

Alternativas agroecológicas en la producción de posturas de tres especies forestales en el municipio Aguada de Pasajeros

Agroecological alternatives in the production of seedlings of three tree species in the municipality of Aguada de Pasajeros

Marlene Ramírez González¹, José R. Mesa Reinaldo², Rafaela Soto Ortiz³

Resumen

El trabajo se desarrolló en condiciones semi-controladas, en una empresa del municipio Aguada de Pasajeros, durante el período de marzo del 2007 a agosto del 2009. Se evaluó el efecto de diferentes alternativas agroecológicas en la producción de posturas de las especies forestales Soplillo (*Lysiloma behanensis* L.), Yarúa (*Caesalpinia violácea*, (Mill.) standl) y Albizzia (*Albizia procera*, (Roxb.) Benth). Como material de siembra se utilizó semilla certificada de las especies estudiadas y como alternativas agroecológicas, *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa 34), la cepa *Glomus fasciculatum* de micorrizas y residuales de la producción de Torula. Las bolsas se llenaron con una mezcla de suelo del lugar y materia orgánica descompuesta. Se aplicaron los siguientes tratamientos: (1) Testigo, (2) Micorrizas, (3) *Trichoderma*, (4) *Trichoderma* + Micorrizas, (5) *Trichoderma* + agua residual, (6) Micorrizas + agua residual, (7) agua residual y (8) fertilización química. Se evaluó germinación y un grupo de Indicadores morfológicos. Se aplicó análisis de Varianza simple y prueba de Tukey para $p < 0,05$. Se registró un incremento de la germinación para la especie Soplillo, en los tratamientos 3, 5 y 7. Para las especies Yarúa y Albizzia, en los tratamientos 3 y 5. La aplicación al sustrato del residual, favoreció el crecimiento y desarrollo de Soplillo, Yarúa y Albizzia y mejora el efecto de *Trichoderma* y micorrizas, en aplicaciones combinadas con éste. Para Yarúa, se produjo adelanto en el momento de estar las posturas de trasplante con los tratamientos 3 y 4, mientras que para Soplillo y Albizzia, se registró en todas las alternativas evaluadas.

Palabras clave: Vivero, residual, crecimiento, combinación.

Abstract

The work takes place in semi-controlled conditions in an agricultural enterprise of the municipality of Aguada de Pasajeros, during the period from March 2007 to August 2009. The effect of different agro-ecological alternatives were evaluated in the production of seedlings of forest species Soplillo (*Lysiloma behanensis*, L.), Yarúa (*Caesalpinia violacea*, (Mill.) Standl) and Albizzia (*Albizia procera*, (Roxb.) Benth). As planting material was used certified seed of the species studied and as agroecological

¹ Delegación municipal MINAG Aguada de Pasajeros, Cuba.

² Departamento Tecnologías Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba. Email: jrmesa@ucf.edu.cu

³ CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba.

alternatives, *Trichoderma harzianum* Rifai (strain 34), the strain of mycorrhizal *Glomus fasciculatum* and wastewater from the production of *Torula*. The bags were filled with a mixture of soil at the site and organic matter. The following treatments were applied: (1) control, (2) mycorrhizae, (3) *Trichoderma*, (4) *Trichoderma* + mycorrhizae, (5) *Trichoderma* + wastewater (6) Micorrizas + wastewater, (7) wastewater and (8) chemical fertilization. Was evaluated germination and a group of morphological indicators. Was applied, analysis of variance simple and Tukey test for $p < 0.05$. Increased germination was recorded for the species Soplillo in treatments 3, 5 and 7; for Yarúa and Albizzia species, in treatments 3 and 5. The application of the wastewater to the substrate was recorded; it favored the growth and development of Soplillo, Yarúa and Albizzia and enhances the effect of *Trichoderma* and mycorrhizae, in combination with this application. To Yarúa, it came forward in time to be the positions of transplant treatments 3 and 4, while for Soplillo and Albizzia, was recorded in all the alternatives evaluated.

Keywords: Seedlinsnursery, residual, growth, combination.

Introducción

El proceso de deforestación ha ido en retroceso en Cuba, siendo uno de los pocos países, donde se obtienen resultados positivos en este empeño, con avances sustantivos en todo el territorio nacional, a partir del establecimiento de un proceso de reforestación sistemático casi desde el comienzo de la Revolución, que ha rendido frutos palpables en todos estos años (Cobas, et al., 2005), al extremo que ya en 2012, el 28,7 % de la superficie del país se encontraba cubierta por bosques (ONE, 2013).

La introducción de los árboles es una alternativa favorable en la restauración, el mantenimiento y la sostenibilidad de los recursos naturales en las áreas agrícolas. Estos ofrecen notables beneficios socioeconómicos y ecológicos. Por lo general, los árboles pueden ser el elemento de manejo eficaz para crear un microclima para la actividad de la fauna edáfica y lograr producciones de hojarasca que participen en el ciclo biogeoquímico de los nutrientes en el suelo (Lok, et al., 2006; Wencomo, 2006; Sánchez et al., 2008; citados por Sánchez et al., 2011).

