

UNIVERSIDAD DE MATANZAS

SEDE "CAMILO CIENFUEGOS"

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



*Trabajo de Diploma*

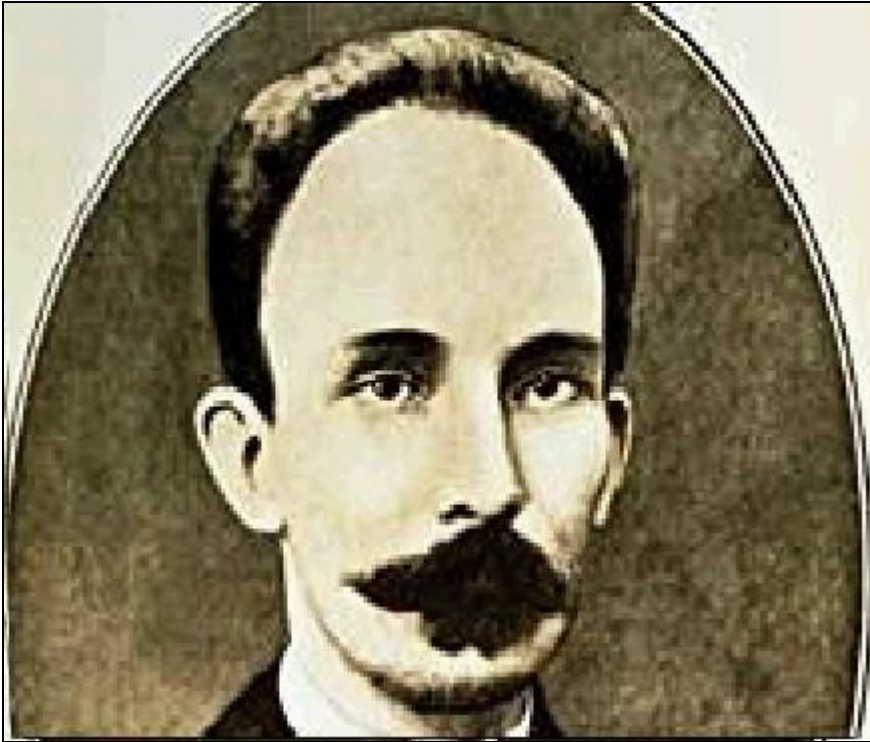
**Efecto de varios bioproductos agrícolas en la  
calidad de la postura y estabilidad del cepellón de  
*Eucaliptus sp. producida con la tecnología de  
tubetes.***

*Autor: Liz Danay Pérez Fernández*

*Tutores: MSc. Jorge Luis Álvarez Marqués*

*MSc. Marisol Fragela Hernández*

**Matanzas, 2018**



*“No hay en agricultura acaso cosa más importante que preparar bien la tierra para la siembra. La tierra más fértil necesita preparación aún en países exuberantes, se distingue el fruto cosechado en tierra cuidada del fruto sembrado en la tierra dejada a sí propia”.*

*José Martí.*

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

-----

-----

-----

-----

Presidente del Tribunal

-----

Tribunal

-----

Tribunal

-----

Tribunal

-----

Evaluación

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Declaro que yo, Liz Danay Pérez Fernández soy la única autora de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: \_\_\_\_\_

Liz Danay Pérez Fernández

## **DEDICATORIA**

Quiero especialmente dedicarles este trabajo a mis padres y mi hermano por estar siempre presente en mi vida y porque si estoy hoy aquí, es gracias a ellos, por ser todo en mi vida y significar tanto para mí, por siempre estar. Los amo muchísimo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Una tesis lleva gran esfuerzo y dedicación pero más que eso, necesita de personas que hacen que la misma sea un éxito por lo cual quisiera agradecer primeramente a todos y cada uno de los profesores que han intervenido en mi formación profesional, desde que comencé en primer año hasta que llegué a quinto, a todos ustedes muchas gracias. También quiero agradecerle al profesor Jorge Luis y a la profesora Marisol por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos y de compartir sus conocimientos y de hacer posible que yo concluyera mi trabajo de diploma, gracias por haberme apoyado siempre y por confiar en mí.

Agradezco la ayuda prestada por el profesor Antonio Delgado que desde un inicio colaboró conmigo en la realización de este trabajo, así como a los trabajadores de la Empresa Agroforestal de Matanzas que siempre nos apoyaron en la realización de este trabajo.

