

## **Efecto de cepas micorrízicas en la calidad de la planta *Calophyllum antillanum* Britton en el vivero**

### **Effect of mycorrhizal strains in the quality of the plant *Calophyllum antillanum* Britton in nursery**

**Yuris Rodríguez Matos<sup>1</sup>, Yenisel Segurado Gil<sup>2</sup>, Surima Orta Pozo<sup>3</sup>, Anieska de la Caridad Sánchez Soto<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal y Doctor en Ciencias en Forestales. Universidad de Guantánamo. Cuba. Correo electrónico: [yurisrodriguezmg@gmail.com](mailto:yurisrodriguezmg@gmail.com)

<sup>2</sup>Ingeniera Forestal. Universidad de Guantánamo. Facultad Agro Forestal. Cuba. Correo electrónico: [yenisel@cug.co.cu](mailto:yenisel@cug.co.cu)

<sup>3</sup>Doctora en Ciencias Forestales. Profesora de Fisiología. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias. Universidad de Pinar del Río "Hnos Saíz Montes de Oca", Cuba. Correo electrónico: [surimaorta@gmail.com](mailto:surimaorta@gmail.com)

<sup>4</sup>Ingeniera Forestal. Empresa Agroforestal Mayarí, Holguín. Cuba. Correo electrónico: [anieska@gmail.com](mailto:anieska@gmail.com)

**Recibido:** 5 de junio de 2017.

**Aprobado:** 1 de noviembre de 2017.

---

#### **RESUMEN**

El trabajo se realizó en la empresa municipal agropecuaria del municipio de Moa de la provincia Holguín, desde enero hasta mayo de 2016, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes cepas de micorrizas en los parámetros morfológicos de la especie *Calophyllum antillanum*, en condiciones de vivero. Los tratamientos que se utilizaron fueron: T<sub>1</sub>- suelo/*Glomus cubense* en proporción 9:1, T<sub>2</sub> - Suelo/*Funneliformis moseae* en proporción 9:1, T<sub>3</sub> - Suelo/*Rhizophagus intraradices* 9:1 y T<sub>4</sub> - Control (Humus de lombriz en proporción 5:1 "cinco vagones de suelo y uno de materia orgánica"), a través de un diseño completamente aleatorizado. Se adquirieron 100 plantas por tratamiento y se evaluaron 25 en cada uno de ellos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la germinación. Se

#### **ABSTRACT**

The work was carried out in the Municipal Agricultural Interprise in the municipality of Moa in the province of Holguín, from January to May the 2016, with the objective to evaluate the effect of different mycorrhizal strains on the morphological parameters of the species *Calophyllum antillanum*, under nursery conditions. The treatments that were used were: T<sub>1</sub>- Soil / *Glomus cubense* in proportion 9: 1, T<sub>2</sub> - Soil / *Funneliformis moseae* in proportion 9: 1, T<sub>3</sub> - Soil / *Rhizophagus intraradices* 9: 1 and T<sub>4</sub> - Control (Worm Humus in proportion 5: 1 "Five wagons of soil and one of organic matter"), through a completely randomized design. 100 plants were used for each treatment, evaluating 25 in each of them, at 30, 60, 90 and 120

empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1. Los resultados indicaron al T<sub>2</sub> Suelo/*Funneliformis moseae* en proporción 9:1, con los mejores resultados en los parámetros morfológicos: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, masa seca foliar y radical, atributos morfológicos del sistema radical: largo de la raíz principal, número de raíces primarias y secundarias, índices morfológicos de las plantas: esbeltez (H/D), relación parte aérea-parte radical (RPA/RPR) y calidad de Dickson (QI). Para la producción de planta de buena calidad, el T<sub>2</sub>, también es el más factible económicamente ya que los gastos totales son de 0,34 pesos.

**Palabras clave:** materia orgánica; cepas de micorrízicas; parámetros morfológicos; vivero y *Calophyllum antillanum*.

days after germination. The statistical package STATGRAPHICS Plus 5.1 was used. The results indicated T<sub>2</sub> - Suelo/*Funneliformis moseae* en proporción 9:1, with the best results in the morphological parameters: plant height, stem diameter, leaf number, dry leaf mass and root, morphological attributes of the root system: long root length, number of primary roots and secondary, morphological index of plants: slenderness (H / D), shoot part ratio - RPA / RPR and Dickson quality. For the production of good quality postures T<sub>2</sub> is also the most economically feasible, since the total expenses are 0.34.

**Key words:** Organic products; mycorrhizal strains; morphological parameters; nursery and *Calophyllum antillanum*.

---

## INTRODUCCIÓN

Los árboles juegan un papel importante tanto en ecosistemas naturales, como en agroecosistemas a través de la sombra y cortinas rompevientos, movilización y reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno por especies leguminosas, secuestro de carbono, hábitat para muchas especies de aves, insectos, pequeños mamíferos y plantas epífitas, además de la fertilidad de los suelos. [Bellefontaine; Gastón, y Pettrucci, 2007].