El empleo en la reforestación de plantas de calidad asegurará en mayor medida el éxito de la misma. Dicha calidad viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar la postura en el momento de su plantación y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo. (Pardos & Montero, 1998).

La agricultura cubana ha transitado aceleradamente en los últimos años hacia un modelo de agricultura sostenible, de bajos insumos, que promueve el empleo de alternativas agroecológicas de nutrición. También promueve el uso de microorganismos, práctica agrícola que cada día cobra más fuerzas, no solo por su costo de producción sino por la posibilidad de fabricarse a partir de recursos locales renovables (Fernández, 2005; citado por Serbelló, et al., 2013).

En este sentido, son numerosos los trabajos realizados con el objetivo de mejorar o incrementar los rendimientos de los cultivos, que incluyen el aporte de fuentes de abonos orgánicos y la implementación de diferentes tipos de biofertilizantes, ambos con diversos usos (Vilches & Núñez, 2000; Suárez, et al., 2002; citados por Sánchez, Hernández & Ruz, 2011).

Según Dibut (2009), el término biofertilizante puede definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potencializadoras de diversos nutrientes. Se aplican a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos. Así se aumentan las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se realizan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen en el desarrollo y el rendimiento de los cultivos. Un bioestimulador se define como el producto que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas, previamente seleccionadas, las cuales se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas). Al interactuar dichas células con el sistema planta desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de cultivos económicos.

Mayea (1995), citado por Serbelló, Ortiz & Mesa (2013), señaló que los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un triple papel como suministradores de nutrientes, fitohormonas y antagonistas de hongos fitopatógenos.

En general, tanto en la agricultura convencional como en la sostenible, incluyendo la urbana, los bioestimuladores y los biofertilizantes han encontrado un espacio único, ya que mediante su aplicación se han logrado efectos beneficiosos sobre los cultivos en grandes superficies, incluyendo la producción de semillas (Medina, 2009).

Entre los principales microorganismos presentes en el suelo capaces de lograr este efecto se encuentran el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*, Rifai, del cual se ha comprobado su efecto como estimulador de crecimiento en numerosos cultivos y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Donoso, et al., 2008).

Algunas especies de *Trichoderma harzianum*, han sido reportadas como estimuladoras de crecimiento en numerosos cultivos hortícolas y plantas ornamentales desde la etapa de semillero (Pérez-Solís & Urbaneja, 2001). Serbelló, et al., (2013), citan su empleo como estimulador de crecimiento en el tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.), papa (*Solanum tuberosum*, L.) y en judía (*Phaseolus vulgaris*, L.). Cupull et al. (2000), reportan la evaluación de su efecto en posturas de café (*Coffea arábica*, L.); mientras que Cupull (2002), y Mesa, et al. (2006), lo reportan en la producción de posturas de fruta bomba (*Carica papaya*, L.).

Las micorrizas (HMA), son simbiosis obligados que se asocian con alrededor del 90 % de las familias de plantas, las mismas dependen de esta simbiosis para su crecimiento y desarrollo normal, ya que estos hongos le proporcionan nutrientes, agua y una resistencia contra patógenos a cambio de fotosintatos. (Smith & Read, 2008).

Por otra parte, Herrera-Pereza, et al. (2011), han demostrado que el uso de productos a base de HMA, desempeña un papel muy importante en la agricultura por su efecto sobre las plantas y los ecosistemas. Estos microorganismos participan en la traslocación de nutrientes presentes en el suelo y en la capacidad de aumentar la tolerancia de las plantas a los diferentes stress tanto bióticos como abióticos y los hongos micorrizógenos, a base del biopreparado Ecomic® constituyen en la actualidad el biofertilizante de mayor espectro de acción dentro de los agrobiológicos. Rivera, et al. (2009); citados por Sánchez, Hernández & Ruz (2011), exponen numerosos resultados que muestran los avances en el manejo efectivo de la inoculación en agroecosistemas tropicales en diferentes cultivos de importancia económica. Entre estos se encuentran el cultivo de granos, plátanos, raíces y tubérculos, hortalizas, posturas de cafeto y frutales,

pero no se encontraron referencias acerca del uso de las diferentes alternativas analizadas, en la producción de posturas de forestales.

Otra alternativa importante la constituye la utilización de fuentes orgánicas en los suelos a partir de restos o desechos de la Industria azucarera. Según Paneque (2005), la aplicación en el fertiriego de restos o desechos de la industria azucarera en Cuba, además de reportar resultados favorables en los rendimientos azucareros e importantes ahorros por concepto de sustitución de fertilizantes minerales, ha posibilitado una respuesta efectiva al problema de la contaminación por descarga de residuos. También señala que los residuales de torula por su baja toxicidad y alta carga de nutrientes para el suelo han sido estudiados en la fertirrigación en áreas cañeras como una vía económica para disponer de los mismos. Esta práctica también se usa en las aguas residuales de la industria azucarera.

