vivero de especies forestales en dos tipos de suelos. Se conformaron seis tratamientos aplicando 10 (g) de micorrizas arbusculares de la especie *Glomus hoi like* y *Glomus intraradices* por debajo de la semilla antes de la siembra, siendo evaluadas 20 plantas de cada tratamientos, midiéndoles el crecimiento en altura, diámetro del tallo, conteo del número de hojas, ancho de copa, por ciento de infección micorrízica, densidad visual y masa del endófito arbuscular. Los resultados evidenciaron una respuesta positiva a la inoculación al existir diferencias con el testigo no inoculado, destacándose la combinación *Glomus intraradices* + 7:1 con los mejores resultados en el suelo Pardo; mientras que para el suelo Fluvisol la combinación *Glomus hoi like* + 5:1 arrojó los mejores resultados.

Palabras clave: biofertilizantes, especies forestales, suelo, viveros

INTRODUCCIÓN

Cuba se sitúa entre las naciones que mayor crecimiento mantiene de sus recursos forestales, al tener cubierto 24,5 % del territorio nacional y se propone llegar a un 29 % en el 2015 (1).

Emir Falcón Oconor, Profesor Auxiliar; Dr.C. Manuel C. Riera Nelson, Profesor Titular; Orfelina Rodríguez Leyva, Profesora Asistente de la Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo, km 6½, carretera El Salvador.

✉ emir@fam.cug.co.cu

Para ello se aprobó el Programa Nacional Forestal de la República de Cuba hasta el 2015, que traza la política a seguir en el sector sobre cómo accionar por el desarrollo forestal de manera que se logre situar en planos superiores para los próximos años¹.

¹Forteza, I. Efectos de diferentes sustratos orgánicos en la calidad de la planta de *Caesalpinia violacea* (Mill.) Standl, cultivada en tubotes. [Tesis de Maestría]. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2009, 88 p.

En el caso de la producción de posturas, los viveros forestales juegan un papel fundamental en la producción de plantas con calidad y forma más eficiente posible, desde un punto de vista económico (2). Esto implica la necesidad del conocimiento y el uso de alternativas nutricionales para optimizar la producción de diferentes especies forestales en vivero, obtener plantas mejor nutridas y lograr un 100 % de supervivencia en las áreas de estudio, y así poder disminuir y evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo.

A pesar de todas las ventajas que propician los hongos micorrízicos arbusculares todavía es insuficiente su empleo y aún no se han reportado en la provincia Guantánamo resultados investigativos al respecto en la *Swietenia mahagoni* L. Jacq. (caoba del país) y *Lysiloma lastisiliquum* Benth. (soplillo), las cuales están dentro de los planes de reforestación en la provincia hasta el 2020², por su alto valor económico en Cuba y en el mundo, y de forma general, a los múltiples usos que tiene la madera por su belleza y gran durabilidad.

Por lo que se impone profundizar en el estudio de combinaciones que tengan en cuenta estos productos en la especie en estudio, de manera que la situación de la propagación de los cultivos en la provincia sufra cambios positivos y significativos, en función de lograr mayor calidad y supervivencia de las posturas con vista a aumentar la satisfacción de las demandas de consumo y producción de los cultivos existentes hasta el momento.

En este sentido, los hongos micorrízicos parecen ser un componente fundamental dentro de las nuevas alternativas de producción. Además de las funciones conocidas en la nutrición de las plantas, las micorrizas pueden influir en el proceso estructural y de agregación del suelo, siendo estas razones de peso para considerar el efecto que pueden tener estos hongos tanto a nivel fisiológico de la planta, como a nivel del suelo y por ende en la restauración de ecosistemas (3).

El papel de la simbiosis es fundamental en la captación de elementos minerales de lenta difusión en los suelos, como los fosfatos solubles, el Zn y el Cu. La absorción de N también se favorece con la micorrización. Otros elementos como el K y el Mg se encuentran a menudo en concentraciones más altas en las plantas micorrizadas. La absorción de Ca es estimulada también con la simbiosis³.

Los hongos micorrizógenos juegan un papel determinante en los suelos o sustratos con baja disponibilidad de nutrientes, debido a que sus hifas pueden explorar una mayor superficie y llegar hasta sitios inasequibles para las raíces, disminuyendo los índices críticos de los nutrientes en el suelo, siendo esta una de

las causas fundamentales de la respuesta de las plantas a la micorrización (4).

