



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD AGROFORESTAL**

**Memoria escrita en opción al Título Académico de
Máster en Ciencias Forestales
Mención: Manejo de Bosques**

**TITULO: Dinámica de crecimiento en *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. con tres
cepas de micorrizas en fase de vivero**

Autor: Jorge Enmanuel Salgado Pérez

Guantánamo, 2021

“Año 63 de la Revolución”



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD AGROFORESTAL**

**Memoria escrita en opción al Título Académico de
Máster en Ciencias Forestales
Mención: Manejo de Bosques**

**TITULO: Dinámica de crecimiento en *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. con
diferentes cepas de micorrizas en fase de vivero**

Autor: Ing. Jorge Enmanuel Salgado Pérez

Tutora: Dra. C. Luz Margarita Figueredo Cardona

Guantánamo, 2021

“Año 63 de la Revolución”

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guardador y guía durante todos los años de mi vida.

- A mis padres y familia por haberme conducido con esfuerzo y dedicación por el camino del éxito.
- A mi esposa en especial con todo el amor que se merece y a los que hoy están presentes en mi vida por haber hecho realidad este sueño.
- A mi tutora la Dra. C. Luz Margarita Figueredo Cardona, al Dr. C. Yuris Rodríguez Matos y a mis profesores del Programa de Maestría en Ciencias Forestales de la Universidad de Guantánamo que con su esfuerzo y su ayuda han hecho posible la obtención de mi título académico de máster.

A todos muchas gracias

DEDICATORIA

Cuando realmente nos proponemos realizar nuestros sueños lo podemos lograr, pero nunca solos, siempre hay alguien que, de una forma u otra, nos ayudan a llegar, por eso dedico todo mi esfuerzo a:

- A Dios por darme vida, mostrarme el camino correcto y, sobre todo, por escogerme como su hijo.
- A mis padres y familia por traerme a la vida, enseñarme a ser fuerte ante las situaciones que se presenten y, sobre todo, por confiar en mí.
- A mi amada esposa por estar siempre a mi lado y, en los momentos más difíciles, brindarme amor y confianza.
- A todas las personas que han estado presentes en el cumplimiento de este sueño.

Para todos es este trabajo

RESUMEN

El trabajo se realizó en el vivero permanente "Santa María" de la Unidad Empresarial de Base Silvícola (UEBS) Guantánamo, perteneciente a la Empresa Agroforestal Guantánamo, en el periodo comprendido entre enero de 2019 a abril de 2021, con el objetivo de evaluar la dinámica de crecimiento de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. con tres cepas de micorrizas, en fase de vivero y la factibilidad práctica y económica de su aplicación. Los tratamientos que se utilizaron fueron: T₁- *Glomus cubense* + suelo/materia orgánica en proporción 9: 1, T₂- *Funneliformis mosseae* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1, T₃- *Rhizophagus intraradices* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1 y T₄- Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1), a través de un diseño completamente aleatorizado. Se utilizaron 100 plantas para cada tratamiento, evaluando 25 en cada uno de ellos, a los 30, 60, 90 y 120 días después de la germinación. Se empleó el paquete estadístico SPSS 15,0. Los resultados indicaron al T₃ con los mejores resultados en los parámetros e índices morfológicos. La dinámica del crecimiento en altura de la especie se puede describir mejor con el modelo expresado en la ecuación cúbica del tipo: $y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$. Se demostró la factibilidad práctica y económica de la aplicación de las micorrizas, siendo el T₃ el más factible económicamente, ya que los gastos totales fueron de \$ 0,20.

Palabras clave: biofertilizantes, vivero, *Swietenia mahagoni*, valoración económica

ABSTRACT

This research was carried out in the permanent nursery "Santa Maria" of the Business Unit of Silvicultural Base (UEBS) Guantanamo, belonging to the Guantanamo Agroforestry Company, between January of 2019 and April of 2020. The objective of this study was to evaluate the dynamic of growing of *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. with three different strains of mycorrhizae in the nursery stage and practical and economical factibility of it application. The treatments used were: T1- *Glomus cubense* + soil / organic matter in a 9: 1 ratio, T2- *Funneliformis mosseae* + Soil / organic matter in a 9: 1 ratio, *Rhizophagus intraradices* + soil / organic matter in a ratio of 9: 1 and T4 - Control (soil / organic matter in a 9: 1 ratio), through a completely randomized design. 100 plants were used for each treatment, evaluating 25 in each of them, at 30, 60, 90 and 120 days after germination. The statistical package SPSS 15,0 was used. The results indicated that T₃ has the best results in the morphological parameters and index. The dynamic of growing of specie can describe better with the model expressed in cubic equation $y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$. The practical and economical factibility of strains of mycorrhizae were demonstrated being T₃ the most economically feasible, since the total expenses are \$ 0.20.

Key words: biofertilizers, nursery, *Swietenia mahagoni*, economical valuation

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. TAXONOMÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>S. MAHAGONI</i> (L.) JACQ.	5
2.2. GENERALIDADES SOBRE VIVEROS FORESTALES	7
2.2.1. FUNCIONES DEL VIVERO FORESTAL	8
2.2.2. REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA CONFECCIÓN DE UN VIVERO	8
2.2.3. ENVASES UTILIZADOS EN LOS VIVEROS FORESTALES	10
2.3. CALIDAD DE LAS POSTURAS	11
2.3.1. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LAS POSTURAS	11
2.4. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS.....	12
2.4.1. GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.....	13
2.4.2. IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS	14
2.5. DINÁMICA DE CRECIMIENTO	15
2.5.1 <i>PARÁMETROS MORFOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE POSTURAS</i>	16
2.5.2 <i>ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE LAS PLANTAS</i>	18
2.6. MICORRIZAS.....	19
2.7. FACTIBILIDAD PRÁCTICA Y ECONÓMICA DEL USO DE LAS MICORRIZAS.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
3.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
3.3 METODOLOGÍA	29
3.3.1 <i>DISEÑO EXPERIMENTAL</i>	30
3.3.2 <i>DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS CEPAS DE MICORRIZAS</i>	32
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DEL TALLO	32
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DEL SISTEMA RADICAL	33
ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE LAS PLANTAS.....	33
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
3.5. DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. EFECTIVIDAD DE TRES CEPAS DE MICORRIZAS EN EL DESARROLLO DE <i>SWIETENIA MAHAGONI</i>	37
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE <i>SWIETENIA MAHAGONI</i>	53
4.3 EFECTIVIDAD PRÁCTICA Y ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE TRES CEPAS DE MICORRIZAS EN PLÁNTULAS DE <i>S. MAHAGONI</i>	57

V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

I. INTRODUCCIÓN

La protección y conservación de los bosques constituye uno de los elementos más importantes dentro de la gestión forestal sostenible, mucho más en las condiciones actuales, en que el cambio climático impone constantes retos. Se prevee un aumento de la temperatura media del planeta de 0.74 °C en los últimos 100 años y se proyecta que pueda alcanzar los 4.3 ± 0.7 °C en el 2100 (Stocker *et al.*, 2013). Estas cifras son significativas y obliga a aplicar métodos más efectivos en los procesos de reforestación.

Los bosques tropicales albergan más del 90 % de las especies de árboles (Beech *et al.*, 2017), almacenan la mitad del carbono forestal, secuestran un tercio de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Pan *et al.*, 2011). Sin embargo, hasta 8 millones de hectáreas por año entre 1900-2010 se han destruido (Achard *et al.*, 2014), tasas alarmantes que han crecido 10 años después, con graves consecuencias para la gestión de los recursos madereros en las regiones tropicales (Goodman y Herold, 2014).

Las especies forestales, constituyen cultivos de gran importancia económica y ecosistémica, por ser fuentes de materia prima para el sector maderero, que posee de forma sostenida elevados precios en el mercado por sus aplicaciones. Entre las más comunes, la fabricación de muebles, papel, barcos, útiles del hogar, construcción, embalajes de equipos, producción de aceites, fármacos, así como la reforestación que tiene relevancia en la remoción y retención de carbono atmosférico y la producción de oxígeno para mejorar el medio ambiente y mitigar el cambio climático (Álvarez, 2012).

La explotación de especies forestales está mayoritariamente considerada en el Cuba como bosques protectores y de conservación, donde no se permite o se limita rigurosamente el aprovechamiento. Las actividades forestales responden a

objetivos productivos asociados a las especies capaces de satisfacerlos, con orden de prioridad según Álvarez (2000) y Labaut *et al.* (2001)

El creciente consumo de madera y sus derivados conducen a la búsqueda de nuevas tecnologías como alternativa para el establecimiento de bosques cada vez más productivos. El aumento del consumo de productos forestales obliga a fortalecer los programas de reforestación, especies forestales de alta productividad que permitan un ciclo de corte relativamente corto, asociado a las buenas características silviculturales (Santos, 2000).

Teniendo en cuenta lo antes planteado, la política forestal de Cuba se dirige a la utilización con mayor intensidad y racionalidad los bienes y servicios que brindan los bosques, contribuyendo a la creciente satisfacción de las necesidades de la población y los requerimientos de la economía nacional (Minagri, 2006). Se promueve el empleo de especies arbóreas nativas, salvaguardando con ello la diversidad biológica y los recursos genéticos de este importante componente de la flora cubana, sin que ello implique la exclusión del uso de especies introducidas, cuando las condiciones ambientales o los objetivos económicos así lo recomiendan (Linares *et al.*, 2011).

Una de las etapas más importantes, en cualquier programa de reforestación y para el establecimiento de plantaciones forestales, es la producción de plantas en vivero (Reyes y Aldrete, 2005); donde lo más importante es la calidad de las posturas (Albuquerque, 2008). En estos, deben cumplirse los requisitos mínimos que garanticen la supervivencia de las plántulas (Álvarez y Varona, 2006).

En la producción de posturas, básicamente, son necesarios el sustrato, el recipiente para acondicionarlo, el fertilizante y la irrigación (Bernardino *et al.*, 2005). También pueden aplicarse bioproductos orgánicos para optimizar la producción de diferentes especies con el objetivo de obtener plántulas de alta calidad y lograr 100% de supervivencia (Moreno, 2002).

La aplicación de bioestimuladores y los biofertilizantes proporcionan efectos beneficiosos sobre los cultivos y plantaciones, en grandes superficies, incluyendo la producción de semillas (Medina, 2009). Los biofertilizantes son preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potencializadoras de diversos nutrientes. Los mismos se aplican a las semillas o al suelo para incrementar el número de microorganismos y acelerar los procesos microbianos. De esta manera, se aumentan los nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas y se agilizan los procesos fisiológicos que influyen en el desarrollo y el rendimiento de los cultivos y plantaciones (Dibut, 2009).

En este proceso, también se utilizan los hongos micorrízicos arbusculares, los cuales favorecen la absorción de nitrógeno a través de efectos indirectos y de su relación con otros microorganismos del suelo (Falcón, 2015). También pueden asimilar fósforo a través de las hifas y las raicillas infectadas de la planta por el hongo, son capaces de tomar el fósforo del suelo en varias formas y transferirlo a las plantas (Rivera *et al.*, 2006).

La utilización de micorrizas, no solo es beneficioso e influye en el desarrollo de las plantas, sino que es económicamente factible bajo condiciones de vivero (Rivera, 2006; Falcón, 2015). De ahí que en la producción de especies de maderas preciosas sea de gran utilidad. Tal es el caso de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (Caoba del país), de alto valor económico por los múltiples usos.

Swietenia mahagoni no solo es útil por su madera; sino también por el aporte de productos forestales no madereros. En Cuba, esta especie se reconoce por su valor para la construcción de muebles, viviendas y objetos artesanales, motivo por el cual han disminuido sus poblaciones. Es por ello, que en muchas áreas protegidas se ha considerado un objeto de conservación, fundamentalmente en Ciénaga de Zapata y la Sierra de Cubitas por (Kirkconnell *et al.*, 2005) y (Díaz *et al.*, 2006), respectivamente; también en Santiago de Cuba (Figueredo *et al.*, 2008; Castell *et al.*, 2013).

La importancia económica y la utilidad de especies forestales como *Swietenia mahagoni*, motiva a aplicar diferentes tecnologías de producción de sus posturas que incentiven su rápido desarrollo, a menor costo, y, por consiguiente, su empleo en la reforestación y la plantación. Esto, a su vez, incentiva el estudio de la aplicación de micorrizas en este proceso, a partir del análisis de diferentes parámetros que ilustren su dinámica de crecimiento.

Problema

¿Qué cambios pueden esperarse en la dinámica de crecimiento de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. cuando se propaga con diferentes cepas de micorrizas, en fase de vivero?

Objeto de estudio

La dinámica de crecimiento en *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., en fase de vivero.

Hipótesis

La factibilidad práctica y económica de la aplicación de micorrizas en el desarrollo de *Swietenia mahagoni* está determinada por un menor tiempo de estancia de las posturas en el vivero, lo cual se puede demostrar con los valores de las parámetros e índices morfológicos que explican la dinámica de su crecimiento.

Objetivo general

Evaluar la dinámica de crecimiento de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. con tres cepas de micorrizas, en fase de vivero y la factibilidad práctica y económica de su aplicación.

Objetivos específicos

1. Comprobar la efectividad de tres cepas de micorrizas en el desarrollo de *Swietenia mahagoni*.
2. Describir la dinámica del crecimiento de *Swietenia mahagoni*, en condiciones de vivero.
3. Determinar la factibilidad práctica y económica de la aplicación de tres cepas de micorrizas en el desarrollo de *Swietenia mahagoni*.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Taxonomía y características generales de *S. mahagoni* (L.) Jacq.

Clasificación taxonómica, según Betancourt (2000):

Clase: Magonoliopsida

Familia: Meliaceae

Nombre Científico: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq

Nombre Común: Caoba del país

Betancourt (2000) plantearon que es de gran importancia reconocer las diferentes variables, para reconocer el desarrollo de la especie: árbol de mediano a grande, que puede alcanzar hasta 25 m de altura y 2 m de diámetro. La copa es amplia y con ramas gruesas cuando crece aisladamente. Su crecimiento es generalmente lento, pierde sus hojas entre los meses de febrero a marzo, además deja claro sus diferentes partes:

Corteza: es parda oscura, con lenticelas pequeñas en árboles jóvenes y hendiduras más o menos profundas en árboles viejos; se desprende en forma de escamas o placas más largas que anchas. Florece de marzo a mayo y sus frutos maduran de enero a abril.

Hojas: compuestas, alternas, generalmente paripinnadas, de 10 a 30 cm de largo; de dos a cinco pares de folíolos, opuestos o subopuestos, inequiláteros, de 2,5 a 7 cm de largo y de 1,3 a 3,5 cm de ancho, lanceolados a aovados, acuminados a obtusos en el ápice, peciolados y de brillante color verde pardusco, coriáceos.

Flores: hermafroditas; en panículas axilares, de 6 a 15 cm; cáliz de 2 mm de ancho con lóbulos suborbiculares; corola de 8 a 9 mm de ancho con pétalos oblongo-aovados.

Frutos: cápsulas, leñosas, erectas, ovoides, o piriformes, de 6 a 10 cm de largo; sostenidas por un pedúnculo leñoso de 4 a 6 mm. Cada fruto contiene de 50 a 60, rojo parduscas; 10 000 ó 12 000 de estas pesan un kilogramo. La germinación comienza entre los siete y doce días y alcanzan un poder germinativo del 70 %; las posturas permanecen en el vivero de cuatro a cinco meses antes de ser plantadas definitivamente. Regeneran bien naturalmente en lugares despejados.

Distribución: es una especie nativa de Cuba e Isla de la Juventud, Jamaica, Haití y Santo Domingo, Bahamas y sur de Florida (Betancourt, 1983). Su areal de distribución se encuentra limitada principalmente por la temperatura y no se desarrolla donde esta esté por debajo de los 22 °C, por lo que se considera una especie magaterma o termófila; se encuentra con mayor frecuencia en lugares donde la temperatura media es de 25 a 26 °C. Por esta misma razón, prefiere zonas llanas y su frecuencia disminuye a medida que aumenta la altura.

Condiciones de hábitat: puede considerarse una especie heliófila, aunque tolera cierta sombra lateral, lo que es conveniente para su desarrollo. En Pinar del Río e Isla de la Juventud, no se encuentra por encima de los 350 m sobre el nivel del mar. En las montañas de la región central sólo crece hasta los 500 m y en las de la región oriental sólo hasta los 600 m sobre el nivel del mar; excepto en la zona de Montecristo, en Guantánamo, donde se encuentra hasta los 800m.

Exigencias ecológicas: desde el punto de vista edáfico, muestra una notable amplitud ecológica, pues se desarrolla sobre distintos tipos de suelos, desde rojos secantes hasta suelos con mal drenaje y parcialmente inundados; no obstante, se encuentra más frecuentemente en los bosques semicaducifolios sobre suelos calizos.

Madera y sus usos: el duramen es amplio, rojo oscuro, que varía hasta amarillento; la albura bien diferenciada. Los anillos de crecimiento no se observan con nitidez; la textura es fina, grano recto u ondulado; es dura, muy durable, pesa de 700 a 850 kg/m³; presenta magníficas propiedades tecnológicas y resulta fácil

de secar, tanto al aire como en horno, sin que sufra deformaciones como el alabeo y el agrietado. Es una de las maderas más valiosas del mundo y de Cuba. Se utiliza en muebles finos, cajas de radio, objetos torneados, decorados interiores, marcos de puertas, ebanistería, pisos y chapas, entre otras aplicaciones.