También a mi familia, amigos y a mi novio por estar presente a lo largo de estos años en mi paso por la Universidad de Matanzas.

A todos muchas gracias.

## **OPINIÓN DEL TUTOR**

El estudio de la aplicación de bioproductos en la producción de posturas de *Eucalyptus sp.*, parte de la necesidad de mejorar la tecnología de producción de posturas de especies forestales en tubetes, utilizada actualmente en el vivero de la Empresa Provincial Forestal de Matanzas, ya que con anterioridad se han presentado limitaciones en la calidad del cepellón y los niveles de supervivencia de las plántulas durante el establecimiento en campo, cuestión que ha causado preocupación e interés por la empresa para alcanzar mejores resultados, por lo que el presente experimento pretende contribuir en una primera aproximación a mejorar la calidad y eficiencia del sistema de producción que se lleva a cabo actualmente.

La diplomante Liz Danay Pérez Fernández, durante el desarrollo del trabajo experimental ha trabajado con varios tutores, por la salida en misión de colaboración de su tutor original, siendo el criterio de todos los que le han orientado, que ha sido disciplinada y ha demostrado consagración e interés por la consecución de las habilidades técnico-investigativas desarrolladas en la solución del problema planteado.

Teniendo en cuenta lo anterior, lo cual sintetiza el esfuerzo realizado por la estudiante, así como la preparación adquirida para enfrentar nuevos retos en el futuro, se le propone al tribunal que valore el desempeño realizado y su trayectoria estudiantil en los cinco años de la carrera, para que se le otorgue el título de Ingeniero Agrónomo. Deseándole muchos éxitos a la diplomante en su vida profesional y cotidiana.

**Tutores: MSc. Jorge Luis Álvarez Marqués**

**MSc. Marisol Fragela Hernández**

## Resumen

El éxito en la formación de altas producciones forestales depende, en gran parte, de la calidad de las plántulas que deben resistir las condiciones adversas encontradas en el campo. Evaluar el efecto del empleo del QuitoMax®, EcoMic® y Radix-P en la producción de plántulas de *Eucalyptus sp.* en tubetes es el objetivo propuesto. Como sustrato se utilizó una mezcla de estiércol bien descompuesto al 60 % y suelo Ferralítico Rojo al 40 %, en tubetes de 150 cm<sup>3</sup> en bandejas de 108 locaciones. A las plántulas se les evaluaron características morfológicas de altura, diámetro del tallo, masa seca de la parte aérea y raíz, altura, índice de esbeltez (IE), índice de calidad de Dickson (QI) y el balance hídrico de la planta (BAP), así como la calidad del cepellón. En los resultados obtenidos el tratamiento con Radix-P presentó un incremento significativo de la germinación con relación a los demás tratamientos, mientras que cada una de las características morfológicas evaluadas no presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo se destaca el empleo del QuitoMax® con relación a los restantes tratamientos en la calidad de las plántulas para ser llevadas al campo.

**Palabras clave:** *Eucalyptus sp.*, vivero, micorrizas, quitosano, tubetes.



# Índice

<b>Introducción</b> .....	11
<b>Problema</b> .....	13
<b>Hipótesis</b> .....	14
<b>Objetivo General</b> .....	15
<b>Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>I Revisión Bibliográfica</b> .....	16
1. Tendencia mundial de la deforestación .....	16
<b>1.1.1 La deforestación en Cuba sus causas y tendencias</b> .....	17
<b>1.1.2 La reforestación en Cuba, tendencias y políticas aprobadas.</b> .....	18
<b>1.1.3 Impacto de la deforestación en los cambios climáticos.</b> .....	20
1.2. Tecnologías de viveros. Ventajas y desventajas. ....	22
<b>1.2.1 Sustratos empleados en las producciones de viveros forestales.</b> .	24
1.3. Utilización de productos biofertilizantes y bioestimuladores. ....	25
<b>1.3.1 Las micorrizas</b> .....	28
<b>1.3.2 Beneficios de las micorrizas sobre el desarrollo de las plantas</b> ....	29
1.4 Eucalipto. Origen, diversidad y distribución geográfica.....	31
1.5 Técnicas de vivero empleadas en su fomento. ....	33
<b>II Materiales y Métodos</b> .....	36
2.1 Características generales del estudio .....	36
2.2 Diseño Experimental:.....	36
2.3 Variantes experimentales.....	37
2.4 Variables de medición.....	37
2.5 Tamaño de la muestra y sistema de muestreo .....	38
2.6 Índices morfológicos evaluados.....	38