Por tal razón, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la aplicación de dos cepas de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) sobre el desarrollo en vivero de especies forestales en dos tipos de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el vivero de «Sempre» de la Unidad Silvícola Guantánamo, perteneciente a la Empresa Forestal Integral (EFI) Guantánamo, en dos campañas; la primera de enero a mayo del 2008 y la segunda de enero a mayo del 2009, en canteros de 20 m de largo por 1 m de ancho. En la misma se efectuó la siembra de semillas en bolsas de polietileno (15x20 cm) de las especies *Swietenia mahagoni* L. Jacq. (caoba del país) y *Lysiloma lastisiliquum* Benth. (soplillo), obtenidas de la nave de semillas de la EFI Guantánamo, analizadas en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones Forestales de Baracoa, según lo que establecen las normas cubanas de muestreo (5) y método de ensayo (6).

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DEL SUELO

Los suelos utilizados para el desarrollo de la fase experimental se clasifican como Pardo sialítico carbonatado y Fluvisol, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. MINAGRI, Instituto de Suelos (7) y sus características químicas se presentan en la Tabla I. De forma general los suelos que se emplearon en el vivero, se pueden agrupar en suelos de fertilidad media correspondiente al Pardo sialítico carbonatado y de fertilidad baja para el Fluvisol.

Tabla I. Característica de los suelos utilizados en el experimento

Tipo de suelo	pH (KCL)	Cmol.kg ⁻¹			Na+	MO (%)
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺		
Psc	5.90	47.15	6.95	0.49	0.40	3.25
Flv	6.67	37.40	4.70	1.10	0.72	2.19

Psc: Pardo sialítico carbonatado Flv: Fluvisol

TRATAMIENTOS CONFORMADOS

A partir de un diseño completamente aleatorizado se trabajaron seis tratamientos con dos factores: el factor A (2 cepas: *G. hoi like*, *G. intraradices* y un testigo) y factor B (2 proporciones 5:1 y 7:1). Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza bifactorial con test de rangos múltiples de Duncan (5 %), utilizando dos proporciones de suelo: estiércol vacuno, descompuesto a razón de 5:1 y 7:1, molinados y tamizados por una malla de 2 mm al inicio de cada experimento. El suelo se

²Silot, A. Efecto de la aplicación de micorriza y FitoMas-E en los parámetros morfológicos y fisiológicos de la especie *Swietenia mahagoni* en vivero. [Tesis de Ingeniería]. Facultad Agroforestal de Montaña. Guantánamo. 2012, 57 p.

³López, C. y Barceló, A. Sostenibilidad, micorrizas y sus ventajas. Estudios Universitarios sobre micorriza. 2007, 35 p.

depositó en una plataforma de cemento y se le adicionó la cantidad de materia orgánica necesaria para formular las dosis deseadas, posteriormente se voltearon varias veces para homogenizarlas. Se tuvo en cuenta las dosificaciones de materia orgánica para el cultivo en estos tipos de suelo, la cual es de 5:1 según norma técnica (8).

A 100 plantas por cada tratamiento se le aplicaron 10 (g) del biofertilizante EcoMic® por debajo de la semilla, compuestos por dos cepas de (HMA) *Glomus hoi-like* y *Glomus intraradices*, procedentes del INCA, con una calidad de 20 esporas/gramos de suelo para un 50 % de colonización radical. Se utilizaron como testigo 100 plantas no micorrizadas.

Para la comparación de medias se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1, quedando conformados los tratamientos de la siguiente forma:

Tratamientos

T₁ - Testigo (5:1)

T₂ - 5:1 + *Glomus hoi like*

T₃ - 5:1 + *Glomus intraradices*

T₄ - 7:1 sin aplicación de micorriza

T₅ - 7:1 + *Glomus hoi like*

T₆ - 7:1 + *Glomus intraradices*

De cada tratamiento se evaluaron 20 plantas, a los 120 días para la especie caoba del país, mientras que para el soplillo se hizo a los 90 días, después de la germinación, evaluando las variables: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas (und) y ancho de copa (cm²).

Para conocer los porcentajes de infección micorrízica (%), se tomaron muestras compuestas de raicillas de 15 plantas por tratamiento a los 90 y 120 días después de la germinación. Para las determinaciones se tomaron aproximadamente 200 mg de raicillas por tratamiento que fueron secadas a 70°C, para ser teñidas por el método de Phyllips y Hayman (9) y cuantificadas por la técnica de conteo de intersecciones (*gridline*) de Giovannetti y Mosse (10). La densidad visual (%), se realizó según metodología propuesta por Trouvelot *et al.* (11) y para la masa del endófito arbuscular (mg.g⁻¹) se aplicó la metodología descrita por Herrera *et al.* ⁴.

Para la siembra de la semilla se utilizaron marcadores con el objetivo de que las semillas fueran puestas a la misma profundidad, la cual debe ser recubierta de suelo, dos veces el tamaño de la semilla (12).