Los bosques son de suma importancia en la conservación del ecosistema pues engalanan el entorno y constituyen el

hábitat de las plantas y animales. Cuba posee especies endémicas, muchas de las cuales viven en ambientes forestales. La pérdida de árboles debido a la deforestación o degradación por cambios en su composición tiene un impacto negativo directo en la calidad de la biodiversidad. [Urquiza, 2011].

Los viveros forestales son el punto de partida del cambio necesario para revertir la degradación de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población, donde explica que el empleo en la reforestación de plantas de calidad viene definida a través de una serie de

parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar la planta en el momento de su plantación y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo. [Navall, 2004].

En el municipio de Moa, se ha llevado a cabo el deterioro de la biodiversidad en los ecosistemas a través de la búsqueda del níquel durante varios años, lo que ha provocado que muchas especies de valor económico estén afectadas como el caso de *Calophyllum antillanum*.

En el marco del desarrollo forestal sostenible para la producción de *C. antillanum*, cabe decir, entonces, que sería de gran utilidad el empleo de productos beneficiosos sobre el medio- ambiente y el hombre; tal es el caso de los biológicos, que juegan un rol importante en la nutrición y desarrollo de las plantas en ecosistemas que están degradados.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de cepas micorrízicas en la calidad de la planta *C. antillanum* Britton, en el vivero.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación del área de trabajo

El presente trabajo se desarrolló en un vivero permanente de la empresa municipal agropecuaria de Moa, ubicada al noroeste de la provincia Holguín. Limitando al sur con áreas del CITMA y del municipio Guantánamo; al oeste, con el municipio de Mayarí; al este, con el municipio de Baracoa y al norte, con el océano Atlántico (Figura 1), en la fecha comprendida desde enero hasta mayo de 2016.

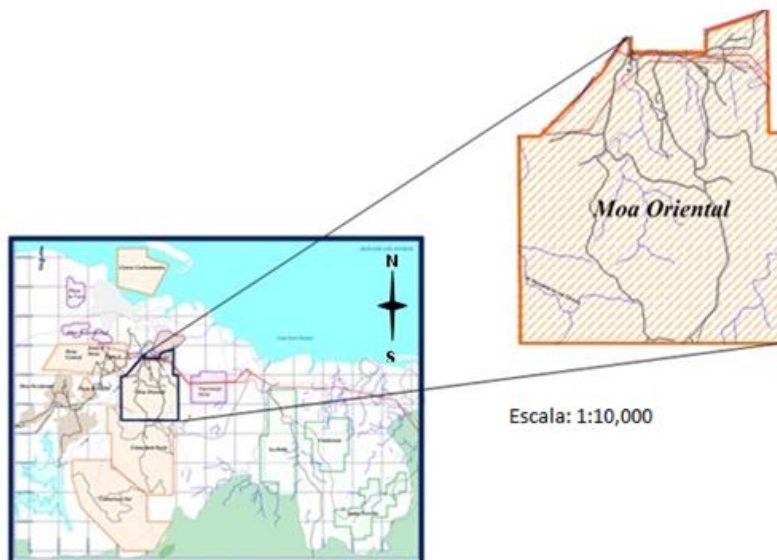


Fig.1. Ubicación del área de trabajo.

### Características del suelo

El suelo Ferrítico púrpura utilizado, que se caracteriza por ser medianamente lavado, se encuentra entre 20 y 40 cm. de profundidad, medianamente humificado, entre 2 y 4 %, mediana pérdida del horizonte A, con arcilla caolinita mayor del 75 %.

### Propiedades físico-químicas

Presenta una profundidad efectiva que se evalúa de profundo (63 cm.), un límite superior de plasticidad (LSP) que se caracteriza de poco plástico y mediana

elevación capilar (EC) Tabla 1, con valores de pH en KCl que oscilan desde ligeramente ácido (5,7) en la superficie a ácido (4,5) en profundidad; la capacidad de intercambio catiónico (T) (28,3 a 26,2) y los contenidos de Ca. intercambiables (16,5 a 16,8) se comportan altos en todo el perfil. Referidos al porcentaje de T, los cationes Mg, K y Na muestran valores cercanos al mínimo permisible MINAG [1987] para la generalidad de los cultivos. Es un suelo con bajos contenidos de materia orgánica en sus horizontes inferiores y valores muy bajos de P2O5. Los valores de K2O van de medios a bajos (Tabla 2).

**Tabla 1.** Análisis físico del suelo representativo del área experimental.

Horizonte	Profundidad	Hy	LSP	EC
		(%)	(cm)	(mm)
A	0 -21	3,5	53,51	168

Leyenda: Hy= humedad higroscópica; LSP= límite superior de plasticidad y EC= elevación capilar en 5 horas.