Esta especie no solo se utiliza para crear plantaciones para el aprovechamiento de su madera, sino que es recomendable para reforestar fajas hidrorreguladoras, en sistemas agroforestales y silvopastoriles y en el enriquecimiento forestal (Jiménez, 2006). Estas constituyen muy empleadas en las Fincas Forestales Integrales. Esta planta se encuentra entre las forestales que ocupan los mayores volúmenes productivos de la empresa nacional forestal con un balance económico y de rendimiento favorable y una alta tasa de supervivencia de las poblaciones en el campo (Álvarez, 2012).

También es conocida por sus propiedades medicinales. Prasad *et al.* (2010) demostraron su actividad antioxidante y antidiabético, con extractos de su corteza; Sahgal *et al.* (2009) los obtuvieron de sus semillas. Se ha demostrado que el aceite de la semilla es una nueva fuente para la producción de biodiesel (Ram *et al.*, 2016). A nivel mundial, es considerada una planta medicinal ampliamente utilizada como antimicrobiano, antiinflamatorio, antimutagénico, anticancerígeno, antitumoral y antidiabético. Sus flavonoides tienen actividad antioxidante, por lo que es efectiva en el tratamiento de enfermedades degenerativas causadas por radicales libres en el organismo (Fadhillah *et al.*, 2019).

2.2. Generalidades sobre viveros forestales

Los viveros forestales son el punto de partida de un cambio necesario para revertir la degradación de los recursos naturales. El mismo es el lugar en el que se cultivan plantas hasta que estén listas para ser plantadas (Navall, 2004 citado por Lopes *et al.*, 2011). Díaz (2004) explica que es el sitio donde nacen y se crían las plantas forestales, permaneciendo el tiempo necesario para lograr la altura y el vigor indispensables para llevarlas al sitio definitivo de la reforestación. También

hay autores que define como superficie dedicada a la producción de planta de especies forestales cuyo destino sea la repoblación forestal.

La producción de planta en vivero es una de las etapas más importantes en cualquier programa de reforestación y para el establecimiento de plantaciones forestales, ya que en este proceso se inicia el desarrollo de las plántulas. Dentro del proceso de producción de planta en vivero es necesario contar con una base sólida en la producción y calidad de plantas, ya que de ésta, dependerá en muchas ocasiones el éxito o el fracaso de las plantaciones que se establezcan (Reyes, 2005).

2.2.1. Funciones del vivero forestal

Reyes (2005) plantea que el vivero cumple importantes funciones en la cadena de actividades del establecimiento de plantaciones forestales, pues es el lugar especializado en que se produce el material plantable, ya sea que este material proceda de semillas en cuyo caso se obtienen posturas y otros materiales, o bien que se usen propágulos diversos.

Según Albuquerque (2008) el objetivo más importante de un responsable por un vivero es el de producir árboles de buena calidad. La calidad es más importante que la cantidad. La calidad de las plantas que salen del vivero es la base del suceso de una plantación. Es importante no olvidar que la plantación de árboles medíocres dará siempre origen a plantaciones medíocres. De forma general, la función principal del vivero es reproducir posturas de calidad según el objetivo para el cual estén destinadas (Agrinfor, 2003).

2.2.2. Requisitos mínimos para la confección de un vivero

Para la confección de un vivero se deben tener diferentes requisitos mínimos, según Álvarez y Varona (2006):

- Debe tener suficiente área
- Clima y suelo apropiado

- Vía de acceso
- Fuente de abasto de agua en cantidad y calidad
- Fuerza de trabajo disponible
- Solución económica para cualquier factor adverso
- El pH adecuado según la especie
- Relieve (Pendiente admisible de 1,0 hasta 2,2% en canteros y hasta 2,0 de pendiente general).

Los mismos autores plantean que para la producción de posturas con cepellón existen diferentes ventajas:

- Generalmente presentan mayor supervivencia en las plantaciones.
- La época de plantación es menos dependiente del tiempo reinante en los días posteriores.
- Mayor rapidez de desarrollo.

Viveros pequeños, medianos y grandes.

Acosta y Timujín (1978), citado por Álvarez y Varona (1998), plantean que atendiendo a las dimensiones, los viveros forestales se clasifican en:

- Pequeños hasta 1 hectáreas
- Medianos de 1 a 5 hectáreas
- Grandes más 5 hectáreas.

También plantean los mismos autores que los viveros más grandes, de 5 hectáreas son la base de suministro de material de plantación a empresas forestales y figuran como empresas independientes, que utilizan amplia

mecanización de los procesos y una tecnología avanzada. Tales viveros se denominan viveros de base permanentes.

Álvarez y Varona (2006), plantean que para instalar un vivero deben tener en cuenta diferentes características:

- Facilidad para mecanizar el vivero: fácil acceso y topografía suave y terreno bien drenado.
- Altitud no superior a 1 200 m en el Norte y a 1 600 m en el sur, para evitar los riesgos de heladas intensas y que el periodo vegetativo sea demasiado corto. Es aconsejable que los viveros estén situados a mayor altitud que las zonas a repoblar porque producen planta más endurecida.
- Disponibilidad de agua en la cantidad y calidad suficientes, dependiendo la calidad del clima de la estación, capacidad de retención de agua del suelo, superficie del vivero, planta a producir y normas de cultivo y en cuanto a su calidad que no sea ni muy caliza ni muy salina.

2.2.3. Envases utilizados en los viveros forestales

Un contenedor es un envase más o menos grande, con ciertas características constructivas especiales donde se realiza el cultivo de una planta forestal. La mayoría de las características de diseño de los envases busca el desarrollo de un buen sistema radical y de su protección hasta su puesta en el terreno.

Otras características son operacionales y se refieren a condiciones económicas y al manejo tanto en el vivero como en plantación. La primera función de cualquier contenedor es sostener una cierta cantidad de medios de cultivos el cual aporta a las raíces agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico; mientras se encuentra en el vivero la planta (Pañuelas y Ocaña, 2000).

Según Domínguez (1997) citado por Cobas (2001), plantea que existen diferentes envases y contenedores modernos en los que se cultivaran las plantas, que son de gran importancia para lograr una planta de buena calidad.

2.3. Calidad de las posturas

La producción de posturas con calidad superior es el resultado de la conjugación de la utilización de materiales genéticos, adaptados al sitio de producción, y del manejo de las posturas en vivero, durante su ciclo (Davide y Faria, 2008).

En la producción de posturas, básicamente, son necesarios el sustrato, el recipiente para acondicionarlo, el fertilizante y la irrigación. Las posturas deben ser seleccionadas, de calidad, capaces de resistir las adversidades ambientales y de bajo costo, con el fin de asegurar el éxito de la producción del futuro asentamiento forestal. Las líneas de la investigación se centraron con el fin de las técnicas de producción de posturas, análisis de diferentes tipos de recipientes y sustratos, para los tipos y dosis de fertilización, y los métodos de propagación de especies forestales (Bernardino *et al.*, 2005).

La necesidad de producir posturas en áreas bien definidas, con características específicas y controladas, se debe al hecho de que estas son generalmente frágiles, lo que requieren protección inicial y manejos especiales, a fin de obtenerse mayor uniformidad de desarrollo, tanto de la parte aérea como radical, promoviendo un endurecimiento tal que, después de la plantación, permitirá que estas resistan las condiciones adversas encontradas (Gomes *et al.*, 2001).

2.3.1. Importancia de la calidad de las posturas

La producción de posturas forestales, en calidad y cantidad, es una de las fases más importantes para el establecimiento de buenas posturas forestales, principalmente aquellas destinadas a la recuperación de áreas degradadas. Con este fin, varios estudios científicos han sido realizados con el objetivo de mejorar la calidad de las posturas, garantizando buena adaptación y crecimiento después de la plantación (Favalessa, 2011).

Para el suceso en la producción de posturas de calidad es necesario que la parte aérea y el sistema radicular estén bien formados y en buen estado nutricional, el que irá reflejarse en alta tasa de sobrevivencia y crecimiento en el campo, aumento en el poder de competición con la vegetación espontánea, reducción en la frecuencia de limpieza y consecuentemente reducción en los costos (Fonseca, 2005). La formación de posturas más vigorosas permite mayor chance de suceso en el establecimiento, bien como maximiza su crecimiento para disminuir el tiempo de trasplante para el campo (Lima *et al.*, 2008).

Carneiro (1995) define que los criterios para la clasificación de la calidad de posturas, se basan fundamentalmente en aumentar el porcentaje de sobrevivencia de las plantas después de la plantación y disminuir la frecuencia de los tratamientos silviculturales a la población recién plantada. El estándar de calidad de las posturas varía entre las especies, y en una misma especie, entre sitios. El objetivo es llegar a una calidad en que las posturas presenten características que puedan ofrecer resistencia a las condiciones adversas, por lo que la plantación debe efectuarse en un período de condiciones favorables.

De esa forma, se busca la utilización de instrumentos más precisos, con el fin de asegurar el traslado de las posturas con mismo estándar de crecimiento y desarrollo, de modo que no sigan para el campo posturas prematura y, por otro lado, no sea retardada la salida de posturas que ya están desarrolladas (Reis *et al.*, 2008).

2.4. Clasificación de materiales orgánicos

Disímiles prácticas pueden emplearse para lograr el nivel de fertilidad deseado o requerido para el buen desarrollo de los cultivos y a su vez para la producción de biomasa. Gran parte está basado en el uso de fuentes de materia orgánica disponible y su reciclaje, garantizando que muchos nutrientes regresen al suelo directamente o después de haber sido utilizados por los animales o el hombre (Funes, 2004).

La producción orgánica es un tema en el que se ha venido incursionando en los últimos años, que tiene como base fundamental un cambio en la Estrategia ambiental cubana, perfiladas hacia una armonía entre economía, ecología y sociedad (Nova, 2006).

El sustrato como componente esencial de la tecnología, debe confeccionarse sobre la base de materiales de fácil adquisición en cualquier territorio del País, que permita obtener posturas sanas de alta calidad y con adecuado nivel de rentabilidad (Peña, 2007).

2.4.1. Generalidades de los abonos orgánicos

Desde tiempos remotos, los campesinos relacionan los estiércoles, las hojas podridas incluso, basura de la casa con los abonos orgánicos, esto es correcto pero subrayando que estos materiales biodegradables deben ser transformados por la acción de microorganismos y del trabajo del ser humano (Rodríguez *et al.*, 2007).

La práctica de biofertilización o fertilización biológica se divide en dos aspectos: a) la adición al suelo de restos de materia orgánica a través de abonos orgánicos, aguas residuales, biosólidos, residuos animales (estiércoles) y vegetales, composta, vermicomposta, entre otros y b) la inoculación de bioinoculantes, conformados por microorganismos (hongos y bacterias) que colonizan el sistema radical de las plantas con potencial biofertilizante (Aguado, 2012). Los estiércoles tienen el potencial de ser utilizados como una fuente económica de nutrientes y de gran eficiencia en la nutrición de los cultivos, aunque según sus procedencias, muestran grandes diferencias en cuanto a los nutrientes que contiene.

El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de orígenes vegetales, animales o mixtos. Tiene la capacidad de mejorar la fertilidad de los suelos y por ende la producción y productividad de los cultivos (Rodríguez, 2003).

Companiononi (2003) plantea que es de gran importancia conocer los componentes imprescindibles en el proceso de elaboración de abonos orgánicos, los tipos de abonos orgánicos, ventajas de los mismos, ventajas de su efecto sobre el suelo, las cosechas y los alimentos para alcanzar un desarrollo sostenible.

2.4.2. Importancia de los abonos orgánicos

Durante muchos años, los abonos orgánicos fueron las únicas fuentes utilizadas para mejorar la fertilidad de los suelos, primero en su forma simple (residuos de cosechas, restrojos y residuos de animales) y después en su forma más elaborada (estiércol, compost) (Suárez *et al.*, 2002 citado por Sánchez, 2016).

En los últimos años se han generalizado la utilización de los abonos orgánicos, por los beneficios que le reportan al cultivo y al suelo (Rodríguez, 2001). Es por eso, que varios organismos del estado e instituciones de investigación han dedicado esfuerzo para establecer los principios técnicos y prácticos para que esos abonos se conviertan en la base para el desarrollo de la agricultura.

El Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2001) informa que los abonos orgánicos mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, además de mejorar la capacidad de intercambio catiónico. En el documento se explica que el contenido de materia orgánica de los suelos es bajo, presentando valores desde 0,2% en suelos desérticos; en regiones templadas el nivel de materia orgánica varía entre 0,4 y 10% de valores de 3 y 4% en regiones húmedas de 1 a 3% en regiones semiáridas.

Con el desarrollo de la ciencia se pudo profundizar en las innumerables cualidades que poseen los abonos orgánicos. Ellos reportan grandes beneficios sobre las nutriciones de las plantas porque mejoran directamente las propiedades físicas del suelo, que conduce a una mejor retención de agua y los nutrientes (Machuca, 2004). La materia orgánica incorporada en forma adecuada al suelo, representa una estrategia básica para mantener su fertilidad y darle vida, ya que sirve de alimento a todos los organismos que viven en el sustrato, y beneficia el

crecimiento y desarrollo de las plantas (Cuadra *et al.*, 2003 citado por Sánchez, 2016).

2.5. Dinámica de crecimiento

En la dinámica, las distintas variables que se pueden asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas (Aracil y Gordillo, 1997; (Donado *et al.*, 2005). Este concepto tiene una amplia aplicación, a nivel internacional, ha sido muy utilizado para explicar cómo cambian en el tiempo determinados parámetros que dan explicación a un proceso determinado.

En el caso de la presente investigación, el concepto está relacionado con el crecimiento de las especies forestales. En los árboles, la forma de precisar cuánto crecen es a través de mediciones periódicas de su diámetro a lo largo del tiempo. Estas se pueden observar de forma acumulada en sus anillos de crecimiento, presentes en diferentes anchuras, dado que el ambiente es determinante del crecimiento de sus diámetros (Cancino, 2012). Es necesario conocer el crecimiento de los árboles, para así entender y explicar la dinámica del rodal, ya que su crecimiento en diámetro es producto de la actividad del cambium durante el período vegetativo (López *et al.*, 2007). Este tejido meristemático genera cada año una capa de madera hacia el interior del fuste y una capa de corteza hacia el exterior, las cuales son fáciles de reconocer en especies con crecimiento anual.

El ambiente es determinante del incremento dimétrico, así como la calidad de sitios y el manejo influyen fuertemente en este, también es afectado por la competencia entre árboles (Cancino, 2012); de igual manera, se dan respuestas diamétricas en los bosques por cambios climáticos (Cook, 2004) o durante procesos de restauración (Pearson y Vitousek, 2001). Los efectos del cambio climático en los bosques húmedos tropicales y sus especies mostrarán la habilidad fisiológica de los organismos para sobrevivir y reproducirse bajo nuevas condiciones, adaptarse a cambios en el contexto ecológico, soportar impactos adicionales y ajustar sus distribuciones geográficas (Godinho *et al.*, 2015).

Estudios hechos por Clark *et al.* (2003), en medición del área basal en bosques tropicales de Costa Rica, comprobaron que, al existir un incremento de la temperatura, se reduce el proceso de fotosíntesis y aumenta la respiración de la planta, por esta razón los árboles dejan de tener un incremento diamétrico en su área basal. De hecho, el crecimiento de los árboles está asociado a factores como el clima, la topografía, el suelo y estos no operan de forma aislada. Entre ellos están los que actúan de forma directa en el crecimiento del árbol como la temperatura, la intensidad de la luz, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, las precipitaciones y la humedad del suelo (Hernandez *et al.*, 2013).

Según Salas (2000), los suelos presentan factores físico-mecánicos y químicos; los primeros son los que influyen en el crecimiento. Entre los físicos, están el drenado del suelo, la profundidad efectiva, la textura, el contenido de materia orgánica, la pedregosidad y la pendiente, siendo estos los que tienen influencia directa en el crecimiento (Tamayo, 2014). Aunque existen respuestas de crecimiento a corto plazo que se pueden explicar por la influencia de variabilidades climáticas regionales (Rodríguez *et al.*, 2017).

2.5.1 Parámetros morfológicos para la evaluación de posturas

Los parámetros morfológicos son atributos determinados física o visualmente, debiendo ser resultado de algunos estudios realizados con el fin de mostrar que los criterios que adoptan estas características son importantes para el suceso del desempeño de las posturas después de plantación en el campo (Fonseca, 2000). Los mismos influyen en la calidad de las posturas (Chaves *et al.*, 2006).

Los parámetros utilizados en la evaluación de la calidad de posturas de especies forestales son varios. Entre estos, se destacan el largo de la parte aérea, la conformación del sistema radicular, el diámetro del cuello de la raíz, la proporción entre las partes aérea y radicular, la proporción entre el diámetro del cuello de la raíz y altura de la parte aérea, las biomásas seca y húmeda de las partes aérea y radicular, la rigidez de la parte aérea, los aspectos nutricionales, entre otros (Vieira *et al.*, 2011).

La altura de la parte aérea es considerada uno de los parámetros más utilizados en la clasificación y selección de posturas (Machado *et al.*, 2010). El mismo es de fácil medición y siempre fue usado con eficiencia para evaluar la calidad de las posturas en los viveros y pronosticar su crecimiento (Almeida, 2005).