El municipio Aguada de Pasajeros cuenta con los residuales de la fábrica de Levadura Torula ubicada en la Unidad empresarial de base (UEB) "Antonio Sánchez", que según la evaluación del Instituto nacional de recursos hidráulicos (INRH, 2006), son de naturaleza altamente agresiva y peligrosa para el medio ambiente debido a su pH con carácter ácido, conductividad eléctrica elevada, la presencia de gran cantidad de Nitrógeno y Fósforo, así como un alto contenido de materia orgánica, aplicándose desde hace varios años, en el fertiriego de plantaciones cañeras de la localidad con resultados satisfactorios, a partir de su dilución en el agua de riego, sin embargo no existen estudios que prueben su aplicación en los principales cultivos del territorio.

La reforestación, dirigida por la Empresa forestal integral (EFI), en el municipio Aguada de Pasajeros, ocupa un lugar destacado debido a las estrategias que ha establecido el gobierno cubano con tres objetivos fundamentales: la defensa, la protección del ambiente y la comercialización de madera y carbón (EFI, 2009). Dentro del territorio, entre las especies más cultivadas se encuentran: la Yarúa, el Soplillo y la Albizzia, las cuales poseen alto valor económico, así como fácil adaptabilidad a los suelos del mismo, pero se obtienen bajos porcentajes de germinación y crecimiento de las posturas en estas plantaciones.

Por otra parte, no se practica en los viveros forestales el uso de alternativas agroecológicas estimuladoras del crecimiento y desarrollo de estas especies. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las aguas residuales de la producción de torula, el biopreparado de *Trichoderma*, las micorrizas arbusculares y sus combinaciones, como alternativas agroecológicas sobre la germinación, desarrollo y calidad de las posturas de las tres especies forestales objeto de estudio.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el vivero forestal de la Unidad básica de producción cooperativa (UBPC) "Victoria" perteneciente a la UEB "Antonio Sánchez", con las especies Soplillo (*Lysilona behanensis*, L.), Yarúa (*Caesalpinia violácea*, L.) y Albizzia (*Albizia procera*, (Roxb.) Benth.), en el período comprendido del 5 de marzo del 2007 al 31 de agosto del 2009.

Para determinar el efecto de las alternativas evaluadas sobre las especies forestales en estudio, se desarrollaron tres experimentos con un diseño completamente aleatorizado, con ocho tratamientos y 33 repeticiones en cada uno de ellos. Se realizaron aplicaciones semanales de los productos evaluados, al sustrato de las bolsas.

Los tratamientos aplicados fueron las siguientes:

T1 - Testigo

T2 – Micorriza (pelletización).

T3 - *Trichoderma harzianum*. (60 mL x bolsa)

T4 - *Trichoderma harzianum* (60 mL x bolsa)+ Micorriza (pelletización).

T5 - *Trichoderma harzianum* (30 mL x bolsa)+ Agua residual (30 mL x bolsa).

T6 - Micorriza (pelletización) + Agua residual (60 mL x bolsa)

T7 - Agua residual (60 mL x bolsa).

T8 - Fertilización química.

Como fuente de micorrizas, se utilizó *EcoMic*®, inoculante producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas basado en hongos formadores de micorrizas arbusculares, cepa *Glomus fasciculatum*, con un grado de infectividad de no menos de 20 esporas por gramo de inoculante (INCA, 2008) y se aplicó al momento de la siembra de las semillas, según la metodología de pelletización a la semilla descrita por Paneque, et al. (2004).

En los tratamientos con *Trichoderma*, se empleó el hongo *Trichoderma harzianum*, Rifai cepa 34 producido en el CREE de la Empresa Pecuaria “Aguada” con una concentración de $3,0 \times 10^9$ ufc y viabilidad del 98 %, aplicando al sustrato de cada bolsa, la dosis planificada de una dilución de 20 g del hongo por litro de agua, siguiendo las recomendaciones de Mesa, et al. (2006).

Para la preparación del residual, se realizó una dilución de agua residual al 33 %, para controlar el pH a valores no perjudiciales para las plantas (en este caso pH=5,5), de acuerdo con los criterios de Paneque (2005).

Las características del agua residual, según Laboratorio de análisis (2008) se reflejan a continuación: pH: 4,3; N_2 y P_2O_5 152 y 23 $mg.L^{-1}$ respectivamente, H_2CO_3 :138 ppm x 10^6 y una conductividad eléctrica de $0,83 \text{ mmScm}^{-1}$.

Para la fertilización química (tratamiento 8), se siguieron las recomendaciones del Manual para viveros forestales (Álvarez, 2006). Se empleó como portador de Nitrógeno el Nitrato de Amonio en forma de solución a una proporción de 400 g por mochila, equivalente a 1,7 g por bolsa en cada aplicación, realizando una primera aplicación a los dos meses de la siembra y una segunda, dos meses después; como portador de fósforo y potasio, el Superfosfato Triple a razón de 1,0 g por bolsa unido al Cloruro de Potasio a una dosis de 0,6 g por bolsa. Ambos fertilizantes se mezclaron con el sustrato antes del llenado de las bolsas.