A las especies *S. mahagoni* L. Jacq. (caoba del país) y *Lysiloma lastisliquum* Benth (soplillo) se les aplicaron las atenciones culturales fundamentales: riego, escarde, limpia de pasillo, rastrillo de pasillo, conteo de supervivencia, trasplante, reposición de fallas y entresaca de posturas (12).

⁴Herrera, R. A. /*et al.*/ Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (va) en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: ecosistemas, evolución y procesos sociales, (Eds. Maximina Monasterio): Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Sub-programa XII, Diversidad Biológica, Mérida. 1995.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Para realizar la valoración económica se partió de la carta tecnológica de vivero (vigente) con su ficha de costo aparejada⁵, que contempla los diferentes componentes económicos como gastos de materiales y salario en acondicionamiento y preparación de tierra, transportación de materia orgánica, costo del HMA, preparación de mezcla, canteros, bolsas, atenciones silviculturales, gastos indirectos y pérdidas (10 %).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESPECIES *SWIETENIA MAHAGONI* L. JACQ (CAOBA DEL PAÍS)

En la Tabla II se muestran los resultados del crecimiento de esta especie desarrollada sobre los suelos Pardo y Fluvisol en ambas campañas, donde se observa una fuerte interacción entre los factores, por lo que se procedió al análisis por tratamientos donde, de forma general, los valores más altos se aprecian con la aplicación del hongo micorrizógeno en ambas proporciones de suelo: materia orgánica (5:1 y 7:1), aunque para el suelo Pardo los mayores valores se obtienen en el tratamiento 6 en ambos períodos, demostrándose la efectividad de la cepa *Glomus intraradices* en este tipo de suelo, superando inclusive en muchos casos a las posturas obtenidas en el tratamiento recomendado en las normas técnicas (5:1) que contiene un mayor porcentaje de materia orgánica, criterio relacionado con la efectividad de esta cepa en este tipo de suelo⁶.

La combinación de hongos micorrízicos arbusculares con diferentes proporciones de materia orgánica aplicados en el comportamiento del desarrollo fisiológico de la planta, está motivada por el incremento en la absorción del fósforo a través de la formación simbiótica de órganos en la raíz (13), permitiendo así que las plantas sean más resistentes a diferentes cambios adversos que puedan existir en un ecosistema.

El fenómeno de micorrización fue más efectivo donde las plantas se desarrollaron en condiciones de más baja disponibilidad de nutrientes, relación estudiada (suelo: abono orgánico 7:1), donde existió una mayor ganancia neta para las plantas con esta asociación. El hongo utilizó los productos del metabolismo de la planta para realizar sus funciones y a su vez le retribuyó a esta con el incremento en la absorción y traslocación de nutrientes, aportados por el estiércol, para realizar sus funciones vitales (14).

⁵Suros, E. Determinación de costo tecnológico de las actividades forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2007, p. 65.

⁶Rivera, R.; Fernández, F.; Ruiz, L.; Sánchez, C.; Hernández, A.; Fernández, K. y Plana, R. El manejo efectivo de la simbiosis micorrízicas en la producción agrícola. Avances y retos inmediatos. Conferencia de biofertilización. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Guantánamo. 2006, 90 p.

Tabla II. Efecto de la micorrización en el crecimiento de la especie *Swietenia mahagoni* L. Jacq. desarrollada en ambos tipos de suelos

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas (und)	Ancho de copa (cm ²)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas (und)	Ancho de copa (cm ²)	
Suelo Pardo sialítico carbonatado					Suelo Fluvisol				
enero-mayo 2008									
1 5:1 (testigo)	20,25 d	3,91 c	10,0 d	12,02 d	16,65 e	3,59 d	9,00 d	11,62 e	
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	25,30 c	4,74 b	15,0 c	17,17 c	30,80 a	4,95 a	19,60 a	18,75 a	
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	30,80 b	4,80 b	18,45 b	20,05 b	26,85 c	4,40 c	13,45 c	15,70 c	
4 7:1+sin aplicación	19,25 e	3,71 c	9,95 d	12,02 d	15,85 e	3,83 d	8,95 e	13,22 d	
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	24,85 c	4,74 b	14,85 c	16,82 c	28,35 b	4,63 b	17,85 b	17,90 b	
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	35,75 a	5,70 a	20,60 a	23,65 a	24,80 d	4,30 c	12,25 c	14,90 c	
EE ±	0,34*	0,14*	0,14*	0,45*	0,52*	0,10*	0,12*	0,29*	
enero-mayo 2009									
1 5:1 (testigo)	20,35 d	3,60 c	9,85 d	11,25 d	14,95 e	3,50 d	9,00 d	11,00 e	
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	26,30 c	4,70 b	15,25c	16,0 c	29,50 a	4,89 a	19,0 a	18,35 a	
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	31,45 b	4,70 b	18,85 b	20,25 b	25,87 c	4,41 c	12,85 c	15,45 c	
4 7:1+sin aplicación	17,05 e	3,70 c	9,05 d	12,0 d	15,75 e	3,80 d	8,25 d	13,00 d	
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	23,75 c	4,50 b	13,65 c	15,65 c	27,54 b	4,50 b	17,0 b	16,95 b	
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	34,25 a	5,25 a	20,05 a	22,45 a	22,85 d	4,25 c	11,55 c	14,05 c	
EE ±	0,32*	0,12*	0,15*	0,35*	0,48*	0,11*	0,12*	0,30*	