El diámetro del cuello de la raíz es fácilmente medido, permite estimar la sobrevivencia de las posturas (González *et al.*, 2011). De acuerdo con estos autores, el estándar de calidad de plántulas de varias especies forestales, listas para la plantación, posee alta correlación con este parámetro y esto puede ser observado en los significativos aumentos de las tasas de sobrevivencia y del crecimiento de las plantas en el campo. Este parámetro tomado solamente o combinado con la altura es una de las mejores características morfológicas para predecir la calidad de las posturas (Gomes, 2001 y 2002).

Las biomásas de las partes radicular y aérea representan un criterio eficiente para la determinación de la calidad de posturas (Carbonari *et al.*, 2012). Al determinar el peso de masa fresca y seca, como parámetro de calidad, se debe considerar: a) determinación de masa húmeda y seca de la parte aérea; b) determinación de masa húmeda y seca de las raíces; c) determinación de masa húmeda y seca total y d) determinación del porcentaje de raíces (Carneiro, 1995).

La masa seca de la parte aérea indica la rusticidad y se correlaciona directamente con la sobrevivencia y desempeño inicial de las posturas después de la plantación en el campo (González *et al.*, 2011). Según Carneiro *et al.* (2008), la relación de masa seca de la parte aérea/masa seca de las raíces, puede ser considerado un índice eficiente y seguro para validar la calidad de posturas.

Varias relaciones de las biomásas de las partes radicular/aérea indican pequeña superficie de absorción cuando comparadas con la superficie de transpiración, el que afecta la resistencia de las posturas a las condiciones de sequía (Knapik *et al.*, 2005).

En la evaluación del crecimiento de la planta es necesario tener en cuenta los atributos morfológicos del sistema radical, como son la longitud de la raíz principal y el número de raíces primarias. Una raíz bien lignificada significa una mayor capacidad de absorción, por el simple hecho de que hay una mayor superficie (Najera, 2001).

Cuantitativamente, el grado de desarrollo de la raíz puede medirse en peso, volumen, longitud o superficie, y es un indicador de su capacidad absorbente. Sin embargo, la funcionalidad del sistema radical depende no solo del tamaño adquirido sino también del porcentaje de superficie no suberizada o absorbente respecto al total y este porcentaje viene dado por el número de raíces finas (fibrosidad) que son aquellas en que se concentran la actividad de extracción de agua al ser más activas y permeables, frente a las gruesas cuya misión se enfoca fundamentalmente en la conducción y el anclaje de las plantas (Thompson, 1985).

2.5.2 Índices morfológicos de las plantas

Entre los índices morfológicos que permiten evaluar el crecimiento se encuentran: el índice de calidad de Dickson (ICD), el índice de esbeltez (H/D), la relación parte aérea/parte radical (RPA/RPR) y el índice de vigor; los cuales se explican a continuación.

El ICD combina parámetros morfológicos de longitud y peso, expresando la potencialidad de la planta para sobrevivir y crecer en el campo (Castillo, 2001). El mismo se obtiene a través de una fórmula balanceada que incluye las relaciones de las características morfológicas, como la masa seca total, masa seca de la parte aérea, masa seca de las raíces, la altura de la parte aérea y el diámetro del cuello de raíz (Almeida, 2005).

El H/D es la relación entre el largo de la parte aérea y el diámetro del cuello de raíz fue caracterizada por Carneiro y Brito (1992) como el equilibrio de desarrollo de las posturas en el vivero. Este parámetro es considerado como uno de los más precisos, pues ofrece información de cuan delgada está la postura (Chaves,

2009). Cuanto menor fuera el valor de este índice, mayor será la capacidad de las posturas de sobrevivencia y establecimiento en el campo (Martínez *et al.*, 2015).

La relación tallo/raíz (RPA/RPR) se refiere a la proporción de la biomasa de la parte aérea con respecto a la raíz. Una proporción mayor de tres incrementa gradualmente las probabilidades de desequilibrio hídrico y pone en serio peligro la sobrevivencia de la planta (Najera, 2001).

La relación entre masa seca de la parte aérea y la masa seca radicular de las posturas es considerada como un índice eficiente y seguro para expresar el estándar de calidad de las posturas, pero no tiene significación para el crecimiento en el campo (González *et al.*, 2011). Brissette (1984) citado por (Carmo *et al.*, 2010), menciona que 2,0 sería la mejor relación entre masa seca de la parte aérea y la masa seca de la raíz.

El Índice de vigor es la expresión que relaciona todas las variables morfológicas como indicador del desarrollo de la planta (Quinceno *et al.*, 1980 citado por Aranda, 2010).

2.6. Micorrizas

Las micorrizas (del griego *mykes*-hongo, *rhiza*-raíz) son la asociación mutualista existente entre algunos hongos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas. El nombre fue dado por el botánico alemán Albert Bernhard Frank en 1885, aunque estas asociaciones fueron estudiadas sólo a partir de 1910, y gracias a los trabajos desarrollados por Mosse, en 1955, comienzan a tomar importancia en estudios de crecimiento de vegetales y las asociaciones que se suceden con otros agentes del suelo (Vasco *et al.*, 2009).

Los registros fósiles más antiguos indican que dicha asociación tiene unos 400 millones de años, lo que ha llevado a considerar la compleja evolución entre las plantas y sus hongos asociados, que se manifiesta en la amplia distribución del fenómeno (se ha estimado que el 90% de las plantas terrestres están

micorrizadas) y en la diversidad de mecanismos morfológicos, fisiológicos y ecológicos implicados (Sieverding, 1991).

Los hongos que establecen esta simbiosis reciben carbono de las plantas hospederas y las plantas reciben principalmente fósforo y nitrógeno a través de las hifas asociadas. Su utilización, como alternativa biológica, no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se haga más eficiente y puedan disminuirse las dosis a aplicar, al incrementar el porcentaje de absorción de los nutrientes por las plantas (Strullu, 1991). El principal beneficio para ambos simbiontes micorrízicos es el intercambio de nutrientes (Frank, 1985; Pérez-Moreno y Read, 2004).

Cruz *et al.* (2005) afirmaron que el principal beneficio que realizan las micorrizas, está relacionado con la nutrición de las plantas, permitiéndole la vida en determinadas condiciones y mucho más adaptable a la microflora del suelo. La inoculación con hongos micorrízicos provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B y Mo (Marshner y Dell, 1994). Ello se debe a que, en las proximidades de la raíz, las hifas y los pelos radicales (la parte más importante de la raíz en la absorción) siguen modelos diferentes de crecimiento; las hifas crecen paralelas a la raíz y los pelos radicales lo hacen perpendicularmente, lo que implica que la absorción de fósforo por unidad de superficie sea mayor en el caso de las hifas (Marshner, 1998).

Jordá y Lucia (2006) manifiestan que las micorrizas, en la producción forestal, ofrece a sus clientes un producto de alta calidad, aseguran la reforestación en localidades de alta fragilidad, con más posibilidades de supervivencia:

1. Aumento de la vigorosidad de la parte aérea, induciendo a un mayor crecimiento.

2. Aumento de la vigorosidad y eficacia de la parte subterránea: el número total de raíces, la cantidad de raíces secundarias y la eficacia a la captación se ven claramente favorecidas.

3. Disminución de bajas por trasplante o las fallas de germinación: la mejor adaptabilidad y vigorosidad de los plantines les permite sobrevivir mejor y sufrir menos las consecuencias del paso de un ambiente extremadamente favorable a un medio hostil.

4. Disminución de la probabilidad de "Damping off" (necrosis del cuello de raíz) en los viveros o en el campo.

5. El patógeno no encontraría con disponibilidad de materiales carbonados en la zona de la raíz, como consecuencia de la absorción de los mismos por los hongos micorrízicos, el manto fúngico actúa como una eficiente barrera física a la penetración por el patógeno, se observa la invasión en raíces no micorrizadas.

6. La secreción de antibióticos, el desarrollo de una microflora antagónica, los exudados de terpenos, en concentraciones muy superiores a las producidas en las raíces no micorrizadas.

7. Restauración de la flora fúngica.

Las micorrizas son utilizadas como estrategia para estimular el crecimiento de las posturas, entre los de mayor uso se destacan los hongos formadores de micorrizas arbusculares y los bioestimulantes (Molina *et. al*, 2005). También se utilizan los bioestimulantes como el Bioplasma que permite incrementar el desarrollo vegetativo y radicular la actividad microbiana del suelo; actúa en la fotosíntesis y en el transporte de nutrientes en las plantas (Bustamante, 2002).

Según Gomero y Velásquez (2001), la micorriza, a partir de rizobacterias de diferentes géneros y hongos micorrizógenos, puede ser empleada para el beneficio de cultivos, aplicando por:

- Aspersión foliar
- Peletización o encubrimiento de las semillas
- Aplicación directa en los suelos agrícolas

El método a emplear dependerá del estado físico del biopreparado. También es necesario considerar los intereses del introductor, desde el punto de vista ecológico, la aplicación de estos productos constituye una tecnología racional.

2.7. Factibilidad práctica y económica del uso de las micorrizas

La Factibilidad son las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto. El estudio de factibilidad es el análisis que se realiza para determinar si el proyecto o tarea que se propone será exitoso o no, y cuáles serán las estrategias que se deben desarrollar para que sea exitoso. En la factibilidad técnica se determina si se dispone de los conocimientos, habilidades, equipos o herramientas necesarios para llevar a cabo los procedimientos, funciones o métodos involucrados en un proyecto o tarea (León, 2009).

El estudio de la factibilidad económica, ayuda a realizar el análisis costo-beneficio del sistema, el mismo que permitirá determinar si es factible desarrollar económicamente el proyecto. La Factibilidad económica se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización (Arias, 2006).

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos. Generalmente, la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee (León, 2009).

Por tanto, es importante tener en cuenta la factibilidad práctica y económica en las experiencias de vivero, con el objetivo de ahorrar recursos y materiales necesarios. En este sentido, el uso de biofertilizantes y bioestimulantes para acelerar el crecimiento en las plantas y con ello disminuir el tiempo de estancia en el vivero, constituye una de las prácticas más utilizadas.

La simbiosis entre hongo y planta se encuentra muy extendida en los ecosistemas terrestres, pero la manifiesta degradación y el uso indiscriminado de sustancias químicas, ha planteado la necesidad de aplicar técnicas como la micorrización inducida en las plantas en la fase de vivero. Dado a que se ha demostrado su factibilidad práctica y económica, precisamente por el ahorro de recursos materiales y humanos, han sido utilizadas en los viveros forestales, con alta productividad y rendimiento.

La utilización de productos biológicos permite que las plantas aceleren los procesos fisiológicos, con el aumento de los nutrientes disponibles, los cuales pueden ser asimilados por las plantas. Esto coincide con varios autores (Barea, 1991; Guadarrama, 2004 y Peteira *et al.*, 2008) al plantear que la micorriza influye en el desarrollo de las especies perennes.

Entre las ventajas en el uso de las micorrizas está que permite establecer sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que contribuyen con la sostenibilidad por que requieren una menor aplicación de insumos fertilizantes, riego y pesticidas, con sus respectivas reducciones en costos de insumos y mejoras en la eficiencia en el establecimiento y producción en sistemas forestales (Holste *et al.*, 2016; Geoffroy *et al.*, 2017). Adicionalmente, esta tecnología puede ser fácilmente transferible a técnicos y agricultores (Ramírez *et al.*, 2011).

En varios estudios, se ha demostrado el efecto de las micorrizas en el crecimiento de las plantas. Carrillo (2000) aplicó la micorrización en vivero para la producción de especies forestales en España, probando su efectividad en el crecimiento

rápido de las plántulas. Barroetaveña y Rajchenberg (2003) encontraron 11 especies de hongos micorrícicos en viveros de *Pinus ponderosa* en La Patagonia, Argentina. También ha sido probada en la producción de posturas de café con gran factibilidad práctica y económica por el ahorro de fertilizantes (Vaast *et al.*, 1997a y Andrade *et al.*, 2009). Andrade *et al.* (2009) demostraron que el costo de la dosificación generalmente es de unos pocos centavos de dólar (USD) por planta, fundamentalmente por la reducción de la cantidad de aplicación de fertilizantes.

Ramírez *et al.* (2018) probaron que la simbiosis hongos formadores de micorrizas arbusculares-especies forestales tiene efectos benéficos sobre el desarrollo de las plantas, permitiendo reducción de tiempo y costos de producción en vivero. Estudios realizados sobre diversidad de micorrizas asociadas a diferentes especies de árboles maderables y no maderables han demostrado que existe una amplia gama de morfoespecies de hongos asociados a la rizosfera de estos árboles (Rodríguez-Morelos *et al.*, 2014; Chaiyasen *et al.*, 2017; Melo *et al.*, 2018); lo que sugiere que pueden ser utilizados en especies arbóreas o arbustivas en forma de biofertilizantes, en plantas con cualquier tipo de reproducción por semilla, vegetativa o por producción *in vitro*, constituyéndose en una alternativa valiosa para solucionar problemas de propagación, aclimatación y nutrición de las especies.

En Cuba, en la agricultura, han sido ampliamente utilizados los hongos micorrizógenos arbusculares; Suárez y Riera (2008) han probado sus efectos en especies de granos *Phaseolus lunatus* var. *Sieva*, *Heliantus annuus* var. *Caburet-13* obteniendo un incremento de los rendimientos por área, en una finca de El Salvador, Guantánamo. También Speck *et al.* (2007) evaluaron el desarrollo del cultivo de la yuca, empleando alternativas biológicas en combinación con niveles de humedad en el suelo, para ello impusieron tres niveles de riego y dos niveles de aplicación de biofertilizantes (*Glomus fasciculatum* y *Azotobacter chroococcum*).

Estudios relacionados con riego y biofertilizantes, fueron llevados a cabo por (Aranda *et al.*, 2010) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica y cepas de micorrizas (*Glomus hoi-like*, *Glomus intraradice*) en la producción de plántulas de cacao obtenidas a través de la técnica de micro injerto. Este efecto se potenció con la inoculación de micorrizas, independientemente de la cepa utilizada, evidenciándose un marcado efecto en la altura, diámetro del tallo y área foliar de las posturas.

Se han realizado otras investigaciones donde se maneja el riego combinado con micorriza y materia orgánica en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), demostrando que la aplicación de norma de riego al 50% con micorrizas y abono orgánico del tipo estiércol vacuno esser una práctica favorable (Barroso *et al.*, 2010). En el cultivo de malanga, González *et al.* (2011) encontraron que la mezcla humus de lombriz + arena en proporción 2:1 favoreció la supervivencia de las vitroplantas con valores superiores al 80%, en este caso, también utilizaron biofertilizantes.

Ruiz *et al.* (2016) emplearon cepas de micorrizas con mucho éxito en el cultivo del arroz. Los mismos obtuvieron que la altura, el ahijamiento, la masa seca de la parte aérea y de las raíces en las plantas se incrementaron cuando las plántulas fueron inoculadas con estos biofertilizantes; lo cual demuestra la factibilidad práctica de su aplicación.

Monier *et al.* (2013) probaron *Glomus intraradices* como cepa de micorrizas y el bioestimulante Pectimorf, biopreparado en forma líquida, en el rendimiento y el crecimiento-desarrollo del cultivo de la remolacha de la variedad Nueva Zelandia en organopónico, con resultados alentadores. Los autores evaluaron los indicadores masa seca de la raíz, masa seca de la parte aérea, diámetro polar y ecuatorial del fruto, masa seca del fruto y de la parte aérea, largo de la raíz, masa seca de la planta completa, crecimiento y el rendimiento.

Además de la combinación de micorrizas con bioestimulantes, se ha utilizado con fertilizantes inorgánicos (NPK) para evaluar el efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad *Black Seeded Simpson* por Vicente *et al.* (2013). No menos eficiente fue la combinación micorrizas, azotobacter y humus de lombriz en el cultivo del plátano, aplicada por Jorín *et al.* (2013). Los autores evaluaron sus efectos para mejorar los indicadores de rendimiento aplicando niveles de humus de lombriz (0, 3 y 6 Kg. planta) y tres variantes de inoculación de hongos micorrízicos arbusculares con azotobacter en 0, 2 y 4 sitios de aplicación, con una dosis de 20 g. planta de azotobacter y 100 g.planta⁻¹ de micorriza a los 120 días de la plantación.

Tamayo *et al.* (2015) evaluaron la respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L.) D.C a la coinoculación *Rhizobium* – hongos micorrízicos arbusculares, en un suelo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado. Montoya *et al.* (2019) probaron micorrizas en la producción de hortalizas de bulbo con reducción del suministro hídrico y nutricional. En Imías, Moreira *et al.* (2016) probaron la mejor combinación entre MicroBen y cepas de micorrizas (*Glomus claroideum* y *G. cubense*), para el desarrollo del cultivo de la Habichuela de la variedad Cantón 1; dando mejores rendimientos del cultivo con el uso de *G.claroideum*. En el cultivo de frijol, Osorio *et al.* (2016) demostraron la efectividad económica de *Rhizobium*+Micorriza paletizada+FitoMas-E.