Para el llenado de las bolsas se utilizó una mezcla de suelo del lugar (Ferralitizado cálcico.) y materia orgánica (cachaza descompuesta) con las siguientes características según Laboratorio EPICA (2007): Porcentaje de materia orgánica: 3,15; pH: 6,0 y P_2O_5 y K_2O : 2,20 y 6,50 $mg.100g$ respectivamente. La mezcla se realizó en proporción 90 % de suelo y 10 % de materia orgánica, siguiendo los criterios de Álvarez & Varona (2009) para viveros forestales.

Como material de siembra se utilizaron semillas certificadas procedentes de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos, con los siguientes porcentajes de germinación: Soplillo 98 %, Yarúa 98 % y Albizzia 99%. Se depositaron dos semillas por bolsa y se les realizaron a las posturas, todas las atenciones culturales hasta el trasplante, previstas en el Manual para viveros forestales (Álvarez, 2006).

Para estudiar el efecto sobre la germinación, se evaluaron las siguientes variables

1. Inicio de la germinación (días).
2. Porcentaje de germinación hasta los 54 días (%).

Al momento de reunir las posturas los requisitos establecidos por Álvarez (2006) para el trasplante se les determinó:

1. Altura de la planta (cm).
2. Diámetro basal (mm)
3. Masa seca total (g).
4. Masa seca foliar (g).
5. Masa seca de la raíz (g).

A partir de las mediciones anteriores se calcularon los siguientes índices morfológicos:

1. Relación: Masa seca aérea/ Masa seca de la raíz. (PSA/PSR)
2. Índice de esbeltez (L/D) e Índice de calidad de Dickson (QI), utilizando las fórmulas propuestas por Cobas, Castillo & González (2005):

$$L/D = \frac{\text{Altura cm}}{\text{diámetro basal (mm)}}$$

$$QI = \frac{\text{Peso total (g)}}{\frac{\text{Longitud(cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} + \frac{\text{Peso parte aérea (g)}}{\text{Peso raíz (g)}}$$

Para la determinación de las masas aérea, radicular y total, se utilizó el método gravimétrico descrito por Guridi et al. (1987).

Análisis de datos

A la variable porcentaje de germinación se le realizó el análisis estadístico de comparación entre proporciones muestrales para $p < 0,05$, descritas por Lerch (1977). A la altura y diámetro basal de las posturas, así como a los indicadores relación masa seca aérea/ masa seca de la raíz, índice de esbeltez e índice de calidad de Dickson se les aplicó ANOVA de un factor, con dócima de Tukey, para $p < 0,05$ utilizando el paquete estadístico para Windows SPSS 2006, versión 15,0.

Resultados y discusión

Experimento 1: Cultivo del Soplillo.

Todos los tratamientos iniciaron su germinación a los 10 días lo que corrobora el tiempo de germinación señalado para esta especie por Álvarez (2006) (Tabla 1). En cuanto al porcentaje de germinación se observa como las aplicaciones de *Trichoderma*, residual, *Trichoderma* con residual, alcanzan los mayores valores y fueron superiores al testigo de forma significativa. Resultados similares con *Trichoderma* lo obtuvieron Cupull (2003) en café y Mesa, et al. (2006) en el cultivo de la fruta bomba, así como se corroboran los resultados obtenidos por Ramírez, et al. (2013), para esta especie, al ensayar la pregerminación con residual.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas.

Tratamiento	Inicio Germ. (días)	Germinación (%)
Testigo	10	63,6 b
Micorriza	10	78,8 ab
<i>Trichoderma</i>	10	98,0 a

<i>Trichoderma</i> + Micorriza	10	60,6 b
<i>Trichoderma</i> + Residual	10	90,9 a
Micorriza + Residual	10	62,4 b
Residual	10	98,0 a
Fertilizante Químico	10	67,9 b

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la dícima de comparación de proporciones muestrales.

La influencia de los tratamientos sobre el desarrollo y calidad de las posturas de Soplillo, en relación a la altura, el mejor comportamiento lo presenta *Trichoderma* con residual difiriendo significativamente del resto. El tratamiento con fertilizante químico no muestra diferencia significativa con el testigo tabla 2.

Al analizar la influencia de los tratamientos sobre el desarrollo y calidad de las posturas de Soplillo, (Tabla 4) se puede observar que con relación a la altura, el mejor comportamiento lo presenta *Trichoderma* con residual difiriendo significativamente del resto. El tratamiento con fertilizante químico no muestra diferencia significativa con el testigo.

En cuanto al diámetro del cuello presenta similar comportamiento al de la altura donde se destaca *Trichoderma* con residual la cual difiere del resto. Solo la aplicación de micorriza no presenta diferencia significativa con el testigo.