LSP: muy poco plástico < 50, poco plástico 50-70, plástico 70-90 y muy plástico > 90

EC: muy baja < 50, baja 50-149, mediana 150-249, alta 250-349 y muy alta > 349

**Tabla 2.** Análisis químico del suelo representativo del área experimental

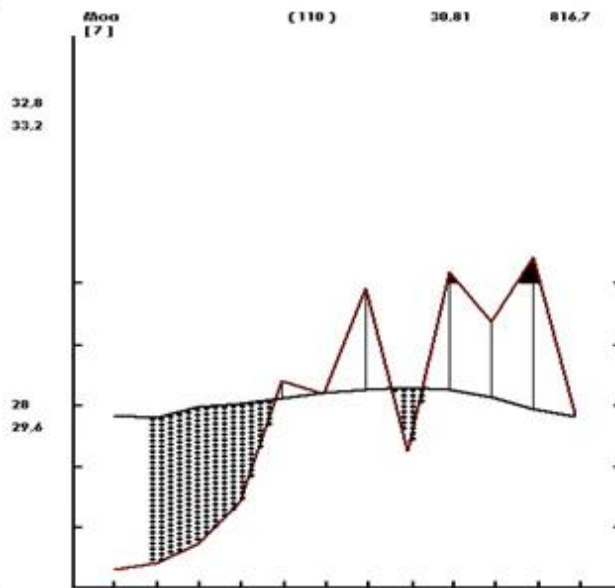
H	pH		Ca	Mg	K	Na	S	T	M.O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	H <sub>2</sub> O	DCl	Cmol.Kg <sup>-1</sup>						%	Mg/100g	
AB	6,4	5,7	16,5	16,9	0,2	0,3	23,9	28,3	1,37	4	10,71

Leyenda: H.= horizonte; S= suma de bases cambiables y T= capacidad de intercambio catiónico.

### Condiciones climáticas

El sitio donde se realizó el experimento mostró un clima con una temperatura promedio de 30,81 °C., máxima absoluta de 32,8 °C. y máxima media absoluta de 29,6 °C. y como mínima absoluta 28,0 °C.,

mientras las precipitaciones promedio anuales son de 816,7 mm. Figura 2. Las mayores precipitaciones ocurren en septiembre, noviembre y diciembre; los meses de enero a marzo y agosto son de extremada sequía, mientras que los otros meses son de lluvias favorables.



**Fig. 2.** Climodiagrama de la Estación Meteorológica del municipio de Moa con una serie de 7 años.

### Metodología empleada

El trabajo se desarrolló en condiciones de vivero, donde se construyeron canteros de 1 m. de ancho por 20 m. de largo, empleando bolsas de polietileno (15 cm. x 20 cm.), situadas en las semillas de la especie *C. antillanum*, obtenidas de la nave semillera de la empresa municipal agropecuaria.

Para la siembra, se utilizaron marcadores con el objetivo de que fueran puestos a la misma profundidad, los cuales fueron recubiertos de suelo, dos veces el tamaño de la semilla. [Álvarez y Varona, 2006].

A la planta se le aplicó las atenciones culturales fundamentales: riego, escarde, limpia de pasillo, rastrillo de pasillo, conteo de supervivencia y entresaca de postura. [Álvarez y Varona, 2006].

### Diseño experimental

Se conformaron cuatro tratamientos a partir de un diseño completamente aleatorizado. Los mismos quedaron conformados de la siguiente forma:

T1- *C. antillanum* + *Glomus cubense* + proporción 9: 1

T2- *C. antillanum* + *Funneliformis mosseae* + proporción 9:1

T3- *C. antillanum* + *Rhizophagus intraradices* + proporción 9:1

T4- Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1)

Las semillas fueron sometidas a tratamiento pregerminativo consistente en inmersión en agua durante 24 horas.

### Aplicación de biofertilizantes

Se utilizó *Glomus cubense*, *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus intraradices*, procedentes del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con una calidad de 20 esporas/gramos de suelo para un 50% de colonización radical. La inoculación se aplicó en el momento de la siembra al 10% del peso de la semilla, por el método de peletización, donde se realizó una pasta fluida de micorriza y agua destilada, utilizando la proporción de 1kg. de micorriza en 1200 ml. de agua. [Fernández, 1999].

### Aplicación de materia orgánica

La materia orgánica aplicada fue del tipo de humus de lombriz a razón de 9:1 (nueve vagones de suelo del área de

estudio, por un vagón de materia orgánica).

### Evaluaciones realizadas en vivero

- **Porcentaje de germinación (%)**

$$\% \text{ germinación} = \frac{\#SG}{30 \text{ semillas}} * 100$$

Donde: % germinación: porcentaje de germinación y # SG: número de semillas germinadas (U).

Se evaluaron 25 plantas por tratamientos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la germinación, las variables estudiadas fueron:

### Atributos morfológicos del tallo

- Altura de la planta (cm.): esta medición se efectuó desde la base del tallo hasta el último brote de hojas en el ápice del mismo y se utilizó para ello una cinta métrica.

- Diámetro del tallo (cm.): se midió en el cuello de la raíz, con un pie de rey.