En pastos, Rosales *et al.* (2017) probaron cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más eficientes para mejorar el estado nutricional y la productividad del pasto guinea, se llevó a cabo la investigación sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Se pudo constatar que con la inoculación de *G. cubense* se alcanzó la mayor frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica, el mayor número de esporas en la rizosfera; así como la mayor altura de las plantas, las concentraciones más altas de N, P y K en la biomasa de la parte aérea y el mayor rendimiento del pasto. El efecto de esta cepa se mantuvo en el pasto hasta 270 días después de su inoculación. Se concluye que la misma resultó ser la más

eficiente para mejorar el estado nutricional e incrementar la productividad del pasto guinea establecido en el suelo

En la propagación en vivero de otro tipo de especies de interés comercial, Martínez y Riera (2011) evaluaron la factibilidad del uso de abono verde micorrizado sobre la calidad de las posturas de cafeto y encontraron que la combinación de *C. ensiformis*+micorrizas+ *Rhizobium* fue la más eficiente. También, Fernández *et al.* (2001) utilizaron micorrizas para promover el crecimiento rápido de este cultivo, uno de los renglones fundamentales de la economía cubana.

En especies forestales, la cepa micorrízica *Glomus cubense* ha sido utilizada con éxito por Céspedes *et al.* (2020) en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl. También Falcón *et al.* (2010, 2020) analizaron el efecto de la aplicación de cepas de hongos formadores de micorriza arbusculares *Swietenia mahagoni*, en un suelo Pardo sialítico carbonatado y sustratos diferentes, en vivero; cuyos resultados demostraron que su uso promueve importantes ahorros económicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El trabajo se desarrolló entre enero del 2019 a abril del 2021. El mismo tuvo dos fases; la experimental que se llevó a cabo en el vivero permanente "Santa María" (Fig. 1) de la Unidad Empresarial de Base Silvícola (UEBS) Guantánamo, perteneciente a la Empresa Agroforestal Guantánamo (EAF) y la fase de gabinete durante la cual se procesaron, interpretaron y analizaron los datos. El área se localiza en el Reparto Santa María, provincia Guantánamo.

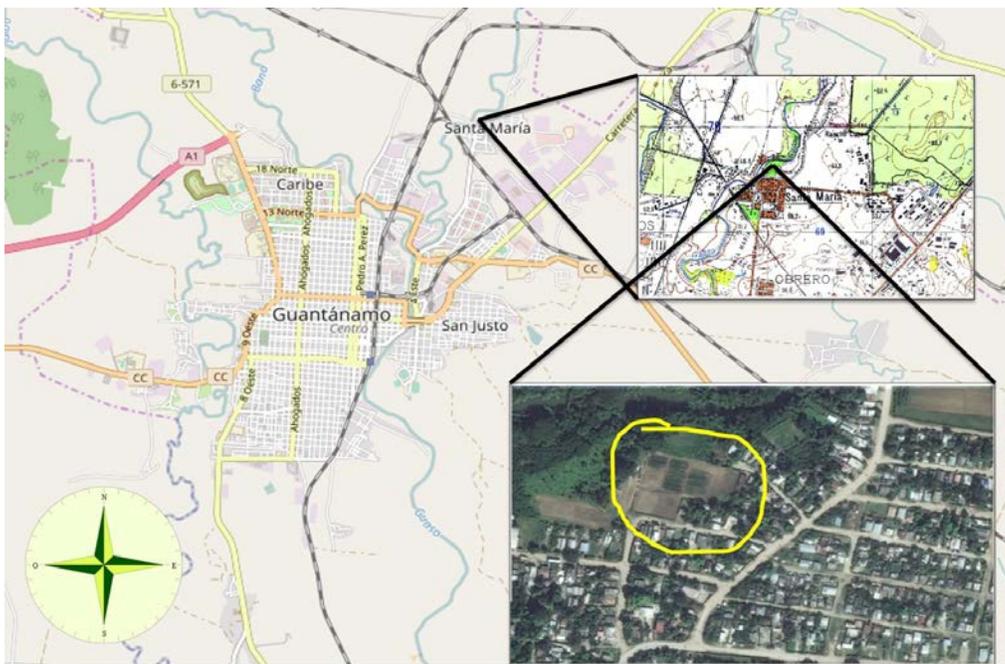


Figura 1. Localización del vivero permanente "Santa María"

3.2 Caracterización climática del área de estudio

En el área, se registra una temperatura promedio anual de 26,27 °C, la máxima absoluta de 32 °C y la máxima media absoluta de 15,6 °C. La mínima media es de 13,8 °C y como mínima absoluta 20 °C (Estación Meteorológica de Guantánamo).

Las precipitaciones son de 851,1 mm, estando por encima de los 100 mm septiembre y octubre, y desde abril hasta agosto, por debajo de los 100 mm. Además, aparecen dos períodos secos: de enero a marzo y de noviembre hasta diciembre (Estación Meteorológica de Guantánamo) (Fig. 2).

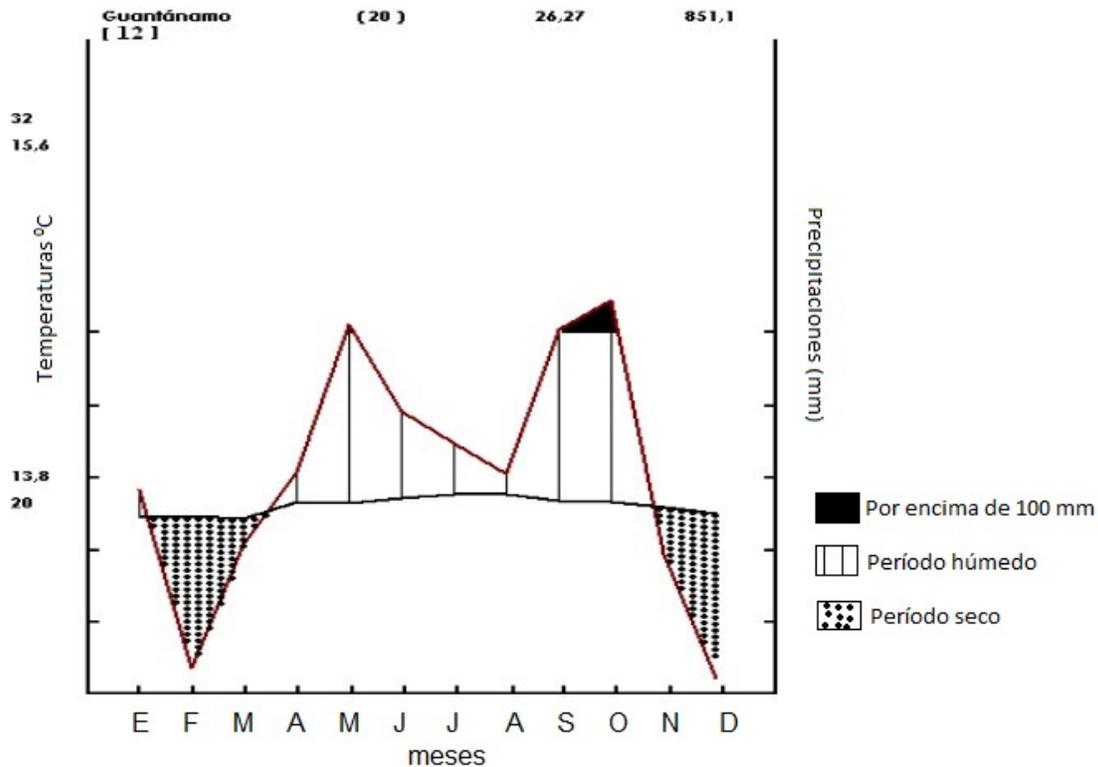


Figura 2. Climodiagrama de la Estación Meteorológica de Guantánamo.

3.3 Metodología

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). Las semillas sembradas de *S. mahagoni* (L.) Jacq. Se obtuvieron de la nave semillera de la Empresa Agroforestal Guantánamo (EAG). Las mismas fueron analizadas en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones Forestales de Baracoa (Anexo 1), según las Normas Cubanas de muestreo (71-03:87) y método de ensayo (71-06:87), con el objetivo de determinar el valor relativo del lote, evaluando la velocidad de germinación, en condiciones controladas de laboratorio, establecidas para las pruebas de germinación.

Para la siembra de las semillas, se utilizaron marcadores con el objetivo de que las semillas fueran puestas a la misma profundidad, las cuales fueron recubiertas de suelo, dos veces su tamaño, según recomiendan Álvarez y Varona (1988).

El suelo utilizado para el llenado de las bolsas fue tipo Pardo sialítico carbonatado (Hernández *et al.*, 1999). A partir de un análisis realizado por el laboratorio Provincial de Suelo en Guantánamo, se obtuvo, que la profundidad efectiva se evalúa de (muy profundo).

Según el análisis químico, el pH en (KCl) es neutro y el pH (H₂O) se evalúa de ligeramente alcalino. En la evaluación de los cationes, el Calcio (Ca⁺⁺) era Medio, el Magnesio (Mg⁺⁺) muy bajo, al igual que el contenido de Potasio (K⁺) y el contenido Na⁺. La capacidad de Intercambio Catiónico (T) fue muy alta y por las cantidades de materia orgánica, está evaluado de medio (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis químicos del suelo utilizado.

Tipo de suelo	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	M.O
	H ₂ O	CLK	Cmol.Kg ⁻¹						%
Pardo sialítico carbonatado	7,2	5,9	15,2	6,97	0,49	0,40	98	70	2,25

A las posturas en el vivero, se le aplicaron las atenciones culturales fundamentales de riego, escarde, limpia de pasillo, rastrillo de pasillo, conteo de supervivencia y entresaca de postura, tal y como establecen Álvarez y Varona (2006).

3.3.1 Diseño experimental

Se establecieron cuatro tratamientos, en la fase de vivero, a partir de un diseño completamente aleatorizado:

T₁- *Glomus cubense* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1

T₂- *Funneliformis mosseae* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1

T₃- *Rhizophagus intraradices* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1

T₄- Control: suelo/materia orgánica en proporción 9:1

La materia orgánica aplicada fue del tipo de estiércol vacuno, a razón de 9:1 (nueve partes de suelo por una parte de materia orgánica) (Tabla 2). Según análisis el pH es ligeramente básico, el porcentaje de materia orgánica (MO) es alto al igual que el contenido de nitrógeno (N). El fósforo (P) es evaluado de medio, el potasio (K) es alto y el calcio (Ca) es medio, al igual que el magnesio (Mg). Este abono se encuentra dentro de la categoría I, o sea, adecuado para ser aplicado a las plantas, recomendado por (Machuca *et al.*, 2004).

Tabla 2. Análisis del estiércol vacuno.

Tipo de abono	%						pH	Calidad
	N	P	K	Ca	Mg	MO		
Estiércol vacuno	1,54	0,24	0,65	3,73	0,83	33,83	7,97	I

Como biofertilizantes se utilizaron cepas de inóculos micorrízicos certificados: INCAM-4: *Glomus cubense*, INCAM-2: *Funneliformis mosseae* y INCAM-11 *Rhizophagus intraradices*, procedentes del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con una calidad garantizada de 20 esporas/gramos de suelo, para un 50% de colonización radical. Cepas no tóxicas y libre de patógenos, procedentes del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 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 1 200 ml de agua, según lo recomendado por Fernández *et al.* (2001).

3.3.2 Determinación de la efectividad de las cepas de micorrizas

Para determinar la efectividad de las tres cepas de micorrizas, se evaluaron parámetros morfológicos del tallo y del sistema radical y se determinaron los índices morfológicos. Las evaluaciones fueron realizadas cada 30 días, durante un período de 120 días, utilizando como tamaño de muestra 25 posturas por tratamientos evitando el efecto de borde y teniendo en cuenta los criterios establecidos por Cobas *et al.* (2007), Albuquerque (2008) y Sotolongo *et al.* (2010). Estos exponen que los tamaños de muestra para las evaluaciones en vivero pueden variar entre 15 y 30 posturas por tratamientos. Además, fueron evaluados los siguientes parámetros e índices.

Parámetros morfológicos del tallo

- Altura de la planta (cm): esta medición se efectuó desde la base del tallo hasta el extremo de la yema apical, utilizando para ello una cinta métrica.

Al final del vivero se estudió el crecimiento de las plantas que componen la muestra mediante el empleo de 11 modelos matemáticos (Tabla 2) que mostraran la tendencia en altura.

- Diámetro del cuello de la raíz (mm): se midió a partir de un centímetro del cuello de la raíz, con un Pie de Rey.
- Número de hojas (und): se evaluaron a partir del conteo visual de unidades enteras.
- Masa seca foliar y radical (g): para la caracterización de las plantas, se tomaron 20 plantas de cada tratamiento y se extrajeron de las bolsas, se lavó el sustrato evitando desprender las raíces delgadas, quedando el sistema radical limpio. Se separó la parte aérea de la parte radical, por el cuello de la raíz. Se secaron en una estufa modelo (HS – 62^a) a una temperatura de 70°C hasta que alcanzó peso constante, y se determinó en una balanza de precisión de 0,01 g modelo (Sartorius/BS 2202 s) el peso seco de cada una de las fracciones, lo que

fue realizado en el Laboratorio de Química de la Facultad Agroforestal. Después se determinó la masa seca total a partir de la siguiente expresión:

$$MST = MSA + MSR \quad (4)$$

Donde:

MST= Masa seca total (g)

Masa seca aérea (MSA) = masa seca del tallo + masa seca de las hojas.

Masa seca radical (MSR) = masa de la raíz principal y las raíces secundarias.

Parámetros 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 (und): para determinar este se contó la cantidad de raíces primarias y la cantidad de raíces secundarias.

Índices morfológicos de las plantas

- Índice de Esbeltez (H/D): se calcula mediante la división del cociente de la altura (cm) entre el 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 (ICD): fue determinado aplicando la siguiente fórmula que muestra la calidad que las posturas presentan, de acuerdo con sus características morfológicas (altura de la parte aérea, diámetro de tallo y el peso seco de materia seca)(Dickson *et al.*, 1960 citado por Azevedo, 2003; Malavasi y Malavasi, 2006):

$$ICD = \frac{PMST \text{ (g)}}{\left[\frac{H \text{ (cm)}}{DC \text{ (mm)}} \right] + \left[\frac{PMSPA \text{ (g)}}{PMSR \text{ (g)}} \right]}$$

Donde:

PMST: peso de materia seca total.

H: altura da parte aérea.

DC: diámetro del cuello de la raíz.

PMSPA: peso de materia seca de la parte aérea.

PMSR: peso de materia seca del sistema radicular.

- Balance hídrico de la planta (BAP): éste se relaciona con el peso seco de la parte aérea y el de la parte radical con el diámetro del cuello de ésta, mediante la siguiente fórmula:

$$BAP = PSA / (Diam * PSR)$$

- Índice de vigor: se determinó mediante la fórmula: $IV = \text{Log } \Sigma$ (de todas las variables morfológicas).

3.4. Descripción de la dinámica de crecimiento y análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico *Statistical Package for Social Science* (SPSS) 15.0 para Windows, para el procesamiento de los datos. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza ($F < 0,05$). Cuando fueron detectadas las diferencias significativas, se sometieron a un test de Duncan, a un nivel de 5% de significación.

La utilización de modelos matemáticos para la descripción de los valores de los diferentes parámetros de la plántula, durante su desarrollo en vivero, resulta de utilidad para predecir el tiempo en que esta alcanza el momento óptimo para la

plantación. Se realizó el análisis de regresión curvilínea de la dinámica de crecimiento en altura de las posturas, en los diferentes tratamientos; además de la última evaluación de altura (120 días) probando los modelos matemáticos, para decidir el modelo que mejor se ajusta a la dinámica de crecimiento en altura (Tabla 3).

Tabla 3. Modelos matemáticos ensayados.

1	Lineal	$h=b_0+(b_1*t)$
2	Logarítmica	$h=b_0 + (b_1 * \ln t)$
3	Inversa	$h=b_0 + (b^{-1}/t)$
4	Cuadrática	$h=b_0 + (b_1 t)+(b_2 t^2)$
5	Cúbica	$h=b_0 + (b_1*t) + (b_2 *t^2) + (b_3 *t^3)$
6	Potencia	$h=b_0 (t^{b_1})$
7	Compuesta	$h=b_0 (b_1^t)$
8	Curva-S	$h=e (b_0+b_{1/a})$
9	Crecimiento	$h=e (b_0+b_{1a})$
10	Exponencial	$h=b_0 e^{(b_1a)}$
11	Logístico	$1/h*1/u= b_0 + b_1 *t$

Para la comparación de los modelos evaluados se consideraron los siguientes parámetros:

- **Coefficiente de determinación (R^2)** que es la proporción de suma de cuadrados totales corregidos de la variable dependiente, se seleccionó el modelo que presenta los valores más próximos a uno (Pacheco, 2011).
- **Coefficiente de determinación ajustado (R^2_{adj})** que es el reajuste de R^2 por el grado de libertad, el R^2_{adj} que se selecciona es el que presenta el valor más alto (Quintero, 2005).
- **El cuadrado medio de error (QME)** es una suma de cuadrados que representa la variación que se supone común a todas las poblaciones que

se consideran (Kanninen, 2003). El criterio para la comparación de los modelos estadísticos consiste en seleccionar el valor más próximo a cero (Galán *et al.*, 2008).

- **La diferencia agregada (DA)** es la diferencia entre el valor observado y estimado. Los valores deben ser bajos y de preferencia menor a los 10% de diferencia (Pérez, 2003).