Medias seguidas de letras desiguales difieren significativamente ($p < 0,05$)

La aplicación de productos biológicos permite que la planta logre ser más tolerante a los factores de estrés, sequía, desequilibrios en el pH, altos contenidos de sales, exceso de viento, entre otros⁷.

Estos mismos autores plantean que las plantas realizan mayor transpiración por sus hojas, porque pierden y ganan agua, según su tamaño (grande, pequeña o mediana), en relación con la capacidad de absorber a través del sistema radical.

Lo anterior confirma lo alcanzado por algunos autores (15), quienes informaron buena efectividad cuando utilizaron la cepa *Glomus mosseae* y *Glomus intraradices* en suelos con características similares al utilizado en el experimento, en las especies forestales *Albizia cubana* (Bacona) y *Swietenia macrophylla* (caoba de honduras). Estos autores interpretan sus resultados con el argumento de que el hongo incrementa la toma de fósforo mediante las hifas extraradicales, lo cual incrementa la eficiencia en el uso de nutrientes.

Para el caso del suelo Fluvisol en dependencia de ambas campañas, la planta muestra una mejor respuesta en el tratamiento 2, evidenciando la influencia de la cepa *G. hoi* like en este suelo, influyendo también la proporción suelo/estiércol vacuno empleada, resultado que indica que en este tipo de suelo el porcentaje de materia orgánica

es bajo, teniendo que aplicar la proporción (5:1), donde los hongos micorrizógenos desarrollan un papel fundamental en los procesos de absorción de los nutrientes⁸, incrementando la eficiencia de la absorción y permitiendo tomar nutrientes que se vuelven accesibles precisamente como consecuencia de las raíces micorrizadas.

Este resultado puede estar dado por la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo Fluvisol (Tabla I), lo que sugiere los aportes de nutrientes derivados de la mayor dosis de abono orgánico (5:1), para garantizar los requerimientos nutrimentales de las posturas, donde el hongo utiliza los productos del metabolismo de la planta para realizar sus funciones y, a su vez, le retribuyó a esta con el incremento en la absorción y traslocación de nutrientes, necesarios para realizar sus funciones vitales (16).

Los hongos micorrizógenos desarrollan un papel fundamental en los procesos de absorción de los nutrientes⁹, incrementando la eficiencia de la absorción y permitiendo tomar nutrientes que se vuelven accesibles precisamente como consecuencia de las raíces micorrizadas.

⁷Gómez, Y. Efecto de la aplicación de dos productos biológicos en especies forestales bajo condiciones de vivero. [Tesis de Ingeniería]. Facultad Agroforestal de Montaña. Guantánamo. 2008, 58 p.

⁸Rodríguez, Y. Estrategia de diversificación de la producción en el sistema agroforestal de la empresa café y cacao «Yateras», Guantánamo. [Tesis de doctorado]. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2010, 149 p.

⁹Torres, C. Uso de diferentes alternativas nutricionales en especies forestales bajo condiciones de vivero. [Tesis de Ingeniería]. Facultad Agroforestal de Montaña. Guantánamo. 2007, 45 p.

Hay que destacar la marcada especificidad que mostraron las cepas en ambos tipos de suelos, quedando claramente definido a través del desarrollo de las posturas de caoba, teniendo en cuenta el alto grado de influencia del suelo sobre el efecto y eficiencia de las cepas en cuestión, aspecto este que regula la recomendación de cepas para obtener una alta respuesta a la micorrización y que se conoce como especificidad suelo- cepa eficiente de HMA⁶.

ESPECIE *LYSILOMA LASTISILIQUM* BENTH. (SOPLILLO)

La respuesta de esta especie al inóculo en ambos suelos, fue similar a la de la especie anterior, reflejando interacción entre los factores en estudio (Tabla III). Nuevamente se observa que el valor más alto corresponde con la inoculación de la cepa *G. intraradices* para el suelo Pardo en ambas campañas, confirmando la eficiencia simbiótica de la cepa en cuestión, lo que deja claro la alta competitividad y eficiencia de la cepa (16).