Al evaluar la relación PSA/PSR, todos los tratamientos presentan diferencia significativa con el testigo. El mejor comportamiento se observó para *Trichoderma*, *Trichoderma* con micorriza, *Trichoderma* + Residual, Residual y fertilizante químico. Estos resultados indican que serán las posturas que mejor preparadas están para resistir estrés hídrico ya que muestran la menor relación, corroborando lo planteado en la literatura referente a esta cualidad de la *Trichoderma* por Pérez-Solís & Urbaneja (2001), favoreciendo la absorción de agua frente a la transpiración.

Relacionado con la esbeltez se puede apreciar que se destacan las aplicaciones de *Trichoderma*, *Trichoderma* con micorriza y residual con los valores más bajos, difiriendo de micorriza y testigo.

Tabla 2. Indicadores morfológicos del Soplillo a las 9 semanas de inicio de la germinación.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro Basal (mm)	Relación PSA/PSR	Esbeltez L/D	Índice de Dickson Qi
Testigo	25,52 e	3,29 e	1,45 a	7,80 a	0,14 e
Micorriza	28,24 cd	3,64 de	1,37 b	7,73 a	0,49 bc
<i>Trichoderma</i>	31,60 b	4,60 bc	1,04 e	7,05 ab	0,51 b
<i>Trichoderma</i> + Micorriza	30,62 bc	4,54 bc	1,13 cd	6,73 b	0,45 cd
<i>Trichoderma</i> + Residual	39,79 a	5,71 a	1,05 de	6,77 b	0,61 a
Micorriza + Residual	28,00 d	4,13 cd	1,34 b	6,88 ab	0,39 d
Residual	32,79 b	4,88 b	1,09 de	6,70 b	0,48 bc
Fertilizante	27,90 de	4,07 cd	1,13 cd	6,85 ab	0,49 bc

Químico					
Es ±	0,300	0,068	0,011	0,070	0,010
CV (%)	1,38	23,25	14,45	14,42	30,22

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la prueba de Tukey

Al analizar el índice de calidad de Dickson se aprecia como los valores más elevados lo presentan las posturas donde se aplicó *Trichoderma* con residual, difiriendo estadísticamente del resto, lo que puede ser explicado por un aumento del desarrollo radicular también reportado por Donoso, Lobos & Rojas (2008). Esto permite a las plantas aprovechar el incremento en la disponibilidad de nutrientes. Chet (1993), citado por Serbelló, Soto & Mesa (2013), ha reportado que *T. harzianum* es capaz de producir sideróforos que quelatan Fe, Fe³⁺ y Cu²⁺, lo que genera un incremento en la altura y biomasa de las plantas.

El resto de los tratamientos, exceptuando al testigo, presentan valores numéricos altos por lo que siguiendo el criterio de Olet (2000), al parecer en estas alternativas las posturas están bien desarrolladas y al mismo tiempo las fracciones aéreas y radical están equilibradas.

Otro aspecto importante lo constituye el adelanto en el ciclo productivo. Según los resultados obtenidos en todos los tratamientos las posturas cumplieron con los requisitos para el trasplante a las 9 semanas, excepto el testigo (Tabla 4). Según Álvarez & Varona (2009), las posturas de Soplillo están aptas para el trasplante a las 12 semanas.

Experimento 2: Cultivo de la Yarúa.

Al evaluar el efecto sobre la germinación (Tabla 3), se observa que todos los tratamientos iniciaron su germinación a los 5 días lo que coincide con el tiempo obtenido para la especie por Álvarez y Varona (2009). Los resultados en el porcentaje de germinación muestran los mayores valores cuando se aplica *Trichoderma* y *Trichoderma* con residual, los cuales presentan diferencia significativa con el testigo pero no con el tratamiento donde se aplica residual; similares resultados se presentaron en el Soplillo. El resto de los tratamientos no presentan diferencia significativa con el testigo. Resultados similares fueron obtenidos por Ramírez, et al. (2013), al estudiar su pregerminación con residual.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de Yarúa.

Tratamiento	Inicio Germinación (días)	Germinación (%)
Testigo	5	75,4 bc
Micorriza	5	55,2 bc
<i>Trichoderma</i>	5	98,0 a
<i>Trichoderma</i> + Micorriza	5	52,1 c
<i>Trichoderma</i> + Residual	5	98,0 a
Micorriza + Residual	5	57,6 bc
Residual	5	89,7 ab
Fertilizante Químico	5	77,3 b

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la dócima de comparación de proporciones muestrales.

Al analizar la influencia de los tratamientos sobre el desarrollo y calidad de las posturas de la Yarúa (tabla 4), se muestra que con relación a la altura, la mejor respuesta se observó en el tratamiento donde se aplicó *Trichoderma*. No se observó diferencia significativa con el tratamiento con residual, lo que coincide con el efecto estimulador del crecimiento y desarrollo de las plantas, planteado por Galeano, Del Mar & Urbaneja (2003) de la *Trichoderma*. Resultados similares fueron obtenidos por INCA (2006) con este residual en caña. En los tratamientos Micorriza y *Trichoderma* con micorriza la altura no superó a la del testigo.