- Número de hojas: se evaluó a partir de un conteo visual de unidades enteras.

Masa seca foliar y radical (g.): para la caracterización de las plantas, se tomaron 25 plantas de cada tratamiento y se extrajeron de las bolsas, se lavó el sustrato para evitar el desprendimiento de las raíces delgadas y que el sistema radical quedara limpio. Se separó la parte aérea de la parte radical por el cuello de la raíz. Se secaron en una estufa modelo (HS – 62<sup>a</sup>) a una temperatura de 70°C. hasta



que alcanzó peso constante y se determinó el peso seco de cada una de las fracciones en una balanza de precisión de 0,01 g., modelo Sartorius/BS 2202 s, lo que fue realizado en el laboratorio de Química de la Facultad Agroforestal de Montaña.

$$PST = PSA + PSR \quad (4)$$

Donde:

PST= Peso seco total (g)

Peso seco aéreo (PSA). PSA= masa seca del tallo+masa seca de las hojas.

Peso seco radical (PSR). PSR= peso de la raíz principal y las raíces secundarias.

### **Atributos morfológicos del sistema radical**

- Largo de la raíz principal (cm.): esta variable se midió desde el cuello hasta el ápice mediante el empleo de una regla graduada.

- Número de raíces primarias y secundarias: para determinar esto, se contó la cantidad de raíces primarias y la cantidad de raíces secundarias.

### **Índices morfológicos de las plantas**

- Índice de esbeltez (H/D): se determinó mediante el cociente: altura (cm.) y diámetro (mm.).

- Relación parte aérea-parte radical (RPA/RPR): se obtiene al efectuar la siguiente división PA / PR.

Donde: PA= masa del tallo+masa de las hojas y PR= masa seca de la raíz.

- Índice de calidad de Dickson (Qi): a través de la siguiente fórmula:

$$QI = \frac{PST}{\frac{h}{d} + \frac{PSA}{PSR}}$$

Donde: d: diámetro (mm.); h.: altura (cm.); PST: masa seca total (g.); PSA: masa seca aérea (g.); PSR: masa seca de la raíz (g.).

### **Balance hídrico de la planta (BAP):**

este se relaciona con el peso seco de la parte aérea y el de la parte radical con el diámetro del cuello de esta mediante la siguiente fórmula:  $BAP = PSA / (Diam * PSR)$ .

### **Análisis estadístico**

Para el procesamiento de los datos, se realizó un análisis de varianza simple y la dódima de comparación de rangos múltiples de Duncan para un grado de probabilidad del error de un 0.05% mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 5.1.

### **Valoración económica**

Para realizar la valoración económica, se partió de la carta tecnológica de vivero (vigente) con su ficha de costo aparejada, donde se tuvieron en cuenta los cálculos de las actividades que se desarrollan en un vivero forestal, tales como:

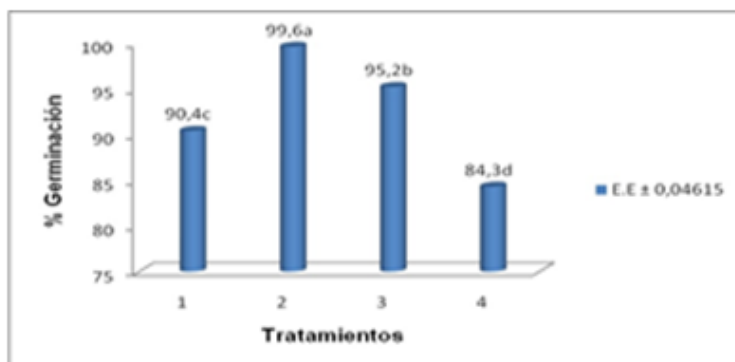
Gasto total de materia prima y materiales, gasto total de portadores energético, gasto total de salario, total de gasto

directo, gastos indirectos, amortización, el salario de vinculación de trabajadores, el costo de los bioproductos para saber el ahorro que se tiene en cada una de las actividades planificadas; así como la aplicación de materia orgánica, utilizando la fórmula de: Ganancia=Valor de la producción-costo de producción. [Carrasco, 1992].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Capacidad germinativa de la especie *C. antillanum*

En la figura 3, se observa el porcentaje de germinación a los 30 días de sembrado *C. antillanum*, donde el tratamiento el T<sub>2</sub> (Suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1) fue el que mejor se comportó, con diferencias significativas con los demás tratamientos, aunque se puede comprobar que, con respecto al T<sub>4</sub> - Control (Suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos T<sub>1</sub> (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (Suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) presentan resultados favorables.



**Fig. 3.** Germinación a los 30 días de sembrado *C. antillanum*. \*Letras iguales no tienen diferencias significativas, según Dócima de Duncan para ( $p \leq 0,05$ ) y E. E $\pm$ = error estándar calculado.