Esto puede explicar los buenos resultados alcanzados cuando se inoculan cepas efectivas de HMA en el sustrato (7:1), superando inclusive en muchos casos a las posturas obtenidas en el tratamiento recomendado en las normas técnicas que contiene un mayor porcentaje de materia orgánica.

Es de destacar los positivos resultados de la inoculación de la cepa *Glomus intraradices*, que constituye la primera información experimental sobre el uso de esta cepa en el soplillo.

Con anterioridad se ha informado una alta eficiencia de esta cepa^{8,9}, cuando se aplicó en las especies de teca, bacona, eucaliptos, caoba de honduras y majagua sobre un suelo Pardo con un nivel de fertilidad evaluado de medio a bajo.

Tabla III. Efecto de la micorrización en el crecimiento de la especie *Lysiloma lastisiliquum* Benth. desarrollada en ambos tipos de suelos

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas (und)	Ancho de copa (cm ²)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas (und)	Ancho de copa (cm ²)
Suelo Pardo sialítico carbonatado					Suelo Fluvisol			
enero-mayo 2008								
1 5:1 (testigo)	41,10 d	4,45 e	12,20 e	13,63 d	38,30 e	6,09 c	10,3 d	11,77 e
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	51,70 c	7,25 c	14,20 d	15,68 c	53,05 a	7,62 a	15,25 a	16,40 a
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	60,05 b	7,95 b	16,35 b	18,33 b	48,30 c	7,11 b	12,42 c	15,07 c
4 7:1+sin aplicación	40,10 d	6,43 d	12,50 e	15,53 d	36,10 f	5,98 c	10,0 d	11,17 f
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	52,15 c	7,45 c	15,05 c	15,50 c	51,05 b	7,60 a	14,65 b	15,77 b
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	64,05 a	8,22 a	19,05 a	20,88 a	45,15 d	7,08 b	12,35 c	14,45 d
EE ±	0,25*	0,07*	0,11*	0,30*	0,27*	0,05*	0,14*	0,19*
enero-mayo 2009								
1 5:1 (testigo)	39,45 d	4,25 e	11,65 e	12,63 d	37,40 e	6,75 c	10,13 d	11,55 e
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	50,35 c	7,55 c	13,25 d	14,68 c	52,25 a	7,65 a	15,15 a	16,90 a
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	61,25 b	7,65 b	15,12 b	17,33 b	49,25 c	7,05 b	11,42 c	15,05 c
4 7:1+sin aplicación	40,65 d	5,93 d	11,75 e	13,53 d	33,15 f	6,01 d	10,20 d	10,95 f
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	51,65 c	7,05 c	14,25 c	15,50 c	50,65 b	7,75 a	14,75 b	15,95 b
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	65,45 a	8,75 a	18,52 a	20,10 a	46,36 d	7,10 b	11,35 c	14,25 d
EE ±	0,26*	0,08*	0,12*	0,31*	0,29*	0,08*	0,15*	0,20*

Medias seguidas de letras desiguales difieren significativamente ($p < 0,05$)

Se observa que las micorrizas presentan mayor efecto en el beneficio de la planta, cuando se encuentran combinadas con materia orgánica. Este hecho se puede atribuir a que la incorporación de materia orgánica tiene efectos positivos en las propiedades del suelo, que junto con el efecto positivo de las micorrizas sobre la absorción de nutrientes, se manifiestan en un mayor crecimiento de la planta¹⁰.

En relación con el suelo Fluvisol, los resultados están en correspondencia con los obtenidos en la especie caoba del país, donde la cepa *Glomus hoi* like fue la de mejor comportamiento combinada con la proporción 5:1 para ambas campañas, lo cual puede estar relacionado por la baja fertilidad del suelo donde hay que aplicarle una proporción rica en abono orgánico, coincidiendo con los criterios generales sobre la eficiencia de la micorrización, donde se demuestra que la fertilidad de los suelos y la disponibilidad de nutrientes actúan inversamente sobre el nivel de eficiencia de estos hongos, y como criterio general, los HMA con una buena eficiencia logran una

¹⁰ Aranda, R. Diferentes fuentes de materia orgánica y cepas de hongos micorrizógenos en la producción de posturas de cacao (*Theobroma cacao* Lin.) por micropropagación en el municipio de Baracoa. [Tesis de Maestría]. Facultad Agroforestal de Montaña. Guantánamo. 2011, 98 p.

mayor absorción de nutrientes en condiciones de suelo con baja disponibilidad de nutrientes⁶.