2.7 Procesamiento estadístico de los datos.....	40
<b>III Resultados y Discusión .....</b>	<b>41</b>
3.1 Germinación de las semillas .....	41
3.2 La altura de las plántulas .....	43
3.3 Biomasa seca de las plántulas.....	44
3.4 Indicadores morfológicos de calidad de las plántulas .....	45
3.5 Efecto en la calidad del cepellón.....	48
3.6 Valoración económica.....	49
<b>Conclusiones.....</b>	<b>51</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>53</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>62</b>

## **Introducción**

El fomento progresivo e ininterrumpido de áreas agrícolas y el desmonte sistemático de bosques para la construcción de infraestructura son las causas más recurrentes del decrecimiento de bosques en todo el planeta, teniendo un marcado impacto en los efectos que posee sobre el clima. Al desaparecer los bosques se pierden con ellos importantes servicios ecosistémicos que mantienen el equilibrio en variables físicas y biológicas del planeta.

En Cuba el patrimonio forestal ha sido explotado indiscriminadamente a lo largo del tiempo, dicha situación se ha revertido a partir de políticas y estrategias de reforestación que se han introducido paulatinamente. Como parte de las estrategias se impulsó la producción de posturas de especies de interés forestal, como principal fuente del fomento de bosques. La ineficiencia en ocasiones de la siembra directa por un conjunto de factores condicionados en parte por el clima tropical húmedo ha influido negativamente, prestándosele por ello adecuada atención, particularmente a la investigación e introducción de tecnologías de vivero, buscando optimizar los procesos de producción que vayan dirigidos a humanizar la labor de los obreros, disminuir los costos por el tipo de envases, disminuir los volúmenes de suelo y otros materiales extraídos de bosques que encarecen la producción y deterioran las áreas boscosas. Para lograr esta eficiencia necesaria se buscan alternativas relacionadas con la utilización de bioproductos, aunque la utilización de este tipo de productos estimulantes del crecimiento y desarrollo no es una práctica muy común en la producción forestal, siendo el más común la inoculación de micorrizas a partir de incorporar en los sustratos de la producción de posturas de coníferas, suelos extraídos de áreas boscosas ya establecidas (PCC,2016).

Como parte de esta voluntad de perfeccionar la producción de posturas se introduce en el país la tecnología de tubete, experiencia internacionalizada con resultados tanto en países de clima frío como en varios de la región

latinoamericana. Los primeros intentos para estandarizar la producción en viveros de la Empresa Agroforestal de Matanzas (UEB San Pedro de Mayabón y UEB Matanzas), han producido posturas de baja calidad (menor tamaño, frondosidad, poca estabilidad del cepellón y presencia de clorosis y enfermedades), lo que aumenta las pérdidas y una baja supervivencia en campo.

## **Problema**

La baja calidad de posturas (poco o excesivo tamaño, escasa frondosidad, poca estabilidad del cepellón y presencia de clorosis y enfermedades) producidas en tubetes en la Empresa Agroforestal de Matanzas han producido un aumento de las pérdidas y disminución de la supervivencia en el campo.

## **Hipótesis**

La utilización de bio-productos puede mejorar la calidad de las posturas y asegurar que su sistema de raíces contribuya a la estabilidad del cepellón.

## **Objetivo General**

Determinar los efectos de productos biológicos en la producción de posturas de *Eucalyptus sp* cultivadas con la tecnología de tubete, como contenedor de este tipo de producción.

## **Objetivos Específicos**

Determinar los efectos de los bio-productos EcoMic®, Radix P y QuitoMax® sobre las variables morfológicas de las posturas de *Eucalyptus sp* crecidas en tubetes.

Evaluar los efectos de los bioproductos sobre el enraizamiento de las posturas y su impacto en la calidad del cepellón.

# I Revisión Bibliográfica

## 1. Tendencia mundial de la deforestación

Los procesos de deforestación, fragmentación y degradación ocurren particularmente en zonas de alta concentración de población. Sin embargo, la escasa información sobre la pérdida de la superficie forestal no permite conocer la magnitud de los impactos, la dinámica de deforestación y la velocidad a la que esta ocurre tanto a nivel local como agregado (Alfonso, 2015).