3.5. Determinación de la factibilidad económica

Se obtuvieron los datos de las materias primas y materiales empleados y el combustible necesitado para desarrollar cada tratamiento, en el Área Económica del establecimiento al cual pertenece el vivero. Igualmente, los gastos en salarios de los trabajadores que participaron en el experimento. A partir de esa data, se calcularon los gastos directos, los indirectos y el total; así como, el costo de producción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectividad de tres cepas de micorrizas en el desarrollo de *Swietenia mahagoni*

En la evaluación de los parámetros morfológicos y de acuerdo con el análisis de varianza (Tablas 4 a 7), se constataron diferencias significativas, por Teste F, al nivel de 5% de significancia en la altura (H), diámetro del cuello de la raíz (DC) y número de hojas (NF) de las mudas de *S. mahagoni* por cada medición (30 hasta 120 días), por lo que se procedió a hacer la comparación de las medias, por el test de Duncan al 5% de nivel de significancia.

Tabla 4. Resumen de análisis de varianza de la altura (H), diámetro en el cuello de la raíz (DC) y número de hojas (NH) de *Swietenia mahagoni* a los 30 días en vivero.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro	Inter-grupos	31.731	5	6.346	178.495	.000
	Intra-grupos	4.053	114	.036		
	Total	35.784	119			
Altura	Inter-grupos	3538.642	5	707.728	509.511	.000
	Intra-grupos	158.350	114	1.389		
	Total	3696.992	119			
Número de hojas	Inter-grupos	1515.742	5	303.148	666.517	.000
	Intra-grupos	51.850	114	.455		
	Total	1567.592	119			

Tabla 5. Resumen de análisis de varianza de la altura (H), diámetro en el cuello de la raíz (DC) y número de hojas (NH) de *Swietenia mahagoni* a los 60 días en vivero.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro	Inter-grupos	43.418	5	8.684	508.109	.000
	Intra-grupos	1.948	114	.017		

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Total	45.366	119			
Altura	Inter-grupos	3387.500	5	677.500	788.112	.000
	Intra-grupos	98.000	114	.860		
	Total	3485.500	119			
Número de hojas	Inter-grupos	1647.142	5	329.428	2035.492	.000
	Intra-grupos	18.450	114	.162		
	Total	1665.592	119			

Tabla 6. Resumen de análisis de varianza de la altura (H), diámetro en el cuello de la raíz (DC) y número de hojas (NH) de *Swietenia mahagoni* a los 90 días en vivero.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro	Inter-grupos	46.356	5	9.271	351.528	.000
	Intra-grupos	3.007	114	.026		
	Total	49.362	119			
Altura	Inter-grupos	3078.200	5	615.640	367.450	.000
	Intra-grupos	191.000	114	1.675		
	Total	3269.200	119			
Número de hojas	Inter-grupos	1832.367	5	366.473	1356.427	.000
	Intra-grupos	30.800	114	.270		
	Total	1863.167	119			

Tabla 7. Resumen de análisis de varianza de la altura (H), diámetro en el cuello de la raíz (DC) y número de hojas (NH) de *Swietenia mahagoni* a los 120 días en vivero.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro	Inter-grupos	53.137	5	10.627	23.761	.000
	Intra-grupos	50.988	114	.447		

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Total	104.125	119			
Altura	Inter-grupos	3970.667	5	794.133	326.592	.000
	Intra-grupos	277.200	114	2.432		
	Total	4247.867	119			
Número de hojas	Inter-grupos	1871.342	5	374.268	942.908	.000
	Intra-grupos	45.250	114	.397		
	Total	1916.592	119			

Al analizar el crecimiento en altura de las plantas de *S. mahagoni*, en diferentes momentos de evaluación (Tabla 8), los mejores resultados se observan en el tratamiento tres (Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + *Rhizophagus intraradices*), con diferencias significativas con los demás tratamientos. Esta tendencia se mantuvo durante todo el ciclo en vivero para la variable altura de la parte aérea.

Se pudo comprobar que con respecto al T₄ – Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1), los tratamientos: T₁ (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T₂ (Suelo/ *Funneliformis mosseae* en proporción 9:1), presentan resultados favorables. Los menores valores de tratamiento control pudo deberse a que las raíces de las plantas no micorrizadas tienen menor alcance para absorber los nutrientes disponibles en el suelo (Falcón *et al.*, 2010).

Tabla 8. Altura (cm) de las plantas de *Swietenia mahagoni*, en fase de vivero.

Tratamientos		30	60	90	120
1	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Glomus cubense</i>	10,30 ^b	16,60 ^b	21,45 ^b	24,05 ^b
2	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Funneliformis mosseae</i>	10,40 ^b	17,10 ^b	21,35 ^b	23,75 ^b
3	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Rhizophagus intraradices</i>	12,10 ^a	19,20 ^a	24,05 ^a	28,89 ^a

Tratamientos				30	60	90	120
4	Control	(suelo/materia orgánica en proporción 9:1)	en	8,10 ^c	16,70 ^c	18,15 ^c	20,25 ^c
E.E±				0,508*	0,494*	0,478*	0,545*

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

De forma general, los valores más altos se aprecian con la inoculación de la cepa *Rhizophagus intraradices* combinada con la proporción 9:1, siendo este superior significativamente al resto de las combinaciones y al control en el parámetro morfológico altura, estando de acuerdo con los criterios expuestos por Buresti y Mori (2003), los cuales consideran que posturas de buena calidad de especies latifolias deben alcanzar una altura entre 20 y 60 cm. Esto puede deberse a la efectividad esta cepa en los suelos pardos, superando a las posturas obtenidas con las cepas *G. cubense* y *G. mosseae*, corroborando lo obtenido por Rivera *et al.* (2006) relacionado con la efectividad de esta cepa, en este tipo de suelo.

Resultados similares fueron encontrados por Cuesta (2004), en *Swietenia macrophylla* (Caoba de Honduras), y este mismo autor en el 2005 obtuvo los mismos resultados, pero en *Cedrela odorata* (Cedro), evidenciándose la eficiencia de este hongo micorrízico. Se destaca la efectividad de la micorriza para esta especie, en este tipo de suelo, desde los primeros 30 días, a diferencia de lo obtenido por Hernández y Guzmán (2002).

Estos resultados presentan tendencias similares con los indicados por Falcón *et al.* (2013), quienes encontraron resultados favorables en la variable altura cuando se aplicó la cepa *Glomus intraradices*, en esta misma especie y en *Lysiloma lastisiliquum* Benth (Soplillo).

Estos incrementos están en correspondencia con los beneficios proporcionados por el hongo al absorber mayor cantidad de nutrientes del suelo y agua, permitiéndole a las posturas, mayor resistencia a plagas y enfermedades, coincidiendo con Gilarte (2006), que alcanzó resultados similares en la especie

Swietenia macrophylla con la aplicación del biofertilizante (HMA) a diferentes parámetros morfológicos que fueron superiores con respecto al control y también por Falcón *et al.* (2010) en la evaluación de la altura con la cepa *G. intraradices*.

En relación al diámetro del cuello de la raíz (Tabla 9), el resultado fue similar al de la altura, esta variable mostró reducción en su magnitud en los tratamientos uno (Suelo/*Glomus cubense* en proporción 9:1) y dos (Suelo/ *Funneliformis mosseae* en proporción 9:1), con mayor incidencia en el tratamiento control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1). De igual forma que en la altura hubo diferencias entre los tratamientos, obteniendo los mayores valores en el T₄ (Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + *Rhizophagus intraradices*), con diferencias significativas con los demás tratamientos, seguido de aquellos donde se aplicó micorriza.

Tabla 9. Diámetro en el cuello de la raíz (mm) de las plantas en fase de vivero.

Tratamientos		30	60	90	120
1	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Glomus cubense</i>	2,30 ^b	2,82 ^b	3,70 ^b	4,82 ^b
2	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Funneliformis mosseae</i>	2,65 ^b	2,97 ^b	3,60 ^b	4,78 ^b
3	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Rhizophagus intraradices</i>	2,81 ^a	3,70 ^a	4,60 ^a	5,90 ^a
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1)	1,56 ^c	1,85 ^c	2,90 ^c	3,81 ^c
E.E±		0,050*	0,563*	0,058*	0,085*

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

Los resultados obtenidos con la aplicación de micorrizas indican que la incorporación de este biofertilizante provoca un incremento en la absorción de los minerales del suelo y entre ellos el nitrógeno. Este microelemento desempeña 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 reportado por Falcón *et al.* (2015).

Esta variable es de suma importancia, pues según Carneiro (1995), normalmente existe correlación significativa entre el diámetro del cuello de la raíz de la postura y la tasa de sobrevivencia en el campo. Lopes *et al.* (2011) demostraron que esta variable es el mejor indicador del desempeño después de la plantación y, por tanto, estos resultados pueden ser utilizados para definir los grados de calidad de las posturas. Al analizar los valores de diámetro a los 120 días después de la siembra (Tabla 9), se espera que las posturas producidas en el T₃ tendrán mayor porcentaje de sobrevivencia en el campo.

En relación con el número de hojas (Tabla 10), la tendencia fue similar al seguido por la altura y el diámetro, donde hubo diferencia entre tratamientos desde la primera medición y los valores más elevados corresponden al T₃ a los 120 días en la fase de vivero. Lopes *et al.* (2011) 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.

Tabla 10. Número de hojas (NH) de las plantas en fase de vivero.

Tratamientos		30	60	90	120
1	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Glomus cubense</i>	10,05 ^b	11,30 ^b	13,35 ^b	15,85 ^b
2	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Funneliformis mosseae</i>	10,65 ^b	11,75 ^b	13,65 ^b	15,00 ^b
3	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Rhizophagus intraradices</i>	11,05 ^a	13,25 ^a	14,3 ^a	17,6 ^a
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1)	8,60 ^c	9,70 ^c	10,40 ^c	12,00 ^c
E.E±		0,331*	0,341*	0,361*	0,366*

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

Se confirma lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2008), quienes informaron buena efectividad cuando utilizaron las cepas *Glomus mosseae*, *G. hoi like* y *G. intraradices* en suelos con características similares al utilizado en el experimento, en *Pseudosamanea cubana* (Bacona) y *Swietenia macrophylla* (Caoba de Honduras) y *Lysiloma bahamense* (Sopillo). Estos autores afirman que el hongo incrementa la toma de fósforo mediante las hifas extraradicales, lo cual incrementa la eficiencia en el uso de nutrientes.

Los resultados obtenidos están en correspondencia con los beneficios que aportan los productos biológicos, donde le permite obtener a la planta mayor absorción del agua, los nutrientes y un mejor funcionamiento de los procesos fisiológicos. Al respecto, Montano (1998) planteó que la interacción suelo-planta, propicia mayor desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y otras muchas sustancias útiles al vegetal. Igualmente, Jordá y Lucía (2006), manifestaron que la micorriza le ofrece a la planta un buen estado fisiológico, al reforestarse en localidades de alta fragilidad con mayor posibilidad de supervivencia.

En la evaluación de la masa seca foliar y radical en la postura de *S. mahagoni* al finalizar la etapa en vivero, los mejores resultados se observan en el T₃, con diferencias significativas con los demás tratamientos (Fig. 3), demostrándose la efectividad de esta cepa en los suelos pardos (Rivera *et al.*, 2006). Se pudo comprobar que con respecto al T₄, que los tratamientos T₁ y T₂ presentan resultados favorables.

Por otra parte, Teodoro (2009) planteó que el peso seco es una medida mucho más estable, aunque más costosa de realizar, la medida del contenido de nutrientes y minerales que pudo haber incorporado durante el proceso de desarrollo en el vivero. Resultados similares obtuvo Cobas (2001), quien infirió que existen diferencias importantes de esta variable en las posturas, en función de la naturaleza de los materiales orgánicos utilizados, ya que afecta la propia morfología de las posturas cultivadas y también su fisiología.

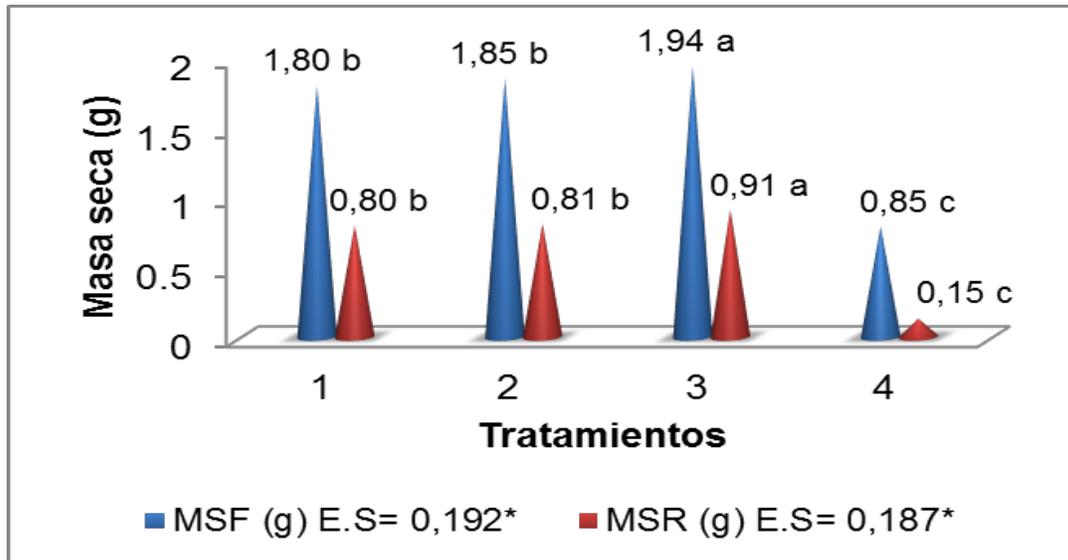


Figura 3. Masa seca foliar (MSF) y radical (MSR) a los 120 días en vivero. *Letras iguales no tienen diferencias significativas según Dócima de Duncan para $p \leq 0,05$; E. E_{\pm} = Error estándar.

Oliet (2000) planteó al respecto que el peso seco del tallo y la hoja es una medida del desarrollo alcanzado por la planta al final de su cultivo, siendo un parámetro mucho más estable, aunque más costoso de realizar. Además, los resultados de Cobas (2001), se asemejan a los obtenidos en el peso de las raíces que es un aspecto utilizado con frecuencia para caracterizar la masa total de raíces y puede ser considerado como medida fundamental de almacenamiento de nutrientes en las plantas; sin embargo, no garantiza, con precisión, la cantidad de raíces absorbentes en el sustrato. Esto resultados demuestran que la inoculación de las plantas con hongos micorrízicos provoca, de forma general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B y Mo (Koide, 2000).

Parámetros morfológicos del sistema radical a los 120 días en vivero

La restricción del sistema radical limita el crecimiento y desarrollo de varias especies, en virtud de la reducción del área foliar, altura y producción de biomasa (Reis *et al.*, 2008). De acuerdo con el mismo autor, las funciones de las raíces son de encorajen, absorción y movimiento longitudinal de agua y nutrientes minerales. Absorción y movimiento del agua son realizadas por las raíces finas, y el anclaje del árbol por las raíces gruesas (Martins, 2008).

Teniendo en cuenta estos criterios, las posturas de *S. mahagoni* con mayores condiciones de desarrollo son las obtenidas en el T₃ mostrando diferencia estadística con respecto a los demás, en la mayoría de las variables; seguido por el resultado de los T₁ y T₂, los cuales superan estadísticamente al tratamiento control (Tabla 11).

Tabla 11. Atributos simples relacionados con la morfología de la raíz en plantas de *S. mahagoni* a los 120 días en vivero.

Leyenda: LRP-Longitud de la raíz principal, QRP-Cantidad de raíces principales, QRS-Cantidad de raíces secundarias, QRT-Cantidad de raíces totales, U-Unidad

Tratamientos		LRP (cm)	QRP (U)	QRS (U)	QRT (U)
1	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Glomus cubense</i>	12,85 ^c	18,80 ^c	88,85 ^c	107,65 ^c
2	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Funneliformis mosseae</i>	14,41 ^b	22,05 ^b	90,40 ^b	112,45 ^b
3	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Rhizophagus intraradices</i>	16,21 ^a	25,05 ^a	97,00 ^a	122,05 ^a
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1)	11,85 ^d	16,80 ^d	74,85 ^d	91,65 ^d
E.E±		0,172*	0,312*	0,407*	0,686*

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

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rillig y Mummify (2006), quienes expusieron que la aplicación de algunos productos orgánicos en el medio forestal, les ofrece a sus clientes un producto de alta calidad. Todo lo anterior se expresa en el desarrollo 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.

En relación al largo de la raíz principal el tratamiento tres tiene mayor influencia con longitud de 16,21 cm, mostrando diferencia estadística con T_1 (Suelo/ *Glomus cubense* en proporción 9:1) y T_2 (Suelo/*Funneliformis mosseae* en proporción 9:1) concluyendo que las posturas de estos tratamientos pueden influir más en el anclaje, aspecto este muy importante porque mantiene la planta fija en el suelo, generalmente en la vertical, en tanto las raíces finas se encargan de absorber agua y nutrientes, indispensables para el desarrollo de la planta. Algunas de estas sustancias asimiladas por las raíces finas son almacenadas por las gruesas, caracterizando una función nueva para este tipo de raíces.