Este comportamiento pudo deberse a que los exudados radicales aceleraron los procesos microbianos, con el aumento de las cantidades de nutrientes disponibles que pueden ser asimilados por las plantas o la intensificación de los procesos fisiológicos que influyen en el desarrollo y rendimiento de los cultivos (17).

Relacionado con lo anterior se han obtenido resultados significativos sobre diferentes parámetros morfológicos en las especies teca, amarillón, melina y ronrón con aplicación de micorriza del género *Glomus*, evidenciando una mayor absorción de nutrimentos, que le permite a la planta mayor eficiencia fisiológica (18).

La micorriza en el medio forestal, les ofrece a sus clientes un producto de alta calidad, a través de especies forestales en localidades de alta fragilidad, con alto porcentaje de supervivencia, aumento del número total de raíces y mayor vigorosidad de la parte aérea (18).

PARÁMETROS FÚNGICOS

La Tabla IV muestra el comportamiento de estos parámetros en ambas especies estudiadas para los dos tipos de suelos donde, de forma general, las cepas más eficientes por cada tipo de suelo evidenciaron los mayores resultados.

En relación con el porcentaje de colonización, la densidad visual y la masa del endófito se observó que la inoculación incrementó en todos los casos esta variable, lo cual permitió establecer, que las cepas con mayor efecto agrobiológico y con una micorrización más eficiente

fueron las que presentaron mayores porcentajes de colonización u ocupación fúngica. Los porcentajes de colonización obtenidos oscilaron entre 40 y 60 %, en dependencia del tipo de suelo estudiado, rango entre los que se encuentran otras especies forestales (14).

En el suelo Pardo (fertilidad media) el tratamiento 6 (7:1+*G. intraradices*) mostró los mayores valores para ambas especies estudiadas, cuya relación suelo: abono orgánico en este caso, suelo: estiércol vacuno (7:1) aportaron menores cantidades de nutrientes y es, por supuesto, una consecuencia de que las plantas micorrizadas absorben más eficientemente los nutrientes (19), garantizando sus requerimientos nutricionales, teniendo en cuenta la fertilidad del suelo.

Por otra parte en el suelo de baja fertilidad (Fluvisol), se alcanzó los mayores valores en el caso del sustrato con mayor aporte de abono orgánico (5:1) que a su vez condicionó los mayores efectos de la micorrización sobre ambas variables, evidenciándose una fuerte relación entre la fertilidad del tipo de suelo, la relación de suelo/abono orgánico y la propia eficiencia micorrízica (20).

Estos resultados están en concordancia con los criterios más generales que relacionan la efectividad de la micorrización con un suministro subóptimo de nutrientes y alertan que fue necesario un mínimo de nutrientes para que la micorrización garantice los requerimientos nutricionales de las plantas; de no existir ese mínimo en el sustrato la micorrización no puede garantizar los requerimientos de la planta¹¹.

¹¹López, E. S.; Díaz, R. y Costa, A. M. Problemas no desenvolvimiento e na colonizacão micorrízica natural de mudas de café em viveiro. En: Reuniao Brasileira sobre micorrizas. Lavras, 1986, 156 p.

Tabla IV. Evaluación de los diferentes parámetros fúngicos

Tratamientos	<i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.			<i>Lysiloma lastisiliquum</i> Benth.		
	Infección (%)	Densidad visual (%)	Endófito arbuscular (mg g ⁻¹)	Infección (%)	Densidad visual (%)	Endófito arbuscular (mg g ⁻¹)
Pardo sialítico carbonatado						
1 Testigo (5:1)	11,66 d	0,13 d	0,26 d	10,66 d	0,13 d	0,26 d
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	40,00 c	3,92 c	7,95 c	39,0 c	3,92 c	7,85 c
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	50,13 b	5,48 b	10,98 b	44,81 b	5,45 b	10,91 b
4 7:1+Sin inocular	10,16 d	0,12 d	0,25 d	10,50 d	0,13 d	0,26 d
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	40,00 c	3,89 c	7,78 c	40,0 c	3,67 c	7,34 c
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	60,00 a	6,48 a	12,97 a	58,00a	6,39 a	12,78 a
EE ±	0,45*	0,09*	0,18*	0,47*	0,10*	0,21*
Fluvisol						
1 Testigo (5:1)	8,31 d	0,94 d	0,20 d	7,31 d	0,91 d	0,19 d
2 5:1+ <i>G. hoi</i> like	54,55 a	4,50 a	9,40 a	51,51 a	4,17 a	8,34 a
3 5:1+ <i>G. intraradices</i>	43,33 c	4,10 c	8,40 c	41,16 c	3,68 c	7,35 c
4 7:1+Sin inocular	7,31 d	0,91 d	0,18 d	7,31 d	0,91 d	0,18 d
5 7:1+ <i>G. hoi</i> like	48,51 b	4,50 b	8,23 b	50,0 b	4,0 b	7,99 c
6 7:1+ <i>G. intraradices</i>	43,33 c	4,05 c	8,10 c	39,36 c	3,96 c	7,91 c
EE ±	0,41*	0,37*	0,74*	0,11*	0,31*	0,63*