Estos valores coinciden con Rueda, et al. [2013], al plantear que si la semilla es fresca puede obtenerse entre un 60 hasta un 90% de germinación, además, afirmó que el material orgánico ejerce influencia en la capacidad germinativa de las semillas, también, que la germinación está influenciada por las características

químicas y físicas de diferentes materiales orgánicos.

### Comportamiento de la altura de las plantas

Al analizar el crecimiento en altura de las plantas de *C. antillanum* en diferentes



momentos de evaluación (Tabla 3), los mejores resultados se observan en el tratamiento 2 (Suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1), con diferencias significativas con los demás tratamientos: T<sub>1</sub> (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (Suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) y el T<sub>4</sub> – Control (Suelo/humus de lombriz en proporción 5:1).

Aunque se puede comprobar que con respecto a al T<sub>4</sub> – Control (Suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (Suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1), presentan resultados favorables.

**Tabla 3.** Comportamiento del crecimiento en altura de las plantas de *C. antillanum*.

Tratamientos/composición		Días de las mediciones			
		30	60	90	120
1	<i>C. antillanum</i> + <i>Glomus cubense</i> + proporción 9:1	12,36 <sup>c</sup>	14,82 <sup>c</sup>	16,35 <sup>c</sup>	24,12 <sup>c</sup>
2	<i>C. antillanum</i> + <i>Funnliformis mosseae</i> + proporción 9:1	14,01 <sup>a</sup>	17,45 <sup>a</sup>	19,83 <sup>a</sup>	29,56 <sup>a</sup>
3	<i>C. antillanum</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + proporción 9:1	13,6 <sup>b</sup>	15,92 <sup>b</sup>	17,55 <sup>b</sup>	27,43 <sup>b</sup>
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1)	8,46 <sup>d</sup>	11,04 <sup>d</sup>	14,32 <sup>d</sup>	19,74 <sup>d</sup>
E.E±		0,664*	0,692*	0,699*	0,9851*

\*Letras iguales en una misma columna no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ; E. E±= Error estándar.

Lo anterior pudo estar dado a la incorporación del biofertilizante que provocó un incremento en la absorción de los minerales del suelo y, entre ellos, el nitrógeno, el cual juega un papel fundamental como precursor del número de hojas, así como una mayor expansión foliar a causa de un mayor número y tamaño de las células, fenómeno que coincide con lo informado por Falcón, Rodríguez, y Rodríguez, et al [2015].

Por otra parte, fue afectado el crecimiento de las plantas cuando se desarrollaron sobre el sustrato compuesto por materia orgánica (estiércol vacuno) descompuesto en proporción 7:1 sin aplicación de micorriza, al mostrar los menores valores, lo cual se debió a que las raíces de las plantas no micorrizadas tienen menor alcance para absorber los nutrientes disponibles en el suelo. [Cable y Almaguer, 2013]

Estos resultados presentan tendencias similares con los indicados por Rodríguez [2010], donde encontró resultados favorables cuando aplicó la sepa *Glomus intraradices* en diferentes especies forestales: *Swietenia macrophylla* y *Albizia cubana* que se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas.

Estos incrementos están en correspondencia con los beneficios proporcionados por el hongo, al absorber mayor cantidad de nutrientes del suelo y agua, lo que le permite a las posturas mayor resistencia contra plagas y enfermedades, lo que coincide con Rodríguez, et al. [2015], quienes alcanzaron resultados similares en la especie *Swietenia macrophylla*.

### Comportamiento de diámetro en el cuello de la raíz de las plantas

En la Tabla 4, se observan los mejores resultados en el tratamiento 2 (suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1), con diferencias significativas con los demás tratamientos.

Aunque se puede comprobar que con respecto al T<sub>4</sub>-control (suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1), presentan resultados favorables.

**Tabla 4.** Diámetro en el cuello de la raíz de las plantas.

Tratamientos/composición		Días de las mediciones			
		30	60	90	120
1	<i>C. antillanum</i> + <i>Glomus cubense</i> + proporción 9:1	0,36 <sup>c</sup>	0,45 <sup>c</sup>	0,57 <sup>c</sup>	0,68 <sup>c</sup>
2	<i>C. antillanum</i> + <i>Funneliformis moseae</i> + proporción 9:1	0,48 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>
3	<i>C. antillanum</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + proporción 9:1	0,42 <sup>b</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,85 <sup>b</sup>
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1)	0,28 <sup>d</sup>	0,36 <sup>d</sup>	0,41 <sup>d</sup>	0,49 <sup>d</sup>
E.E±		0,0737*	0,0730*	0,0992*	0,0583*

\*Letras iguales en una misma columna no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ; E. E± = Error estándar.

Estos resultados pueden estar dados por la influencia que ejercen los diferentes nutrientes, como es el caso del nitrógeno,

elemento que favorece los distintos procesos fisiológicos que realizan las

plantas para su crecimiento y desarrollo. [Rodríguez, et al. 2016].

### Número de hojas (NH) de las plantas

Los mejores resultados se observan en el tratamiento 2 (suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1) que presentan diferencias significativas (Tabla 5).