La deforestación es la conversión directa, inducida por el hombre, de tierras forestales a tierras no forestales (United Nations, 1992). Una de las últimas evaluaciones más importantes fue realizada por Hansen *et al.*, (2013), los cuales obtuvieron una pérdida de 2.3 millones km<sup>2</sup> y una ganancia de 0.8 millones km<sup>2</sup> de bosques a nivel global durante el periodo 2000-2012. Así mismo, Recursos Forestales Mundiales (Global Forest Resources Assessment, FRA) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó que las tasas de deforestación han disminuido los últimos cinco años, presentando una pérdida de 76 000 km<sup>2</sup>/año y una ganancia de 43 000 km<sup>2</sup>/año, lo que equivale a una pérdida neta anual de 33 000 km<sup>2</sup>/año a nivel mundial en el período 2010-2015.

Pacheco *et al.* (2012) han estimado que la deforestación aporta aproximadamente entre diez y veinte por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, lo que afecta negativamente al funcionamiento global del medio ambiente y produce un conjunto de cambios que interfieren en el clima, en el ciclo de carbono, en la pérdida de biodiversidad, el suministro de agua potable, entre otros sistemas naturales (Lepers *et al.*, 2005); Lambin y Meyfroidt (2010); Meyfroidt *et al.*, (2010). Algunos autores deducen que este proceso es provocado principalmente por el crecimiento de la superficie dedicada a la agricultura (Rudel *et al.*, 2009) y por el incremento acelerado de la población urbana (De Fries *et al.*, 2010).



Dicha problemática se ha analizado a escala global (Hansen *et al.*, 2013; Achard *et al.*, 2014; Organización del Tratado de Cooperación Amazónica, 2014; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014; Forest Survey of India, 2014 y Bartalev *et al.*, 2014), contemplando que para estimar la deforestación de manera precisa es necesario trabajar con escalas que van de 1:25 000 a 1:50 000. La conversión y la destrucción de los bosques no tienen que examinarse exclusivamente en función de los aspectos económicos, medidos éstos por el valor monetario del producto de uso final principal que de él se extrae, la madera; sino en relación con las amplias funciones que el bosque desempeña en el sistema natural. Sus principales funciones pueden agruparse en protectivas, reguladoras y productivas a nivel del ecosistema, y adquieren valor económico según el uso que el hombre haga no sólo del recurso forestal, sino de la totalidad de cada ecosistema.

### **1.1.1 La deforestación en Cuba sus causas y tendencias**

La alteración de los ecosistemas es actualmente uno de los problemas fundamentales que pone en peligro la existencia de muchas especies, agravándose esta situación en los trópicos debido a la fragilidad de los mismos y a la coincidencia de que sea en la franja tropical donde se concentra la mayor diversidad y riqueza biológica de los productos forestales, perdiéndose especies en ocasiones desconocidas para la ciencia.

Theodor Friedrich, representante en Cuba de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), según Ceballo (2015), resaltó que los bosques resultan esenciales para la vida en el planeta, la mitigación al cambio climático, el suministro de agua potable así como la seguridad alimentaria. Durante su intervención en la Convención Internacional Agroforestal Cuba 2015 celebrada el 17 de abril en el Palacio de Convenciones, se destacó que el principal reto que enfrenta este sector es la deforestación, que si bien ha decrecido en los últimos años, aún se mantiene en niveles altos. Puntualizó que el sector forestal, se relaciona prácticamente con todas las esferas de la vida, tanto en la creación

de ingresos como en el suministro de productos maderables y no maderables. El representante de la FAO resaltó la importancia de lograr en Cuba un manejo sostenible, pero integrado al desarrollo de riquezas, donde esta vegetación espontánea contribuya a los servicios ambientales y se centre en un aspecto medioambiental (Ceballo, 2015).

La creación en 2003 del Grupo de Especialistas en Plantas de Cuba de la Comisión de Supervivencia de Especies consolida los esfuerzos del país en el conocimiento de la flora amenazada. Vásquez (2004), plantea que tanto los silvicultores como los genetistas al crear cultivos forestales deben prestar especial atención a las especies, a las formas geográficas, al mejoramiento genético y a los esquemas de plantación, para que sin perder de vista las múltiples funciones del bosque, logren mayor efectividad. Criterio que se debe tener en cuenta al evaluar la influencia antrópica sobre las acciones futuras en el manejo de los bosques.