En cuanto al diámetro basal, se presenta una respuesta similar a la altura de las plantas, obteniendo los mayores valores el tratamiento donde se aplicó *Trichoderma*.

Al analizar la relación PSA/PSR se aprecia que la aplicación de micorriza y de *Trichoderma* con micorriza, alcanzan los valores más altos, lo que es negativo para las especies forestales, aspecto analizado en las especies anteriores.

Referente a la esbeltez, presenta la misma respuesta que la relación PSA/PSR donde los mayores valores se observan en la aplicación de micorriza y de *Trichoderma* con micorriza difiriendo del resto, indicador este también negativo para estas especies.

Tabla 4. Indicadores morfológicos de la Yarúa a las 11 semanas de inicio de la germinación.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Relación PSA/PSR	Esbeltez L/D	Índice de Dickson (Qi)
Testigo	25,40 c	3,44 c	1,20 b	6,79 c	0,17 b
Micorriza	18,40 d	2,20 d	1,35 a	11,12 a	0,07 b
<i>Trichoderma</i>	36,03 a	5,64 a	1,13 b	6,26 c	0,55 a
<i>Trichoderma</i> + Micorriza	17,50 d	2,25 d	1,41 a	8,05 b	0,08 b
<i>Trichoderma</i> + Residual	32,70 b	4,78 ab	1,17 b	6,81 c	0,52 a
Micorriza + Residual	27,91 c	4,64 ab	1,22 b	6,00 c	0,47 a
Residual	33,00 ab	5,05 ab	1,20 b	6,62 c	0,50 a
Fertilizante Químico	28,39 c	4,24 abc	1,15 b	6,70 c	0,51 a
Es ±	0,391	0,089	0,007	0,096	0,013
CV (%)	17,32	26,17	8,22	19,16	36,86

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la prueba de Tukey

En cuanto al índice de calidad, se observa diferencia significativa con relación al testigo en todas las alternativas aplicadas, con excepción de micorrizas y *Trichoderma* con micorriza, destacándose *Trichoderma* y *Trichoderma* con residual con los mayores valores. Similares resultados fueron obtenidos en el Soplillo. Al respecto Harman (2000), señala que el pH del suelo ejerce gran influencia sobre la *Trichoderma*, ya que condiciones ácidas favorecen la actividad de la misma. Serbelló et al. (2013), citan a numerosos autores (Mónaco, 1990; Chet, 1993 y Mesa, et al., 2006) que señalan que éste microorganismo ayuda a descomponer la materia orgánica haciendo que los

nutrientes se conviertan en formas asimilables para las planta. También plantean que estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en los mismos, debido al efecto que originan complejos enzimáticos secretados por este, que elongan las células vegetales.

Además se puede señalar que el tiempo, reportado por Betancourt (2000), para esta especie en el vivero, es de 17 semanas. Solo las alternativas: micorriza y *Trichoderma* con micorriza, además del testigo, no se encuentran aptas para el trasplante a las 11 semanas, lo que evidencia la efectividad de las alternativas evaluadas.

Experimento 3: Cultivo Albizzia.

La germinación en esta especie se inició a los 8 días (Tabla 5) lo que coincide con lo obtenido por Álvarez (2006) quién reporta un tiempo entre 8 y 10 días para la misma. En cuanto al porcentaje de germinación, los valores más elevados lo obtienen *Trichoderma*, *Trichoderma* con residual y residual, este último sin diferencia significativa con el testigo. Similar resultado fue obtenido por Ramírez, et al. (2013), en la pregerminación de la semilla de esta especie con residual, así como coincide con lo obtenido en este trabajo con la aplicación de *Trichoderma*, para el Soplillo y la Yarúa.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de Albizzia.

Tratamiento	Inicio Germinación (días)	Germinación (%)
Testigo	8	66,7 b
Micorriza	8	81,8 b
<i>Trichoderma</i>	8	98,3 a
<i>Trichoderma</i> + Micorriza	8	78,8 b
<i>Trichoderma</i> + Residual	8	98,5 a
Micorriza + Residual	8	69,7 b
Residual	8	89,4 ab
Fertilizante Químico	8	68,8 b

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la dícima de comparación de proporciones muestrales.

Al analizar la influencia de los tratamientos sobre el desarrollo y calidad de las posturas, se observa que la mayor altura se observó para *Trichoderma* con micorriza, sin diferencia significativa con las aplicaciones de *Trichoderma*, *Trichoderma* con residual y fertilizante químico. Todas las alternativas aplicadas superaron estadísticamente al testigo (Tabla 6).