Aunque se puede comprobar que con respecto al T<sub>4</sub>-control (suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1), presentan resultados favorables.

**Tabla 5.** Número de hojas (NH) de las plantas.

Tratamientos/composición		Días de las mediciones			
		30	60	90	120
1	<i>C. antillanum</i> + <i>Glomus cubense</i> + proporción 9:1	5 <sup>c</sup>	8 <sup>c</sup>	11 <sup>c</sup>	14 <sup>c</sup>
2	<i>C. antillanum</i> + <i>Funneliformis moseae</i> + proporción 9:1	9 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>
3	<i>C. antillanum</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + proporción 9:1	7 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>	16 <sup>b</sup>
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1)	4 <sup>d</sup>	7 <sup>d</sup>	10 <sup>d</sup>	12 <sup>d</sup>
E.E±		0,0716*	0,0621*	0,0522*	0,0487*

\*Letras iguales en una misma columna no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ; E. E±= Error estándar.

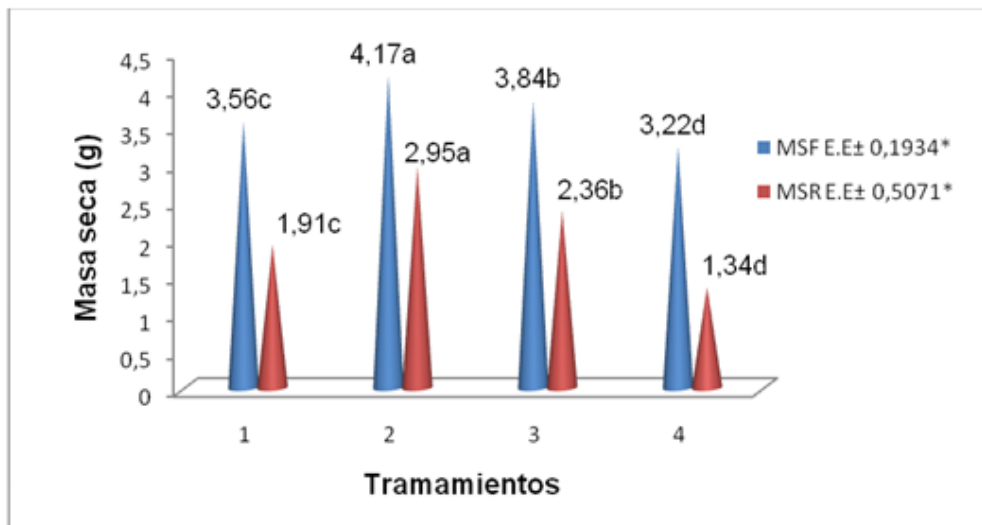
Por otra parte, estos resultados están en correspondencia con los beneficios que aportan los productos biológicos, donde le permite obtener a la planta mayor absorción de agua, de los nutrientes y mejor funcionamiento de los procesos fisiológicos, los que coinciden con Avarado y Raigosa [2012], al plantear que la interacción suelo-planta propicia mayor desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y muchas sustancias útiles.

### Masa seca foliar (MSF) y radical (MSR)

Los mejores resultados se observan en la figura 4, donde el tratamiento 2 (Suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1) presentó diferencias significativas.

Aunque se puede comprobar que, con respecto al T<sub>4</sub>-Control (Suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (Suelo/

*Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) presentan resultados favorables.



**Fig. 4.** Masa seca foliar (MSF) y radical (MSR) a los 120 días.

\*Letras iguales no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ; E.  $E \pm$  = Error estándar.

Los resultados coinciden con Falcón, Riera y Rodríguez [2013], al plantear que este atributo es muy importante porque el peso seco es una medida mucho más estable, aunque más costosa de realizar, lo que da la medida del contenido de nutrientes y minerales que pudo haber incorporado durante el proceso de desarrollo en el vivero.

Estos resultados están acordes con los obtenidos por González, et al. [2014], al plantear que el peso de las raíces es un parámetro utilizado con frecuencia para caracterizar la masa total de raíces y puede ser considerado como fundamental medida de almacenamiento de fotosintatos en las plantas, sin embargo,

no constituye un parámetro que garantice con precisión la cantidad de raíces absorbentes en el sustrato.

#### **Atributos simples relacionados con la morfología de la raíz en plantas de *C. antillanum* a los 120 días**

Los mejores resultados se observan en el tratamiento 2 (Suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1) Tabla 6, con diferencias significativas entre los demás tratamientos.

Aunque se puede comprobar que, con respecto al T<sub>4</sub>-control (suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (suelo/ *Glomus cubense*

en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (suelo/*Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) presentan resultados favorables.