La cantidad de raíces primarias y secundarias (finas) fue similar que el largo de la raíz principal repercutiendo en la cantidad de raíces totales, siendo el T_3 (Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + *Rhizophagus intraradices*) el de mayores resultados, con diferencia estadística, con respecto a los demás tratamientos. Estos altos contenidos de raíces finas pueden garantizar altas tasas de supervivencia en la plantación, ya que la alta densidad de raíces finas aumenta el contacto con el agua, provocando el incremento de la absorción de nutrientes (Freitas *et al.*, 2005). Falcón *et al.* (2015) encontraron resultados semejantes, en el caso de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua), donde probaron la cepa *Glomus cubense*, obteniendo resultados satisfactorios y mayor homogeneidad de las raíces.

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

Con esta especie, Falcón *et al.* (2020) demostraron la efectividad de estas cepas de micorrizas, pero combinándolas con sustratos enriquecidos con cascarilla de cacao/fibra de coco/aserrín de pino compostados en proporción 6:2:2. Los mismos obtuvieron los mejores resultados con *G. cubense* y *R. intraradices*.

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

De forma general, es beneficioso para la actividad forestal contar con productos tan eficiente como estos, elaborados a nivel nacional. Los mismos tienen diversos usos y hasta ahora en todas las investigaciones realizadas se han obtenido buenos resultados. Debido a la diversas formas en que se puede utilizar, es posible combinarlo con casi cualquier otro producto, ya sea biológico o químico sin causar alteraciones negativas. También Sánchez (2016), con *Calophyllum antillanum* en vivero, obtuvo que con la aplicación de la cepa *Funneliformis mosseae* se logran los mayores valores en cuanto al sistema radical.

Índices morfológicos en plantas a los 120 días en vivero

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 12), se constataron diferencias significativas, por el test F, al nivel de 5% de significación en los índices morfológicos evaluados.

Tabla 12. Resumen de análisis de varianza de los índices morfológicos de la especie *Swietenia mahagoni* a los 120 días en vivero.

Leyenda: RPA/RPR-Relación parte aérea/parte radical, H/D-Índice de Esbeltez, ICD- Índice de calidad de Dickson, BAP- Balance hídrico de la planta

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RPA/RPR	Inter-grupos	357.805	5	71.561	211.097	.000
	Intra-grupos	38.646	114	.339		
	Total	396.451	119			
H/D	Inter-grupos	35.860	5	7.172	13.593	.000
	Intra-grupos	60.147	114	.528		
	Total	96.006	119			
ICD	Inter-grupos	1.692	5	.338	313.829	.000
	Intra-grupos	.123	114	.001		
	Total	1.815	119			
BAP	Inter-grupos	15.488	5	3.098	177.596	.000
	Intra-grupos	1.953	112	.017		
	Total	17.441	117			

Por lo tanto, se procedió a hacer la comparación de las medias, por el test de Duncan a 5% de nivel de significancia (Tabla 13).

Tabla 13. Índices morfológicos en plantas de *S. mahagoni* a los 120 días en vivero.

Leyenda: RPA/RPR-Relación parte aérea/parte radical, H/D-Índice de Esbeltez, ICD- Índice de calidad de Dickson, BAP- Balance hídrico de la planta, IV- Índice de vigor

Tratamientos		RPA/RPR	H/D	ICD	BAP	IV
1	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Glomus cubense</i>	2,69 ^a	4,99 ^b	0,26 ^b	0,72 ^c	2,20 ^c
2	Suelo/materia orgánica proporción 9:1+ <i>Funneliformis mosseae</i>	2,71 ^a	4,97 ^b	0,28 ^b	0,55 ^b	2,21 ^b

3	Suelo/materia orgánica proporción 9:1 + <i>Rhizophagus</i> <i>intraradices</i>	2,31 ^a	4,90 ^a	0,34 ^a	0,49 ^a	2,23 ^a
4	Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1)	3,74 ^c	5,31 ^c	0,15 ^c	1,49 ^d	2,17 ^d
E.E±		0,166*	0,081*	0,011*	0,035*	0,024*

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

Se constató que las posturas *S. mahagoni* producidas en el T₃ presenta los mejores valores en el caso de la RPA/RPR, H/DC, ICD, BAP y IV, por lo que se infiere que son plantas que presentan mayor resistencia mecánica durante las operaciones de plantación o frente a vientos fuertes. También la baja relación PA/PR indica una capacidad mayor para superar el momento crítico del arraigo. En relación con los valores de BAP, al ser menores es significativamente favorable (Thompson, 1985; Castillo, 2006). Además, se encontró mayor vigor de las plántulas, en correspondencia con los mayores valores del índice de vigor.

En cuanto a la relación entre la altura y el diámetro del cuello de la raíz (H/DC), según Carneiro (1995) constituye uno de los parámetros más usados para evaluar la calidad de las posturas forestales, además de mostrar el cúmulo de reservas; lo cual asegura mayor resistencia a los períodos secos y mejor fijación en el suelo.

Con excepción de las posturas en el tratamiento control que presentó 5,31 de relación H/DC. Las restantes posturas presentaron 5,0 de relación H/DC, patrón considerado como bueno. Las posturas con alta relación H/DC pueden presentar estiramiento y menor índice de supervivencia en el campo, y puede resultar en muerte o deformaciones de las plantas en el campo (Birchler *et al.*, 1998, citado por Jose *et al.*, 2005)

La relación entre PA y PR es de fundamental importancia para la organización y funcionamiento de los procesos fisiológicos, de crecimiento y desarrollo de las plantas. La parte aérea ofrece carbohidratos, fitohormonas y otros nutrientes

orgánicos para las raíces y estas ofrecen para la parte aérea agua, nutrientes y fitohormonas (Dickson, 1992 citado por Castillo, 2001).

Las posturas desarrolladas en el T₄ (Control) posee la mayor relación entre la parte aérea/parte radical, apartados además de los valores recomendados por Quiroz *et al.* (2001) de 1,5, por los bajos valores de peso seco de las raíces.

Los valores que posee este índice en las posturas que crecen en los tratamientos donde se aplicó micorriza no presentan diferencia significativa; no obstante, el menor valor fue observado en el T₃. Algunos autores recomiendan valores próximos a 1,5 especialmente en zonas difíciles, ya que se considera que en cuanto más estrecha es la relación (próximo a la unidad) mayor es la posibilidad de sobrevivencia en sitios secos (Quiroz *et al.*, 2001).

El ICD integra los aspectos de masa total de la planta, la Robustez, y la relación PA/PR con el objetivo de explicar la potencialidad de las plantas tanto para sobrevivir como de crecer. Estadísticamente se manifestó diferencia significativa entre los tratamientos, entre tanto, el valor mayor de la media lo presentó el T₃. Según Gomes (2001), cuanto mayor fuera ese valor dentro de un lote de posturas, mejora el patrón de calidad. Estas posturas las más preparadas para sobrevivir y crecer en el campo.

Hunt (1990) citado por Azevedo (2003), observando la calidad de posturas de *Pseudotsuga menziessi* y *Picea abies*, concluyó que las que obtuvieron el índice de calidad de Dickson con valores superiores a 0,2 son consideradas de buena calidad. Resultados similares fueron encontrados por Forteza (2009), al determinar los parámetros morfológicos y fisiológicos que determinan la calidad de la especie *Caesalpinia violacea* (Mill.) Standl. con diferentes sustratos orgánicos utilizando la tecnología de producción de plantas en tubetes.

Relación entre parámetros e índices morfológicos de las posturas

La comparación de los parámetros morfológicos evaluados fue hecha mediante la correlación de Pearson (Tabla 8) para obtener los parámetros que más se

relacionan e influyen en la calidad de las posturas. Fueron seleccionadas las correlaciones positivas y cercas a cero.

En la matriz de correlación, se observa los parámetros que están, mayormente, relacionados unos con otros. Las correlaciones más fuertes se presentan entre el índice de Dickson (QI) y la Esbeltez con 1,000**. También, entre el peso seco total (PST) y el peso seco aéreo y radical (PSA y PSR) con 0,998** y 0,995**, respectivamente. Otras correlaciones fuertes presentan el índice de vigor (IV) y la altura de la planta (H) con 0,944**; además de la Esbeltez (H/DC) con la altura (H=0,982**). De todo esto se infiere que los parámetros con correlaciones fuertes (positiva), en el caso de esta especie, son predictores de la calidad en vivero, por tanto, no deben dejar de ser estudiadas, ya que son estas las que más influyen en la morfología de la planta. Lo anterior significa que cuando aumenta una, la otra también aumenta.

De modo general, cuanto más cerca estén los valores a uno, la correlación es fuerte, lo que significa que las variaciones de una de las variables repercuten fuertemente en la otra. Los mayores valores son de 0,90 (Tabla 14). Castillo (2006) obtuvo una fuerte correlación entre el índice de Dickson y el diámetro de tallo con 0,958** en la aplicación de micorrizas en *Eucalyptus grandis* Hill x Maiden producida en vivero. También, Conceição (2015) reportó una fuerte correlación entre el índice de vigor y la altura da planta con 0,955**, además de Robustez con la altura (H=0,962**) y diámetro del tallo (DC=0,937**).

Tabla 14. Correlación de parámetros morfológicos en *S. mahagoni*.

	H	DC	NH	LRP	CRP	CRS	CRT	PSA	PSR	PST	PSA/PSR	H/DC	ICD	BAP
H	1													
DC	.712(**)	1												
NH	.942(**)	.705(**)	1											
LRP	.744(**)	.526(**)	.784(**)	1										
CRP	.773(**)	.625(**)	.848(**)	.807(**)	1									
CRS	.843(**)	.662(**)	.847(**)	.799(**)	.813(**)	1								
CRT	.853(**)	.678(**)	.889(**)	.842(**)	.838(**)	.864(**)	1							
PSA	.795(**)	.613(**)	.888(**)	.766(**)	.855(**)	.784(**)	.855(**)	1						
PSR	.796(**)	.614(**)	.894(**)	.755(**)	.846(**)	.778(**)	.847(**)	.887(**)	1					
PST	.798(**)	.615(**)	.893(**)	.764(**)	.854(**)	.784(**)	.854(**)	.998(**)	.995(**)	1				
PSA/PSR	-.730(**)	-.583(**)	-.829(**)	-.678(**)	-.793(**)	-.731(**)	-.795(**)	-.947(**)	-.960(**)	-.955(**)	1			
H/DC	.982(**)	-.141	.505(**)	.414(**)	.356(**)	.403(**)	.401(**)	.418(**)	.419(**)	.420(**)	-.360(**)	1		
ICD	.582(**)	-.141	.505(**)	.414(**)	.356(**)	.403(**)	.401(**)	.418(**)	.419(**)	.420(**)	-.360(**)	1.000(**)	1	
BAP	-.314(**)	-.262(**)	-.423(**)	-.327(**)	-.365(**)	-.336(**)	-.366(**)	-.471(**)	-.502(**)	-.485(**)	.513(**)	-.123	-.123	1
IV	.944(**)	.731(**)	.969(**)	.858(**)	.907(**)	.925(**)	.963(**)	.906(**)	.903(**)	.908(**)	-.842(**)	.477(**)	.477(**)	-.396(**)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

H= altura da planta; **DC**= diámetro del cuello de la raíz; **NH**= número de hojas; **LRP**= largo de la raíz principal; **CRP**= cantidad de raíces primarias; **CRS**= cantidad de raíces secundarias; **CRT**= cantidad de raíces total; **MSA**= masa seca aérea; **MSR**= masa seca radical; **PSA/PSR**= relación del peso seco aéreo y peso seco radical; **H/DC**= índice de Robustez; **ICD**= índice de calidad de Dickson; **BAP**= balance hídrico de la planta; **IV**= índice de vigor.

4.2 Descripción de la dinámica de crecimiento de *Swietenia mahagoni*

El ensayo de todos los modelos por tratamientos, de acuerdo con el análisis de bondad de ajuste y capacidad predictiva (Tabla 15), permitió determinar la ecuación que mejor mostró la dinámica de crecimiento de las posturas por tratamiento. Se llegó a establecer una ecuación cúbica de tipo: $y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$ para todos los tratamientos, donde t es el tiempo (edad) que permanecen las posturas en vivero y que permite diagnosticar la duración de la etapa en vivero en función de los tratamientos.

Tabla 15. Resumen de los modelos evaluados por tratamientos.

Modelos	Variable dependente	Variable independiente	Bondad de ajuste		Capacidad predictiva	
			R	R2	RECM	DA
TRATAMIENTO 1						
Linear	Altura	Días	0,849	0,720	2,075	4,306
Logarítmico	Altura	Días	0,821	0,674	2,273	5,169
Inversa	Altura	Días	0,773	0,597	2,543	6,470
Cuadrático	Altura	Días	0,849	0,721	2,073	4,299
Cúbico	Altura	Días	0,854	0,730	2,053	4,215
Compuesto	Altura	Días	0,818	0,669	2,104	4,428
Potencia	Altura	Días	0,825	0,680	2,218	4,922
S	Altura	Días	0,804	0,646	2,556	6,537
Crecimiento	Altura	Días	0,818	0,669	2,104	4,428
Exponencial	Altura	Días	0,818	0,669	2,104	4,428
Logística	Altura	Días	0,818	0,669	2,104	4,428
TRATAMIENTO 2						
Linear	Altura	Días	0,861	0,741	2,256	5,091
Logarítmico	Altura	Días	0,830	0,689	2,436	5,937
Inversa	Altura	Días	0,781	0,610	2,706	7,325

Cuadrático	Altura	Días	0,861	0,741	2,253	5,080
Cúbico	Altura	Días	0,864	0,746	2,216	4,914
Compuesto	Altura	Días	0,825	0,681	2,286	5,230
Potencia	Altura	Días	0,831	0,690	2,382	5,674
S	Altura	Días	0,810	0,656	2,717	7,387
Crecimiento	Altura	Días	0,825	0,681	2,286	5,230
Exponencial	Altura	Días	0,825	0,681	2,286	5,230
Logística	Altura	Días	0,825	0,681	2,286	5,230
TRATAMIENTO 3						
Linear	Altura	Días	0,863	0,744	1,947	3,795
Logarítmico	Altura	Días	0,966	0,933	2,158	4,660
Inversa	Altura	Días	0,970	0,942	2,250	5,066
Cuadrático	Altura	Días	0,927	0,860	1,891	3,579
Cúbico	Altura	Días	0,969	0,939	1,890	3,575
Compuesto	Altura	Días	0,816	0,665	1,932	3,735
Potencia	Altura	Días	0,945	0,894	2,144	4,597
S	Altura	Días	0,976	0,952	2,260	5,112
Crecimiento	Altura	Días	0,816	0,665	1,932	3,735
Exponencial	Altura	Días	0,816	0,665	1,932	3,735
Logística	Altura	Días	0,816	0,665	1,932	3,735
TRATAMIENTO 4						
Linear	Altura	Días	0,680	0,463	4,272	18,252
Logarítmico	Altura	Días	0,583	0,340	2,192	4,806
Inversa	Altura	Días	0,532	0,283	2,038	4,154
Cuadrático	Altura	Días	0,702	0,493	3,157	9,971
Cúbico	Altura	Días	0,703	0,494	2,081	4,331
Compuesto	Altura	Días	0,667	0,445	5,072	25,730

Potencia	Altura	Días	0,596	0,355	2,710	7,345
S	Altura	Días	0,561	0,314	2,008	4,033
Crecimiento	Altura	Días	0,667	0,445	5,072	25,730
Exponencial	Altura	Días	0,667	0,445	5,072	25,730
Logística	Altura	Días	0,667	0,445	5,072	25,730

Los resultados de las constantes en función del tiempo y estadísticos evaluados se resumen en la Tabla 16. Los grados de significación fueron menores de 0,05% en todos los casos, encontrándose los valores de coeficiente de determinación (R^2) entre 0,703 y 0,969.

Tabla 16. Mejor modelo por tratamiento para la dinámica de crecimiento de posturas a los 120 días.

Trat.	Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3	R^2	R^2 ajustada	RECM	DA
1	Cúbico	6.53624	-0.29053	0.00461	-0.00002	0,854	0,730	2,053	4,215
2	Cúbico	6.53624	-0.29053	0.00461	-0.00002	0,864	0,746	2,216	4,914
3	Cúbico	6.53624	-0.29053	0.00461	-0.00002	0,969	0,939	1,890	3,575
4	Cúbico	6.53624	-0.29053	0.00461	-0.00002	0,703	0,494	2,081	4,331

Trat. - Tratamientos; T1- Glomus cubense + suelo/materia orgánica en proporción 9:1; T2- Funneliformis mosseae + suelo/materia orgánica en proporción 9:1; T3- Rhizophagus intraradices + suelo/materia orgánica en proporción 9:1; T4- Control (suelo/materia orgánica en proporción 9:1)

Pacheco (2011) afirmó que los conjuntos de los modelos ajustados, podrá tener mayor aceptación aquellos que posean pocas variables y que sean fáciles de medir con exactitud, es decir, debe presentar alto valor de coeficiente de determinación (R) y el coeficiente de determinación (R^2) ajustada, bajo valor de raíz del error cuadrático medio (RECM) y baja diferencia agregada (DA); condición que cumple el modelo seleccionado. Con el modelo cúbico seleccionado en este

trabajo, se determinaron las ecuaciones representativas de la altura por diferentes tratamientos (Tabla 17).

Tabla 17. Ecuaciones de crecimiento por tratamientos.

Leyenda: *Trat. = Tratamientos; Var. dep. = variable dependiente; Var. ind. = variable independiente.