Al analizar la influencia de los tratamientos sobre el desarrollo y calidad de las posturas, se observa que para la altura los valores más elevados los presenta la alternativa *Trichoderma* con micorriza, sin diferencia significativa con las aplicaciones de *Trichoderma*, *Trichoderma* con residual y fertilizante químico y que todas las alternativas aplicadas superan estadísticamente al testigo (Tabla 8).

En la evaluación del comportamiento del diámetro basal, se destacan los tratamientos donde se aplicó *Trichoderma* con residual, residual y fertilizante químico, los cuales presentan diferencia significativa con el resto y sólo la alternativa micorriza no presenta diferencia significativa con el testigo; similares resultados se observan en el Soplillo y la

Yarúa.

Los menores valores de la relación PSA/PSR se registraron que donde se aplicó *Trichoderma* con residual. Estos valores registraron diferencia significativa con el resto de los tratamientos, coincidiendo con los resultados obtenidos por Galeano, Del Mar y Urbaneja (2003). Estos autores refieren que a través de la simbiosis con este hongo las plantas son capaces de captar mayor cantidad de nutrientes y a su vez le proporcionan un equilibrio entre la parte aérea y la raíz proporcionándole una mayor tolerancia al estrés hídrico. En cuanto a la esbeltez no se observa diferencia significativa con el testigo.

En el índice de calidad de Dickson se aprecia que los tratamientos donde se aplicó *Trichoderma* con residual y residual alcanzaron los valores más elevados, con diferencia significativa con los restantes. Según Harman (2000), la *Trichoderma* en su proceso de multiplicación produce hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y desarrollo de las plantas. Paneque (2005); y Pérez (2009), obtuvieron resultados similares con la aplicación de residual en otras especies vegetales. El tratamiento donde se aplicó micorriza no registró diferencia significativa con el testigo.

Tabla 6. Indicadores morfológicos de la Albizzia a las 7 semanas de inicio de la germinación.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Relación PSA/PSR	Esbeltez L/D	Índice de calidad de Dickson Qi
Testigo	17,50 e	1.95 c	1,31 bc	8,46 c	0,12 d
Micorriza	26,15 d	1,96 c	1,20 de	12,45 a	0,10 d
Trichoderma	28,61 abc	2,70 b	2,09 a	10,67 b	0,16 c
Trichoderma + Micorriza	30,21 a	2,85 b	1,35 c	11,04 ab	0,17 c
Trichoderma + Residual	30,09 a	3,70 a	1,08 e	8,22 c	0,25 a
Micorriza + Residual	27,50 cd	2,81 b	1,35 c	8,55 c	0,15 c
Residual	27,69 bcd	3,46 a	1,22 cd	8,53 c	0,25 a
Fertilizante Químico	28,79 abc	3,46 a	1,88 b	8,90 c	0,21 b
Es ±	0,317	0,056	0,029	0,162	0,004
CV (%)	16,59	28,44	26,74	23,50	31,13

Letras iguales en las columnas no difieren para un nivel de significación de $p < 0,05$ para la prueba de Tukey

Según Álvarez (2006), está especie se debe encontrar lista para el trasplante entre las 13 y 17 semanas y como se puede observar, solo las posturas del testigo no están aptas para el trasplante a las 7 semanas.

Conclusiones

1. El porcentaje de germinación se incrementa para el Soplillo, con las aplicaciones de *Trichoderma*, residual y *Trichoderma* con residual. Para Yarúa y Albizia, con *Trichoderma* y *Trichoderma* con residual.
2. La aplicación al sustrato de una solución del residual de la producción de torula favorece el desarrollo y calidad de las posturas de Soplillo, Yarúa y Albizzia y mejora el efecto de *Trichoderma* y las micorrizas arbusculares, en aplicaciones combinadas con éste. Similar comportamiento se observa cuando se aplica al sustrato *Trichoderma*.
3. Para la Yarúa, se produce un adelanto en el momento de estar las posturas listas para el trasplante con *Trichoderma* y *Trichoderma* más Micorrizas, combinadas con residual. Para el Soplillo y Albizzia, con todas las alternativas evaluadas.

Referencias bibliográficas

Álvarez, P. A. (2006). *Manual de viveros forestales*. La Habana: Agrinfor.

Álvarez, P. A. y Varona, J. C. (2009). *Silvicultura*. La Habana: Félix Varela.

Betancourt, A. (2000). *Árboles maderables exóticos en Cuba*. La Habana: Científico Técnica.

Cobas, M.; Castillo, I. y González, E. (2008). Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw. cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Universidad de Pinar del Río, *CIGET Pinar del Río* Vol 3, No 1.-p 17-19.

Cupull, R. (2002). Efecto de *Trichoderma viride* y *Azotobacter choococum* en la estimulación y desarrollo de posturas de *Carica papaya*, L. *Revista Centro Agrícola* 29(4): 30-33.

Cupull, R., Sánchez, C., Ferrer, M., Cupull, M., & C. Pérez, C. (2000). Efecto de *Trichoderma*, *Azotobacter* y Micorrizas como agentes estimulantes y de control de *Rhizoctonia solani* en la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica*, L.). *Centro Agrícola* 27(4), pp. 23-28.