**Tabla 6.** Atributos simples relacionados con la morfología de la raíz en plantas de *C. antillanum* a los 120 días.

Tratamientos/composición		Días de las mediciones			
		30	60	90	120
1	<i>C. antillanum</i> + <i>Glomus cubense</i> + proporción 9:1	29 <sup>c</sup>	19 <sup>c</sup>	84 <sup>c</sup>	113 <sup>c</sup>
2	<i>C. antillanum</i> + <i>Funniformis mosseae</i> + proporción 9:1	54 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	129 <sup>a</sup>	163 <sup>a</sup>
3	<i>C. antillanum</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + proporción 9:1	38 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	101 <sup>b</sup>	137 <sup>b</sup>
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1)	21 <sup>d</sup>	14 <sup>d</sup>	73 <sup>d</sup>	98 <sup>d</sup>
E.E±		0,314*	0,216*	0,398*	0,215*

Leyenda: LRP (Largo de la raíz principal), CRP (Cantidad de raíces primarias), CRS (Cantidad de raíces secundarias) y CRT (Cantidad de raíces totales).

\*Letras iguales en una misma columna no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ; E.E± = Error estándar.

El largo de la raíz principal es un indicador muy importante en la calidad de las posturas, al contribuir notablemente en la resistencia de las mismas contra factores adversos como los vientos y la transportación, además de aumentar la capacidad de exploración de las raíces, también las raíces secundarias absorben los nutrientes que se encuentran en el suelo para desarrollar sus procesos fisiológicos. [Falcón, Rodríguez, y Rodríguez 2015].

También Sigala [2013], corroboró que la aplicación de algunos productos orgánicos 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.

### Índices morfológicos en plantas de *C. antillanum* a los 120 días en vivero

Los mejores resultados se observan en la Tabla 7, donde el tratamiento 2 (suelo/ *Funneliformis moseae* en proporción 9:1) presentó diferencias significativas.

Aunque se puede comprobar que, con respecto al T<sub>4</sub>-Control (Suelo/humus de lombriz en proporción 5:1), los tratamientos (T<sub>1</sub> (suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T<sub>3</sub> (suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) presentan resultados favorables.

**Tabla 7.** Índices morfológicos en plantas de *C. antillanum* a los 120 días.

	Tratamientos/composición	RPA/PRP	H/D	QI	BAP
1	<i>C. antillanum</i> + <i>Glomus cubense</i> + proporción 9:1	1,65	35,47	0,73	3,33
2	<i>C. antillanum</i> + <i>Funnliformis mosseae</i> + proporción 9:1	1,22	30,47	0,84	1,35
3	<i>C. antillanum</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + proporción 9:1	1,48	32,27	0,78	2,16
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 5:1	1,88	40,29	0,49	5,23

En el caso de la relación Parte Aérea/Parte Radical (RPA/RPR) e índice de calidad de Dickson (QI), los mejores valores fueron obtenidos en el tratamiento dos por presentar las menores medias. Al tener valores inferiores de relación PA/PR indican una capacidad mayor para superar el momento crítico del arraigo. La gama de valores recomendados por diferentes autores es muy amplia; depende de múltiples circunstancias, sin embargo, Oliet [2000], aconseja valores entre 1.5 y 2 para esta relación ya que, a menor valor de esta relación, más favorecida está la absorción de agua frente a las pérdidas, lo cual es una condición para las zonas secas, indicando esta una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo.

Coincide con estos resultados en la RPA/RPR Falcón, Rodríguez y Rodríguez

[2015], al plantear que existe influencia sobre el equilibrio entre la parte aérea y parte radical en relación con el contenido de aire y agua del sustrato, donde deja claro que cuanto más alta es la relación PA/PR, más baja será la relación aire/agua en contacto con el sistema radical de la planta.

En relación con la esbeltez (H/D) e índice de calidad de Dickson (QI), los mejores resultados fueron obtenidos en presencia de la combinación de ambos productos (T<sub>2</sub>); se mostraron las mayores medias, de lo que se infiere que son plantas que presentan mayor resistencia mecánica durante las operaciones de plantación o fuertes vientos y que, por una parte, el desarrollo total de la planta es grande y que, al mismo tiempo, las fracciones



aéreas y radicales están equilibradas. [Oliet, 2000].

### Valoración Económica

La Tabla 8 refleja la valoración económica con la aplicación de diferentes cepas de

micorrizas, donde se realiza el análisis de costo de producción de una postura que arrojó mejores resultados en el tratamiento 2, al aplicarse (suelo/*Funeliformis moseae* en proporción 9:1) con 0,34 centavos, seguido del 3, con 0,36, el 1 con 0,37, con respecto al control que fue de 0,42.