Medias seguidas de letras desiguales difieren significativamente (p<0,05)

Un aspecto muy ligado al éxito de la inoculación con HMA lo es precisamente una baja concentración y eficiencia de los propágulos nativos infectivos existentes en el sustrato (21), aunque no se realizaron evaluaciones *in situ* de estos; el propio éxito de la inoculación aquí encontrado y los resultados alcanzados sugieren que probablemente los propágulos nativos eran poco efectivos o se encontraban en bajas concentraciones.

Con respecto a lo anterior se han obtenido resultados significativos en diferentes parámetros morfológicos y fúngicos de varias especies forestales con aplicación de micorriza del género *glomus* (17), atribuyéndole al hongo características especiales al aumentar el área de exploración del sistema radicular en cantidad y longitud, evidenciándose la infección micorrízica en las especies estudiadas.

Los valores fúngicos encontrados en los tratamientos no inoculados pueden estar dado por la existencia de cepas nativas adaptadas en el ecosistema, pero los valores fueron más bajos que los obtenidos en los tratamientos inoculados, indicando la baja micorrización natural alcanzada por las posturas; por ende, en presencia de una baja micorrización natural las plantas necesitan de un mayor suministro de nutrientes para alcanzar su óptimo desarrollo, siendo por tanto necesarias las relaciones ricas en aportes de abono orgánico.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Un aspecto importante en la actividad forestal es la valoración económica (Tabla V), donde se destaca que con la aplicación combinada de micorriza y proporción (7:1 y 5:1) disminuyeron significativamente los gastos en 14 492,00 y 15 286,00 pesos respectivamente, en relación con las combinaciones no micorrizadas y a la norma técnica suelo: materia orgánica (5:1).

Al realizar los respectivos análisis de costo de producción de una postura se determinó que la combinación de micorriza y proporción (7:1 y 5:1)

disminuyeron los gastos incurridos y el costo por peso siendo de \$ 0,14 y 0,15 respectivamente, con respecto a la norma técnica que fue de \$ 0,19. Hay que señalar que el gasto total sin aplicación de micorriza y proporción suelo: materia orgánica 7:1 (\$18 187,75) disminuyó con respecto a la norma técnica (\$ 19 321,50), reduciendo considerablemente los volúmenes de materia orgánica en el suelo Pardo sialítico carbonatado.

En esta valoración se tuvo en cuenta la disminución en cuanto a las atenciones silviculturales que se desarrollaron (riego, escardes, trasplante, reposición de fallas) con la aplicación de las cepas eficientes por tipos de suelos, ya que las plantas alcanzaron mayor crecimiento y desarrollo, lo que trajo consigo una reducción de fuerza de trabajo que repercutió en el decrecimiento de los gastos por concepto de fuerza de trabajo y salario.

Los resultados económicos indican que con la aplicación de micorrizas en ambos tipos de suelos se pueden producir posturas de óptima calidad, superiores a las producidas mediante la norma técnica (5:1), reduciéndose considerablemente los volúmenes de materia orgánica a utilizar y el tiempo de estancia en vivero, transformándose todo esto en ahorro y calidad de la posturas.

CONCLUSIONES

- Los mayores valores alcanzados en todas las variables tanto morfológicas como fúngicas, se obtuvieron en el tratamiento 6 (7:1+*Glomus intraradices*) para el suelo Pardo y para el suelo Fluvisol con el tratamiento 2 (5:1+*Glomus hoi* like).
- Las especies forestales estudiadas respondieron satisfactoriamente a la aplicación de micorrizas del género *Glomus*.
- La eficiencia de la cepa del hongo micorrízico está en dependencia del tipo de suelo que se empleó.