Trat.*	Var. dep.	Var. ind.	Ecuaciones
1	Altura	Tiempo	$h = 6,09+(0,04*t)+(0,0000587*t^2)+(0,0000046*t^3)$
2	Altura	Tiempo	$h = 4,764+(0,023*t)+(-0,003*t^2)+(0,00000524*t^3)$
3	Altura	Tiempo	$h = 6,437+(0,119*t)+(-0,001*t^2)+(0,00000106*t^3)$
4	Altura	Tiempo	$h = 4,994+(0,211*t)+(-0,003*t^2)+(0,0000022*t^3)$

Pérez y Kanninen (2003) recomiendan el empleo del modelo obtenido, ya que los mismos permiten obtener valores con mayor eficiencia y precisión, en este caso, la altura de la planta.

El empleo de ecuaciones en que la altura constituye la variable más dependiente en el procedimiento, frecuentemente, utilizado para estimar la altura de la planta, siendo la variable independiente comúnmente representada por el tiempo (edad) en vivero (Castillo, 2006). Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Fuego *et al.* (2010), los cuales establecieron una ecuación cúbica para describir la dinámica de crecimiento de *Eucalyptus saligna* obtenidas en sustratos compuesto por corteza de *Eucalyptus spp.* en Cuba.

4.3 Efectividad práctica y económica de la aplicación de tres cepas de micorrizas en plántulas de *S. mahagoni*

Con la aplicación de las tres cepas de micorrizas, se obtuvieron los mejores resultados, en el T₃ que al aplicarse (Suelo/ *Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1) resultando un costo \$ 0,20, seguido el T₁, con \$ 0,23 y el T₂ con \$ 0,24, con respecto al control que fue de \$ 0,29 (Tabla 18).

Tabla 18. Análisis económico para la producción de posturas.

CONCEPTOS	UM	T₁	T₂	T₃	T₄
Materias Primas y Materiales	Pesos	91,20	151,20	132,00	110,40
<i>Combustible</i>	Pesos	14,40	14,40	14,40	14,40
Gastos de Fuerza de Trabajo	Pesos	489,60	336,00	285,60	511,20
Total de Gastos Directos	Pesos	595,20	501,60	432,00	636,00
<i>Gastos Indirectos</i>	Pesos	59,52	50,16	43,20	63,60
Gasto Total	Pesos	654,72	551,76	475,20	699,60
Costo de producción de una postura (pesos)	Pesos	0,23	0,24	0,20	0,29

En este análisis se tuvo en cuenta la variación en las atenciones silviculturales, las cuales disminuyeron con la aplicación del biofertilizante, ya que las plantas consiguieron mayor altura (28,89 cm). De esta forma, se alcanzó lo expuesto por Buresti y Mori (2003), los cuales consideran que posturas de buena calidad de especies latifolias deben alcanzar una altura entre 20 y 60 cm.

Los resultados económicos indican que, con la aplicación de micorrizas en este tipo de suelo, se pueden producir posturas de óptima calidad, superiores a las producidas mediante la norma técnica, reduciéndose, considerablemente, los volúmenes de materia orgánica a utilizar y el tiempo de estancia en vivero. Estos resultados conllevan al ahorro de recursos materiales y humanos y a una buena calidad de las posturas; lo cual demuestra la factibilidad técnica y económica que

representa la aplicación de las cepas de micorrizas en la obtención de plántulas de *S. mahagoni*, en condiciones de vivero.

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

De forma general, estos resultados permiten inferir que la micorriza representa una opción vegetalmente viable y resulta de gran interés práctico en el sistema de producción de posturas, porque muestra potencialidades como una alternativa en los viveros forestales. Específicamente, en el desarrollo de la especie estudiada, puede ser empleado en los viveros de la provincia Guantánamo.

V. CONCLUSIONES

- Las aplicaciones de las tres cepas de micorrizas estudiadas son efectivas para el crecimiento en vivero *Swietenia mahagoni*, donde los mejores valores en los parámetros e índices morfológicos en la postura se alcanzaron con la cepa *Rhizophagus intraradices* + suelo/materia orgánica en proporción 9:1 (T₃).
- La dinámica del crecimiento en altura de *Swietenia mahagoni* producida en vivero se puede describir mejor con el modelo expresado en la ecuación cúbica del tipo: $y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$, para todos los tratamientos.
- La aplicación de las cepas de micorrizas en el crecimiento de las posturas de *S. mahagoni* es factible tanto práctica como económicamente, siendo la combinación donde se utilizó Suelo/*Rhizophagus intraradices* en proporción 9:1 (T₃), es la variante más económica.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares en otras especies de latifolias para corroborar el efecto de la micorriza en función de lograr una mejor calidad de las posturas durante su estancia en el vivero.
- Que el documento sirva de material de estudio para técnicos y especialistas de la Empresa Agroforestal Guantánamo a la hora de manejar las especies que se obtienen en los viveros.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achard, F., Beuchle, R., Mayaux, P., Stibig, H. J., Bodart, C., Brink, A., Lupi, A. 2014. Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global change biology*, 20(8), 2540-2554.
2. Acosta, D. (2019). Aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación[Tesis de maestría inédita]. Autónoma del Estado de Morales.
3. Agrinfor, 2003. Viveros Forestales. Manual técnico para las actividades agropecuarias y forestales en las montañas. Ministerio de la agricultura. p 7 – 10.
4. Aguado, G. A. (Ed.). 2012. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. Ed. México. 522 pp.
5. Alburquerque, R. M. 2008. Manual do viveiro florestal. Projecto de Desenvolvimento dos Recursos Naturais Município da E Cunha, Província do Huambo (CE-FOOD/2006/130444). Angola. 72 p.
6. Almeida, L. S. 2005. Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St. Hill., A. Juss. e Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 96 f.
7. Álvarez, A. 2000. La Genética Forestal en Cuba: Avances del siglo XX y desafíos del siglo XXI. Recursos genéticos forestales 27: 18-28.
8. Álvarez, A. 2012. La biotecnología vegetal: ¿Una alternativa para el enfrentamiento a los impactos del cambio climático en Cuba? Biotecnología vegetal 12(4): 195 -201.
9. Álvarez, P. y Varona, J. 1988. Silvicultura. Primera Edición. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. Pág 41-46.

10. Álvarez, P. y Varona, J. 2006. Silvicultura. Tercera Edición. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. Pág 45-50.
11. Andrade, S. A. L., Mazzafera, P., Schiavinato, M. A. y Silveira, A. P. D. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *The Journal of Agricultural Science* 147 (02), 105-115.
12. Aracil, J y Gordillo, F. Dinámica de sistemas. Alianza Editorial, 1997.
13. Aranda, R. 2010. 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 en opción al título de Master en Ciencias. Universidad de Guantánamo. 80 p.
14. Aranda, R., Pérez, A. y Riera, M. C. 2010. Diferentes fuentes de materia orgánica y cepas de hongos micorrizógenos en la producción de posturas de cacao (*Theobroma cacao* Lin.). *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 56, pp. 1- 10.
15. Arias, F. 2006. El Proyecto de Investigación. 5ª ed. Caracas: Episteme.
16. Azevedo, M. I. R. 2003. Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 88 p.
17. Barea, J. 1991. Morfología, Anatomía y Citología de las micorrizas va. En fijación y movilización de nutrientes. Madrid. Tomo I. Pág. 150-173.
18. Barroetaveña, C. y Rajchenberg, M. 2003. Las micorrizas y la producción de plántulas de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. en la Patagonia, Argentina. *Bosque* (Valdivia) 24 (1, enero): 17-33. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002003000100002>.
19. Barroso, L., Riera, M. C. y Montoya, A. 2010. Manejo del riego combinado con micorriza y materia orgánica en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* Lin.). *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871, Vol. 56, pp. 11- 20.

20. Beech, E., Rivers, M., Oldfield, S., y Smith, P. P. 2017. GlobalTreeSearch: the first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(5), 454-489.
21. Bernardino, D. C. S.; Paiva, H. N.; Neves, J. C. L.; Gomes, J. M. y Marques, V. B. 2005. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. *Revista Árvore*, Viçosa: MG, v.29, n.6, p.863-870.
22. Betancourt, A. 1983. Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales. Pág 45-49
23. Betancourt, A. 2000. Árboles maderables exóticos de Cuba. Pág 50-70.
24. Brito, V. N., Tellechea, F. R. F., Heitor, L. C., Freitas, M. S. M., & Martins, M. A. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilization on the seedling production of paricá. *Ciência Florestal* ,27(2),485–497.
25. Buresti, E. y Mori, P. 2003. Progettazione e realizzazione di impianti di arboricoltura da legno. Firenze, Italia. 78 p.
26. Bustamante, C. [et. al.]. 2002. Interacción entre bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y las micorrizas arbusculares en la biofertilización de posturas de *Coffea arabica* L. *Revista Café y Cacao*, 3(3), p. 47-50.
27. Cancino, C. y O, J., 2012. Dendrometría básica [en línea]. S.l.: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente. [Consulta: 21 septiembre 2018]. ISBN 978-956-8029-67-8. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/407>.
28. Carbonari, C. A.; Velini, E. D.; Gomes, G. L. G. C.; Takahashi, E. N. y Araldi, R. 2012. Seletividade e absorção radicular do sulfentrazone em clones de eucalipto. *Planta Daninha*, Viçosa –Mg, v. 30, n. 1, p. 147-153.
29. Carmo, D.L. do., Silva, B.V.N., Dias, J.de.S., Carvalho, J.G.de. y Pinho, P.J. 2010. Crescimento de cedro-australiano sob doses de boro e zinco em solução nutritiva. *Centro Científico Conhecer*. Goiânia, v.6, n.1, p.13.

30. Carneiro, J. G. A. 1995. Produção e controlo de qualidade de mudas florestais. Curitiba: PR, UFPR; FUPEF, 451p.
31. Carneiro, J. G. A. y Brito, M. A. R. 1992. Nova metodologia para produção mecanizada de mudas de *Pinnus taeda* L. em recipientes com raízes laterais podadas. Floresta, Curitiba: PR, v.22, n.12, p.63-77.
32. Carneiro, R. L. C.; Ribeiro, A.; Huaman, C. A. M.; Leite, F. P.; Sediya, G. C. y Neves, J. C. L. 2008. Consumo de água em plantios de eucalipto: Parte 2 Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não-irrigados. Revista Árvore, Viçosa, v.32, n.1, p.11-18.
33. Carrillo, C. 2000. Técnicas de micorrización en vivero con hongos ectomicorrícicos experiencias realizadas en el Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Ministerio de Medio Ambiente. 19 pp.
34. Castell, M. A., Figueredo, L. M. y Almarales, A. 2013. Objetos de conservación de la flora y la vegetación del paisaje natural protegido Estrella-Aguadores, Santiago de Cuba, Cuba. Foresta Veracruzana 15(2):7-14.
35. Castillo, I. 2001. Efecto del sustrato en el cultivo de la especie *Eucaliptus grandis* en vivero utilizando tubetes plásticos en la EFI Guanahacabibes. Tesis (en opción al Título de Master en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. Cuba. 100 pp.
36. Castillo, I. 2006. Efecto de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores en Pinar del Río, Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor. 200 p.
37. Céspedes, G., Cobas, M. y Falcón, E. 2020. Efectos de diferentes sustratos orgánicos en la producción de plántulas de *Caesalpineia violacea* en

- tubetes. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 24, No. Especial, pp. 16-24.
38. Chaiyasen, A. *et al.* 2017. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Tectona grandis* Linn.f. plantations and their effects on growth of micropropagated plantlets. *New Forests*, 48. p. 547-562.
39. Chaves, L. L. B.; Carneiro, J. G. A. y Barroso, D. G. 2006. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. *Scientia Forestalis*. n.72, p.49-56, dez.
40. Chaves, M. M. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany, London*, v.103, p.551-560.
41. Cobas, M. 2001. Caracterización de los atributos de la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw cultivada en tubetes. Resumen. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba. 100 pp.
42. Cobas, M., González, E., Sotolongo, R., Castillo, I., García I. y Medina, M. 2007. Evaluación del estado nutritivo de *Hibiscus elatus* sw. (Majagua) al final del cultivo en vivero. *Rev. Forestal Baracoa*. vol. 26 (2), p. 13-22.
43. Cook, E. R.; Esper, J. y D'Arrigo, R. D. (2004). Extra-tropical Northern Hemisphere land temperature variability over the past 1000 years. *Quaternary Science Reviews*, 23: 2063-2074.
44. Cruz, H.; Vila, I.; Cuesta, I.; Guerra, C.; López, R.; Triguero, N. y Rengifo, E. 2005. Manual Forestal de Plagas, Enfermedades y Micorrizas. P 38 - 54.
45. Cuesta, I. Ferrer, A y Rengifo, E. 2004. Importancia de la aplicación dual hongo micorrízico-bacteria en una especie forestal de interés económico. *Revista Forestal Baracoa*. Vol. 23 (2): 67-72, diciembre.
46. Davide, A. C. y Faria, J. M. R. 2008. Produção de sementes e mudas de espécies florestais. 1. ed. Lavras: MG, UFLA, 175p.

47. Díaz W. 2004. Manejo sustentable de ecosistemas forestales de la cuenca Los Pericos, Proyecto FAO-TCP/ARG/2902 (A), disponible en http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/cartilla_9.pdf
48. Díaz, L. M., W. S. Alverson, A. Barreto y T. Wachter (Eds.). 2006. Rapid Biological Inventories. Report 8. Cuba: Camagüey, Sierra de Cubitas The Field Museum, Chicago. 55 pp.
49. 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.
50. Donado, J. M, Dormido, S. y Morilla, F. 2005. Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de sistemas en epidemiología. Madrid. 68 pp.
51. Fadhillah, Elfita, Muharni, Yohandini H, Widjajanti. 2019. Chemical compound isolated from antioxidant active extract of endophytic fungus *Cladosporium tenuissimum* in *Swietenia mahagoni* leaf stalks. *Biodiversitas* 20: 2645-2650.
52. Falcón, E., Cobas, M. y Bonilla, M. 2020. Influencia de hongos micorrizógenos arbusculares en el crecimiento y nutrición de *Swietenia mahagoni* L. Jacq. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 24, No. Especial, pp. 25-32.
53. Falcón, E., Riera, M. C. y Rodríguez, O. 2010. Efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares sobre la producción de posturas de Caoba antillana (*Swietenia mahagoni* L. Jacq. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871, Vol. 56, pp. 21- 23.
54. Falcón, E.; Riera, M. C. y Rodríguez, O. 2010. 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*, 11p. ISSN: 1028-0871.
55. Falcón, E.; Riera, M. C. y Rodríguez, O. 2013. Efecto de la inoculación de

- hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. Cultivos Tropicales, vol. 34, no. 3., pp. 32-39.
56. Falcón, E.; Rodríguez, O. y Rodríguez, Y. 2015. Aplicación combinada de micorriza y Fitomas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (MAJAGUA). Cultivos Tropicales, vol. 36, no. 4., pp. 35-42.
57. Favalessa, M. 2011. Substrato renováveis e não renováveis na produção de mudas de *Acacia mangium*. Monografia (Ciências Agrárias) Jerônimo Monteiro, ES. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Florestal, 50p.
58. Fernández, F., Gómez, R., Vanegas, L., Noval, B. M., & Martínez, M.A. (2001). Producto inoculante micorrizógenos. No. 22641, Inst. Figueredo, L. M. y Cantillo, F. 2008. Objetos de conservación de la flora y la vegetación de los cerros calizos costeros de la reserva de la biosfera Baconao, Santiago de Cuba. Foresta Veracruzana, vol. 10, núm. 2, pp. 9-16.
59. Fonseca, E. P. 2000. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNESP, Jaboticabal: SP, 113 p.
60. Fonseca, F. A. 2005. Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. E *Mimosa artemisiana* Heringer e Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas. Dissertação (Ciências Ambientais e Florestais) Seropédica, RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas – UFRRJ, 61p.
61. Forteza, I. 2009. Efectos de diferentes sustratos orgánicos en la calidad de la planta de *Caesalpinia violacea* (Mill.) Standl, cultivada entubetes. Tesis (En opción al título de Master en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río.
62. Frank, 1985. Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. p 45.

63. Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. de A.; Penchel, R. M.; Lamônica, K. R. y Ferreira, D. de A. 2005. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*. 29 (6): 853 – 861.
64. Fuego, M. E.; Pérez, N.; Castillo, I.; Pérez, M.; Véliz, J. A. y García, I. 2010. Dinámica de crecimiento de plantas de *Eucalyptus saligna* smith obtenidas en sustratos de compost de corteza de *Eucalyptus* sp. *Revista Forestal Baracoa* vol. 29 (2), julio-diciembre, p.19-24. ISSN: 0138-6441.
65. Galán L. R.; De los Santos P. J. y Valdez, H. 2008. Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Revista Madera y Bosques*. 14 (2):65-82.
66. Geoffroy, A. *et al.* 2017. Molecular characterization of arbuscular mycorrhizal fungi in an agroforestry system reveals the predominance of *Funneliformis* spp. associated with *Colocasia esculenta* and *Pterocarpus officinalis* adult trees and seedlings. *Frontiers in Microbiology*, 8(28). DOI: 10.3389/fmicb.2017.01426.
67. Gilarte, D. 2006. Efectos de las micorrizas arbusculares en especies forestales en condiciones de viveros. Tesis (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) FAF, Guantánamo.
68. Gomero, L. y Velásquez, H. 2001. Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. Disponible en: [www. Adas.co.uk](http://www.adas.co.uk). (Consulta: enero, 10 2017).
69. Gomes, J. M. 2001. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – UFV, Viçosa: MG, 166 p
70. Gomes, J. M. 2002. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 26 n. 6, p. 655- 664.