**Tabla 8.** Análisis económico para la producción de plantas de *C. antillanum*.

Elementos	Gastos por fase de producción			
	Control	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
Materias primas y materiales	0,100	0,113	0,110	0,113
Sub. total (gastos de elaboración)	0,269	0,202	0,179	0,190
Otros gastos directos				
Gastos de la fuerza de trabajo	0,240	0,173	0,150	0,162
Salarios	0,160	0,150	0,130	0,140
Vacaciones	0,01	0,014	0,012	0,013
Contribución a social	0,02	0,002	0,002	0,002
Impuesto por la utilización de la fuerza de Trabajo.	0,04	0,008	0,007	0,007
Gastos indirectos de producción	0,01	0,01	0,01	0,01
Gastos generales y administración	0,01	0,01	0,01	0,01
Gastos en la de elaboración del proyecto	0,01	0,01	0,01	0,01
Subtotal de Gastos	0,40	0,34	0,32	0,33
Seguro Forestal	0,02	0,02	0,02	0,02
Costo tecnológico	0,42	0,37	0,34	0,36

En esta valoración, se tuvo en cuenta la disminución en cuanto a las atenciones silviculturales que se desarrollaron con la combinación de los productos ya que las plantas alcanzaron mayor crecimiento y desarrollo, lo que trajo consigo una reducción de fuerza de trabajo que repercute en el decrecimiento de los gastos por concepto de fuerza de trabajo y salario.

Nótese que los tratamientos, donde se aplicaron las diferentes cepas de micorrizas, arrojaron menores gastos que en el tratamiento control, aún cuando los gastos por conceptos de materias primas y materiales fueron mayores. Esto justifica las ventajas que brindan estas enmiendas para el crecimiento y desarrollo de esta especie.

A modo de conclusión los mejores resultados se obtuvieron en las variables

evaluadas: porcentaje de germinación (%), atributos morfológicos del tallo, del sistema radical e índices morfológicos de las plantas con la aplicación suelo/*Funneliformis mosseae* en proporción 9:1.

Las mejores variantes de los productos aplicados fueron: suelo/*Funneliformis mosseae* en proporción 9:1, suelo/*Glomus cubense* en proporción 9:1, suelo/*Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1, de acuerdo con el control.

La combinación donde se aplicó suelo/*Funneliformis mosseae* en proporción 9:1 es la más factible desde el punto de vista económico, con menor gasto total de \$ 0,34.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, P. y VARONA, J. C. *Silvicultura*". Editorial Pueblo y Educación, 2006.

AVARADO, A. Y RAIGOSA, J. *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales*. San José, Costa Rica: ACCS, 2012.

BELLEFONTAINE, R., GASTON, A., PETTRUCCI, Y. *Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales seches*. [en línea]. Rome, Italy: Cahier FAO, Conservation no. 32, FAO, 2007. [Consultado 18 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.virtualcentre/>

CABLES, O. Y ALMAGUER, F. *Alternativa saludable y económica para lograr una agricultura sostenible* [en línea]. 2013.

[Consultado 24 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.Losmicroorganismoseficientesocables@ucp.ho.rimed.cu>

CARRASCO, E. *Calculo de los índices económicos en las producciones agropecuarias*. Boletín de reseñas, 1992.

FALCÓN, E., RIERA, M. C. Y RODRÍGUEZ, O. Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. *Cultivos Tropicales*, 2013, **34** (3), 32-39.

FALCÓN, E., RODRÍGUEZ, O., RODRÍGUEZ, Y. Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (sw.) Fryxell (majagua). *Cultivos Tropicales*, 2015, **36** (4), 35-42.

FERNÁNDEZ, F. *Efecto del manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de café (Coffea arabica L.)*. [Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas, inédita]. INCA, 1999.

GONZÁLEZ, E. et al. Experiencias en la producción de plantas cultivadas en los viveros forestales en contenedores. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea]. 2014, **2** (2), 118-127. [Consultado 24 de mayo de 2016]. ISSN 2310-3469. Disponible en: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/81/259>

MINAG. *Manual de Interpretación de los Suelos y Fertilizantes*. Ciudad de la Habana: Editorial Científica Técnica, 1987.

NAVALL, M. *Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase* [en línea]. Proyecto Forestal Regional, Módulo Santiago del Estero. 2004. [Consultado 20 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/extensionforestal/viveroforestal.pdf>.

OLIET, J- A. *La calidad de la planta forestal en vivero*. España: Ed. (ETSIAM) Escuela Técnica superior de Ingenieros de Montes de Córdoba, 2000.

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

RODRÍGUEZ, Y. et al. Combinación de productos biológicos en vivero de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. *Revista CITMA "Hombre, Ciencia y Tecnología"*, 2015, **19** (4), 1-10.

RODRÍGUEZ, Y. et al. Efectos de FitoMas-E en los parámetros morfológicos de *Pinus cubensis* Griseb en condiciones de vivero. *Revista Hombre, Ciencia y Tecnología*, 2016, **20** (3), 8-15. ISSN: 1028-0871

RUEDA A. et al. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana Científica Forestal*, 2013, **5** (22), 73.

SIGALA, J. *Efecto del manejo y calidad de planta en vivero, en la supervivencia y crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en sitios de baja productividad*. [Tesis de Maestría en Ciencias Forestales]. Universidad Autónoma de Nueva León. México, 2013.

URQUIZA, N. *Sugieren manejo sostenible de tierras en Cuba*. [Consultado 23 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2011/12/21/sugieren-manejo-sostenible-de-tierras-en-cuba/>