Tabla V. Gastos incurridos para producir 100 000 posturas y el costo de producción de una, en las diferentes tecnologías

Conceptos	UM	Gastos	Gastos	Gastos	Gastos
		sin aplicación de micorriza y proporción 5:1	sin aplicación de micorriza y proporción 7:1	con aplicación de micorriza y proporción 5:1	con aplicación de micorriza y proporción 7:1
Materias primas y materiales	Pesos	1 665,00	1 705,00	2 247,50	2 242,50
Combustibles	Pesos	200,00	200,00	200,00	200,00
Gastos de fuerza de trabajo	Pesos	15 700,00	14 100,00	11 500,00	10 900,00
Total de gastos directos	Pesos	17 565,00	16 542,50	13 942,00	13 347,50
Gastos indirectos	Pesos	1 760,00	1 654,25	1 340,50	1 347,50
Gasto total	Pesos	19 321,50	18 187,75	15 286,00	14 492,00
Costo de producción de una postura	Pesos	0,19	0,18	0,15	0,14

REFERENCIAS

1. Editorial Academia. Bosques de Cuba. Parte I. Universidad para todos. Suplemento especial. La Habana, Cuba. 2007, 16 p. ISBN 978-959-270-112-0.
2. Sotolongo, R.; Geada, G. y Cobas, M. Fomento Forestal. Editorial Felix Varela. La Habana, Cuba. 2010, 287 p. ISBN 978-959-07-1294-4
3. Rillig, M. y Mummey, D. L. Mycorrhizae and soil structure. *New Phytologist*, 2007, vol. 171, p. 4153.
4. Pozo, M.J. y Azcón-Aguilar, C. α -1,3 Glucanase activitie in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. *Plant Science*, 2007, vol. 141, p. 149-157.
5. Norma Cubana 71-03 Silvicultura. Semillas Forestales. Muestreo. Comité Estatal de Normalización. 1987, p. 7.
6. Norma Cubana 71-06. Silvicultura. Semillas Forestales. Método de ensayo. Comité Estatal de Normalización. 1987, p. 14.
7. MINAGRI. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR, 1999, 64 p.
8. Montalvo, J. M.; Grá, H.; Betancourt, M. A.; Duarte, J.; Núñez, A. y Bravo, J. A. Manual de viveros forestales. Ciudad de la Habana, Cuba. 2007, 67 p.
9. Phillips, D. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans British Mycol. Soc.*, 1970, vol. 55, p. 101-188.
10. Giovanetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 1980, p. 489-500.
11. Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi-Pearson, V. Mesure du Taux de Mycorhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d' Estimation ayantune Signification Fonctionnelle. Proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae: Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae, Dijón, 1-5 July, 1985. (V. Gianinazzi-Pearson y S. Gianinazzi, eds.). INRA, Paris. 1986, p. 217-222.
12. Álvarez, P. Silvicultura. Tercera Edición. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 2006, p. 120-170. ISBN: 959-07-0153-1.
13. Falcón, E. Efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares sobre la producción de posturas de Caoba del país (*Swietenia mahagoni* L. Jacq.). CITMA Guantánamo. *Revista Electrónica Hombre, Ciencia y Tecnología*, 2010, 11 p. ISSN: 1028-0871.
14. Cuesta, I. Rengifo, E. y Pérez, M. Influencia de diferentes dosis de *Glomus mosseae* sobre plántulas de *C. odorata*. 4to Congreso Forestal de Cuba. Palacio de las convenciones de La Habana. 2007, 3 p. ISBN: 978-959-282-048-7.
15. Rodríguez, Y.; Riera, M.; Álvarez, P.; Rodríguez, V. y López, R. Efectos de la aplicación de dos productos biológicos en especies forestales, en condiciones de vivero. V Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Pinar de Río. Cuba. 2008, 10 p. ISBN: 978-959-16-0655-6.
16. Rivera, R. *et al.*. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (va) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 3, p. 15-23.
17. Rodríguez, Y.; Riera, M.; Álvarez, P.; Rodríguez, V. y Telo, L. Efectos de la aplicación de dos productos biológicos en la especie *Talipariti elatum* en condiciones de vivero. *Revista Agroecológica de Brasil*, 2010, vol. 5, p. 1.
18. Hernández, W. y Salas, E. La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatros especies forestales en vivero y campo. *Agronomía Costarricense*, 2009, vol. 33, no. 1, p. 17-30. ISSN: 0377-9424.
19. Bellefontaine, R.; Gaston, A.; y Pettrucci, Y. Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Cahier FAO Conservation N° 32. FAO, Rome, Italy. 2007. 316 p. [Consultado: 18 abril 2010]. Disponible en: <<http://www.virtualcentre.com>>.
20. Calderón, M. y González, P. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likonl) cultivando en suelo Ferralítico Rojo a la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 3, p. 11-15.
21. Dodd, J. C. y Thomson. The screening and selection of inoculant arbuscular- mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 1994, vol. 159, p. 149-158.

Recibido: 6 de febrero de 2012

Aceptado: 9 de octubre de 2012

¿Cómo citar?

Falcón Oconor, Emir y Riera Nelson, Manuel C. Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 3, p. 32-39.