71. González, P. J.; Rivera, R.; Arzola, J.; Morgan, O. y Ramírez, J. F. “Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada”. *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 4, diciembre de 2011, pp. 05-12, ISSN 0258-5936.
72. González, R., Rodríguez, L., Montoya y Blanco, A. 2011. Adaptación de vitroplantas de malanga clon “Amarilla especial”. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871, Vol. 56, No. 1. pp. 1- 8.
73. Goodman, R., y Herold, M. (2014). *Why maintaining tropical forests is essential and urgent for a stable climate*. CGD Working Paper 385. Washington, DC: Center for Global Development.
74. Graaff, J., Aklilu, A., Ouessar, M., Asins, V.S., Kessler, A. 2013. The development of soil and water conservation policies and practices in five selected countries from 1960 to 2010. *Land Use Policy* 32:165 - 174.
75. Guadarrama, P.; Sánchez–Gallen, I.; Álvarez–Sánchez, J. y Ramos–Zapata, J. 2004. Hongos y plantas, beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias* Pág 38-45.
76. Hernández, A. 1999. Micorrizas Arbusculares: Aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. Disponible en: <http://www.cdeea.com/micorrizas.htm> [Consultada enero, 5 de 2017].
77. Hernandez, A. e González, H. 2013. Congreso Cubano de Geología Hidrogeología e Engenharia Geológica geo5-o3, V Convenção Cubana de Ciências da terra, Memórias em CD-Rom, Havana. ISSN 2307-499X. da metodologia para a gestão integrada dos recursos hídricos na bacia do rio Cochino-Bermejo.
78. Hernández, A. J. 1999. Caracterización de suelos dedicados a viveros en la zona de Tope de Collantes. Informe Técnico. Instituto de Suelos, (Ciudad Habana). p 11.

79. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Rivero, L.D. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR, La Habana. 64 p.
80. Hernández, C.W. y Salas, E. “La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo”, *Agronomía Costarricense.*, vol. 33, no. 1, 2009, pp. 17–30, ISSN 0377-9424.
81. Hernández, M. y Guzmán, L. 2002. Efectos de la biofertilización en el cultivo de la soya. *Prog. Res. XIII Congreso Científico. INCA. La Habana.* 113 p.
82. Holste, E.K. *et al.* 2016. Reduced aboveground tree growth associated with higher arbuscular mycorrhizal fungal diversity in tropical forest restoration. *Ecology and Evolution*, 6, p. 7253-7262.
83. Jiménez, M. M. 2006. Guía Técnica Agroforestal. Instituto de Investigaciones Agroforestales. Ministerio de la Agricultura. 38 pp.
84. Jordá, A. y Lucía, A. 2006. Las ventajas del uso de Micorrizas en la producción de plantines forestales] En: Restauración de la flora fúngica. Disponible en: <http://la-pagina.de/micorrizalaj/>. (Consulta: 6 de febrero de 2021).
85. Jorín, M., Riera, M., J.I., Duran, A. G. Planas y Planas, L. A. 2013. Efectividad de las aplicaciones de micorrizas, azotobacter y humus de lombriz en plantaciones de plátano. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 17, No.3, julio-septiembre pp.72-81.
86. Jose, A.C.; Davide, A. C. y Oliveira, S.L. 2005. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Cerne, Lavras.* v.11, n.12, p.187 – 196.
87. Kirkconnell, A., D. F. Stotz y J. M. Shoppland (Eds.). 2005. Resumen Ejecutivo. En: Rapid Biological Inventories. Report 7. Cuba: Península de Zapata. The Field Museum, Chicago. pp. 9-13.

88. Knapik, J. G.; Almeida, L. S.; Ferrari, M. P.; Oliveira, E. B. y Nogueira, A.C. 2005. Produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Allophylus Edulis* (St. Hil.) Radl. (Vacum) sob diferentes regimes de adubação. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 51. 15 p.
89. Koide, RT. 2000. Mycorrhizal symbiosis and plant reproduction. En: Kapulnick, Y. and Douds, DD. (eds.). Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Kluwer Academic Press, Dordrecht.
90. Labaut, RM, Almaguer Y, Arcia T, Veliz R, García C. 2001. Plantas autóctonas del Jardín Botánico Cupaynicú. Revista Electrónica Granma Ciencia 5(2): 1-31.
91. León, G. 2009. Planeación y Distribución de Instalaciones. Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. 254 pp.
92. Lima, J.D.; Silva, B.M.S.; Moraes, W.S.; Dantas, V.A.V. y Almeida, C.C. 2008. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). *Acta Amazonica*, 38: 5-10.
93. Linares, E., Álvarez, A., Diago, I. y Mercadet, A. 2011. El sector forestal de Cuba al término de 2007: empleo de la diversidad forestal en la (re) forestación. Revista Forestal Baracoa vol. 30 (1), enero-junio. ISSN: 0138-6441. pp. 3-12.
94. Lopes, J. L. W.; Guerrini, I. A.; Silva, M. R.; Saad, J. C. y Lopes, C. F. 2011. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.31-39.
95. López, S. e Schiavini, I. 2007. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. Revista Acta Bot. Brasil, Vol 21 (2), pp. 249-261.

96. Machado, D. F. S. P.; Machado, E. C.; Machado, R. S. y Ribeiro, R. V. 2010. Efeito da baixa temperatura noturna e da porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranja "valência". Rev. Bras. Frutic. vol.32 no.2 Jaboticabal June 2010 Epub June 18.
97. Machuca, J. 2004. Abono orgánico fermentado. Una contribución al desarrollo orgánico local. ISBN 959-11-0438-3 Guantánamo. p 25.
98. Malavasi, U. C. y Malavasi, M. M. 2006. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. Ciência Florestal. v.16, n.1, p.11-16.
99. Marshner, H. 1998. Soil-root interface: biological and biochemical processes. En: Soil chemistry and ecosystem health. SSSA Spec. Pub., Madison.
100. Marshner, H. y Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plante soil Pág 89-102.
101. Martínez, J., Tiger, B., Cámara, L. and Castillo, O. 2015. Relationship between structural diversity and carbon stocks in humid and sub-humid tropical forest of Mexico, *écoscience* 22 (2-4). P: 125-131.
102. Martínez, M. y Riera, M. C. 2011. Efecto de la incorporación de abono verde micorrizado sobre el crecimiento de posturas de (*Coffea arabica* L.). *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871, Vol. 61, No. 3. pp. 1- 8.
103. 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.

104. Melo, C.D. *et al.* Communities of arbuscular mycorrhizal fungi under *Picconia azorica* in native forests of Azores. *Symbiosis*, 74(1), 2018, p. 43-54.
105. MINAGRI. 2006. Programa Nacional Forestal de la República de Cuba hasta el año 2015. Dirección Nacional Forestal del Ministerio de la Agricultura. La Habana. 86 pp.
106. Molina, M.; Mahecha, L. y Medina, M. 2005. Importancia del manejo de los hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2), p. 37- 45.
107. Monier, M. E., De la Cruz, N. Cabrera, Telémaco, R. M., Sariol, D. 2013. Uso de Pectimorf y micorriza en el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.). *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN 1028-0871 Vol. 17, No.3, julio-septiembre pp.92-100.
108. Montano, R. 1998. Fitoestimuladores orgánicos para la agricultura. Resultado de investigación, Informe Técnico. Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA), MINAZ. Ciudad Habana. Cuba.
109. Montoya, A., Barroso, L., Monroy, B., Robles, J. D. y Posos, P. Producción de hortalizas de bulbo con reducción del suministro hídrico y nutricional. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 23, No. 2, pp. 59- 68.
110. Moreira, Y., López, Y., Lescaille, J. y Osorio, J. 2016. Combinación de dos cepas de micorrizas con microorganismos eficientes en el cultivo de la Habichuela. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 20, No. 2, abril-junio pp.89-98.
111. Moreno, L. 2002. Gobernación de la Tierra del Fuego. Argentina. p 56.

112. Najera, A. 2001. Técnica de rehabilitación de las áreas afectadas por los incendios forestales. Proyecto TCP/CUB/006-FAO. 20 p.
113. Oliet, J. A. 2000. La calidad de la planta forestal en vivero. Ed. (ETSIAM) Escuela Técnica superior de Ingenieros de Montes de Córdoba.España. Pág 93.
114. Pacheco, F. M. 2011. Tabla de volumen para *Quercus laurina* en la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca. 63 p.
115. Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., y Jackson, R. B. (2013). The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44, 593-622.
116. Pañuelas, R.J. L. y Ocaña, L.B. 2000: Cultivo de plantas en contenedores. Edición Mundi- Prensa Ministerio de la Agricultura, Pesca y alimentación. España.
117. Pearson y Vitousek. 2001. Stand Dynamics, Nitrogen Accumulation, and Symbiotic Nitrogen Fixation in Regenerating Stands of *Acacia koa*, 55
118. Perez – Moreno y Read. 2004. Las micorrizas, formas de existencia de la planta en el planeta. (Consulta: diciembre, 20 – 2016).
119. Pérez, C. y Kanninen, M. 2003. Estimación del volumen comercial a diámetros y alturas variables para *Tectona grandis* L. F. en Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. Costa Rica. 39: 56-59.
120. Peteira, B.; Fernández, A.; Rodríguez, H. y González. A. 2008. Efecto del BION y el Fitomas E como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus pinki*. *Rev. Protección Vegetal*. Vol. 23 (1). pp 32-37.
121. Quintero, C. H. 2005. Crecimiento de dos especies tropicales maderables en plantaciones en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 68 p.

122. Quiroz, I.; Flores, L.; Pincheira, M. y Villarroel, A. 2001. Manual de viverización y plantación de especies nativas. Zona centro y sur de Chile. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 159 p.
123. Ram, M., Ram C. Reddy Jala, Shiva Shanker Kaki, R.B.N. Prasad, B.V.S.K. Rao. 2016. *Swietenia mahagoni* seed oil: A new source for biodiesel production. *Industrial Crops and Products* 90 (2016) 28–31.
124. Ramírez, M. *et al.* 2011. Manual de uso y aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en especies forestales. Bogotá (Colombia): Corpoica, 52 p.
125. Reis, E.R.; Lúcio, A.D.; Binotto, A.F. y Lopes, S.J. 2008. Variabilidade dos parâmetros morfológicos em mudas de *Pinus elliottii* Engelm. *Revista Cerne*, v. 14, n. 02, p. 141-146.
126. Reyes, J. y Aldrete, A. 2005. Diagnóstico de la situación actual de los viveros forestales del estado de Hidalgo, México. IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 525pp.
127. Rillig, M. y Mummify, L. 2006. Mycorrhizae and soil structure. *New Phytologist*. 171 pp.
128. Rivera, R.; Fernández, F.; Ruiz, L.; Sánchez, C.; Hernández, A.; Fernández, K. y Plana, R. 2006. El manejo efectivo de la simbiosis micorrizicas en la producción agrícola. Avances y retos inmediatos. Conferencia de biofertilización, Gtmo. 36 p.
129. Rodríguez, J., Puig, A. e Leyva, C. 2017. Caracterización estructural del bosque de galería de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa. *Revista Cubana de Ciencias Forestales (CFORES)*, Vol. 6(1), pp. 45-57.
130. Rodríguez, Y.; Riera, M.; Álvarez, P.; Rodríguez, V. y López, R. 2008. 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. 15 p.

131. Rodríguez-Morelos, V.H. *et al.* 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of seedlings and mature trees of *Swietenia macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae), in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico, *Revista Chilena de Historia Natural*, 87, p. 1-10.
132. Rosales, P. R., González, P. J., Ramírez, J. F. y Arzola, J. 2017. Selección de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares para el pasto guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni). *Cultivos Tropicales*, vol. 38, no. 1, pp. 24-30.
133. Sahgal, G., Ramanathan, S., Sasidharan, S., Nizam, M., Sabariah, M. Ismail, y Mahsufi, S. 2009. *In Vitro* Antioxidant and Xanthine Oxidase Inhibitory Activities of Methanolic *Swietenia mahagoni* Seed Extracts. *Molecules* 14, 4476-4485; doi:10.3390/molecules14114476.
134. Salas, E., & Blanco, A.F. (2000). Selección de plantas hospederas y efecto del fósforo para la producción de inóculo de hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) por el método de cultivo en macetas. *Agronomía Costarricense*, 23(1), 11-17.
135. Sánchez, A. C. 2016. Efecto producido por diferentes cepas de Micorrizas en los parámetros morfológicos y fisiológicos de la especie *Calophyllum antillanum* Britton en fase de vivero. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Guantánamo. 71 p.
136. Santos, C. B. 2000. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, p. 115.
137. Servicio Estatal Forestal (SEF). 2019. Dinámica Forestal. Dirección Nacional del Servicio Estatal Forestal. Ministerio de la Agricultura de Cuba.
138. Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in Tropical Agrosystems. Federal Republic of Germany: Deutsche Gesellsachoff fur Techniische.

139. Siva Prasad Panda, Pallab Kanti Haldar, Samit Bera, Soumitra Adhikary & Chandi Charan Kandar (2010) Antidiabetic and antioxidant activity of *Swietenia mahagoni* in streptozotocin-induced diabetic rats, *Pharmaceutical Biology*, 48:9, 974-979, DOI: 10.3109/13880200903390051.
140. Sotolongo, R.; Geada, G. y Cobas, M. 2010. Fomento Forestal. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. P 287. ISBN 978-959-07-1294-4.
141. Speck, J., Barroso, L. y Riera, M. 2007. Aporte a la tecnología de producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en condiciones de sequía. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 44, No. 2, pp. 1- 10.
142. Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM. 2013. Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
143. Strullu, D.G. 1991. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. P 56.
144. Suárez, F. y M. C. Riera. 2008. Uso de biofertilizantes para la producción de granos en zonas llanas del municipio El Salvador, Guantánamo. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871, pp. 1- 10.
145. Tamayo, T., Quezada, R., Doménech, j., González, O. y Verdecia, M. 2014. Efectividad del manejo forestal en la disminución de los sedimentos sólidos en suspensión de suelo, en la subcuenca número 48 (Cilantros), municipio de Pílon, provincia de Granma. *Revista ingeniería agrícola*, issn-2326-1545, rmps-0622, vol. 4, no. 1 (enero-febrero-marzo), pp. 48-54, 2014.
146. Tamayo, Y., Alonso, G. M., Corona, Y. y Barraza, F. V. 2015. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. ante la coinoculación de *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 19, No. 1, enero-marzo pp. 100-108.

147. Teodoro, A. 2009. Evaluación de la calidad de la planta de *Cedrela odorata* L. cultivada en vivero mediante diferentes métodos. Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río, 2009
148. Thomson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can't you tell by looking in: Evaluating seedling quality: principles, procedure and predictive abilities of major trees. M.L. Duryea eds. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Pág 59 – 64p.
149. Toral, O.; Iglesias, J.; Pentón, G. y Sánchez, T. 2007. Evaluación de Árboles y Arbustos Forrajeros con Potencial Agrosilvopastoril en Diferentes Agroecosistemas de Cuba. Disponible en: www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/ToralO.htm [Consulta: diciembre, 5 - 2016].
150. Vaast, P., Caswell-Chen, E. P., & Zasoski, R. J. 1997a. Influences of a root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, and two arbuscular mycorrhizal fungi, *Acaulospora mellea* and *Glomus clarum* on coffee (*Coffea arabica* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 26(2), 130-135.
151. Vaast, P., Zasoski, R. J., & Bledsoe, C. S. 1997b. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation at different soil P availabilities on growth and nutrient uptake of in vitro propagated coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Mycorrhiza*, 6(6), 493-497.
152. Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., Y Kamal, E. 2009. Chemical Composition and Phenolic Compound Profile of Mortino (*Vaccinium floribundum* Kunth.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 8274-8281.
153. Vicente, Y., Durand, J. I., Duverger, H. y Bertot, I. 2013. Alternativas sostenibles para la producción de lechuga en condiciones de organopónicos. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 17, No.4, octubre-diciembre pp. 74-81.

154. Vieira, M.; Schumacher, M. V. y Liberalesso, E. 2011. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 415-421, jul./set.

Anexo 1. Certificado de concordancia de la especie *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.

Empresa Agroforestal Guantánamo

Nave semillera de Jamaica

Anexo F

Certificado de Concordancia

Fecha: 20/8/2016

No. de muestra: 4

Estación del análisis: Guantánamo

Identificación del lote: Masa semillera # 05 Guantánamo

Nombre científico: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.

Nombre vulgar: Caoba de Cuba

Recibido: 15/5/2017

Resultados: -

Parámetros: -

Capacidad germinativa (CS): 94, 25

Semilla por kilogramo (SK): 28311

Porcentaje de semillas sanas (SS): 97

Porcentaje de semillas vanas (SV): 3

Porcentaje de semillas enfermas (SE): 0,6

Semillas sanas en corte final (%): -

Plantas probables por kilogramo (PK): 27134

Porcentaje de pérdida (PD): 7,5 Semillas por planta (SP): 1,1

Semillas por mil plantas (K): 0,2

Observaciones: Estas semillas están fuera de frío

Certificamos que los datos anteriores son rigurosamente exactos según norma cubana.

Fecha de vencimiento: diciembre 2018



Jefe de Estación