Cupull. (2003). Efecto de *Trichoderma*, *Azotobacter* y Micorrizas como agentes estimulantes y de control de *Rhizoctonia solani* en la producción de posturas de cafeto (*Coffea arábica* L). *Centro Agrícola*, 27(4), pp. 23-28.

Dibut, B. (2009). Papel de la rizosfera en la efectividad de los biofertilizantes microbianos. Conferencia en la Maestría de Ciencias del Suelo, Mención Biología del Suelo. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 110 p.

Donoso, E., Lobos, G., & Rojas, N. (2008). Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *BOSQUE* 29(1), pp. 52-57.

EFI. (2009). Empresa forestal integral Cienfuegos. Ficha de costo para la producción de semillas forestales en la UEB Forestal Aguada de Pasajeros. Informe técnico.

Galeano, M., Del Mar, L. L., & Urbaneja, A. (2003). Efecto de *Trichoderma Harzianum* T-22 sobre el cultivo de judía. *Agrícola Vergel*. Abril 2003. Ppp. 249-253

Guridi, F. (1987). *Manual de química inorgánica y analítica*. La Habana: Félix Varela.

Harman, G. E. (2000). Myths and Dogmas of bio control. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*. Pp. 377-393.

Herrera-Pereza, R. A., Hamel, C.; Fernández, F.; Ferrer, R. L. y Furrázola, E. (2011). Soil -Strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants. *Mycorrhiza*, 21(3), pp. 183-193.

INCA. (2006). Evaluación de la influencia de la aplicación de las aguas residuales de la Empresa "Antonio Sánchez" en el riego y fertilización de la caña, sobre las características químicas de los suelos y los rendimientos de la caña. Departamento de biofertilizantes y nutrición de las plantas. La Habana.

INCA. (2008). Certificado de calidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares, *EcoMic*®, cepa *Glomus fasciculatum*. Informe técnico.

INRH. (2006). Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Caracterización de los residuales de Torula. Laboratorio de Análisis y Servicios Técnicos. Cienfuegos. Pp. 2-3.

Medina, N. (2009). Presente y futuro de los biofertilizantes en Iberoamérica. Memorias XXIV RELAR y 1 IBEMPA. En: *Taller Biofertilizantes para la agricultura de Iberoamérica en el siglo XXI*. Red CYTED: Biofertilizantes biológicos para la agricultura y el medio ambiente (BIOFAG). Universidad de La Habana, Cuba.

Mesa, J. R., Gómez, J.; Rodríguez, O.; Parets, E. y Soto, R. (2006). Bioestimulantes y alternativas de nutrición para la producción de posturas de Fruta Bomba (*Carica papaya*, L). *Revista Centro Agrícola* 33(3). Pp.75-81.

Oliet, J. (2000). La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España.

ONE. (2013). Oficina Nacional de Estadística e Información. Anuario Estadístico de Cuba 2012. Edición 2013. *Statistical Yearbook of 2012*.

Paneque, V. (2005). Manual de Técnicas Analíticas para las aguas Residuales. Laboratorio de Análisis Químico. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. INCA.

Paneque, V. M., Calaña, J. M., & Plana, R. (2004). Producción de biofertilizantes y su utilización en la agricultura para la obtención de producciones más sanas y ecológicamente estables. Metodología para su introducción y validación. San José de las Lajas, La Habana.

Pardos, L., & Montero, R. (1998). Agencia de Medio Ambiente. Centro de información, divulgación y educación ambiental. Elementos metodológicos de prácticas de producción más limpias, alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. Documento de trabajo.

Perez, M. (2009). Activador fisiológico A-Cetas 07 y su empleo como revigorizador en plantas. Tesis en opción al título académico de Máster en Agroecología. Universidad de Cienfuegos.

Pérez-Solís, E., & Urbaneja, A. (2001). Trianum (*Trichoderma Harzianum*), promotor del crecimiento vegetal y nuevo agente de control biológico de enfermedades vegetales. *Agrícola Vergel*. Noviembre 2001.

Ramírez, M., Mesa, J.R., Soto, R., & Diaz, J.L. (2013). Pregerminación de semillas de cinco especies forestales con aguas residuales de la producción de torula. *Agroecosistemas*. Vol.1 No.2. pp. 104-112.

Sánchez, S.; Hernández, M. y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes* vol.34 no.4 Matanzas sep.-dic.

Serbelló, F.G., Soto, R. y Mesa, J.R. (2013). Efecto de Fitomas-E en la producción de posturas de papayo var Maradol roja en Cienfuegos. *Centro Agrícola*. 40(1). pp. 35-38.

Smith, S., & Read, D. (2008). Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza, en Mycorrhizal Symbiosis, *Academic Press* : London, pp.42-90.

Recibido: 13/02/2015
Aprobado: 28/05/2015