### **1.1.2 La reforestación en Cuba, tendencias y políticas aprobadas.**

Cuba alcanzó en el 2016 un índice de boscosidad del 31,1%, (superior en 0,5 al año precedente), cifra que ratifica la tendencia al crecimiento progresivo de la superficie cubierta por bosques registrada en el último lustro a partir de las tasas de deforestación en la Isla. Así lo informaron directivos del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), durante un encuentro con la prensa especializada, en el cual expusieron los principales resultados de la gestión ambiental nacional durante la etapa mencionada. Trascendió, además, que el 69% del área forestal de la Mayor de las Antillas aparece dentro de la clasificación de bosques de protección y conservación, especialmente en las cuencas hidrográficas priorizadas. Ello favorece una mejor atención a tan preciado patrimonio (Peláez, 2017).

El profesor Peláez (2017) le ha dado seguimiento al tema de la reforestación nacional desde hace años: recurriendo a varios de sus artículos sobre el tema observamos los datos siguientes: en el 2010 la superficie boscosa abarcaba el

27,6% de nuestro archipiélago; en el 2015 Cuba cerró con el 30,6% de su territorio cubierto por bosques y ahora en el 2016 aparece con 31,1%, precisamente 0,5% superior, no se trata de avances descomunales de un año a otro, sino de cifras que oscilan en el 0,5% anual. Incluso se detallan las áreas reforestadas por provincias: Pinar del Río posee el 47,0% de su área total ocupada por árboles, seguida de Guantánamo con el 46,7%; Matanzas: 39,1%; Holguín: 38,3%; Santiago de Cuba: 33,0% y Granma: 26,7%.

La superficie boscosa de Cuba alcanza actualmente el 27,3% del territorio nacional, gracias al programa de reforestación desarrollado en los últimos 50 años. Isabel Russó, directora del Servicio Estatal Forestal en el Ministerio de la Agricultura, destacó el impulso que se brinda a la actividad de las fincas forestales integrales. En declaraciones a la Agencia de Información Nacional, la directora expresó que en el presente se fomenta la creación de sistemas agroforestales en aras de incrementar la presencia del árbol en el paisaje, como alternativa para reducir la erosión de los suelos, conservar la biodiversidad y apoyar la seguridad alimentaria (Ceballo, 2015). Explicó que se trabajó sostenidamente para lograr ese propósito, pero el ritmo de siembra debe elevarse mediante la incorporación de áreas que aún no han sido incluidas en el patrimonio boscoso, y en aras de determinarlas se emplean fotografías aéreas.

De acuerdo con la Oficina Nacional de Estadísticas, en 1959 Cuba contaba solamente con el 13,4% de cobertura forestal. Gustavo Rodríguez, Ministro de la Agricultura, afirmó que la actividad forestal está comprendida entre las prioridades del organismo para impulsar la producción de alimentos y el desarrollo de la biodiversidad. Manifestó que mientras cada año disminuyen las reservas boscosas en el mundo, Cuba aplica estrategias con vistas a arribar al 2018 con más del 29% de su superficie arbolada. Datos de la FAO estiman que cada año más de 130 mil kilómetros cuadrados de montes se pierden por efectos de la deforestación, conversión a tierras agrícolas, recolección insostenible de madera, prácticas de gestión inadecuada de la tierra y creación de asentamientos humanos (Cubadebate, 2012).

Teniendo en cuenta otras categorías que integran el patrimonio forestal cubano, se puede decir que en 2016 existían en el país 244 000 hectáreas de áreas deforestadas, 513 000 hectáreas de áreas inforestales (no destinadas o no aptas para el crecimiento del bosque) y 95 000 hectáreas de plantaciones jóvenes. A esta última prestaron especial atención por presentar una disminución de 11 000 hectáreas con respecto al 2015 (106 000 hectáreas), debido, entre otras razones, a las afectaciones provocadas por el huracán Matthew en Guantánamo, a los ajustes realizados en otras regiones en el uso de la tierra, a los incendios forestales, a las intensas sequías y a la baja calidad de las plantaciones (Vigil-Escalera, 2017).

La implementación de los programas de Reforestación acometidos durante 50 años desde 1960 ha permitido incrementar la cubierta forestal del 14 % hasta el 21 % del área total del país. Además se cuenta con cientos de comisiones de reforestación creadas a nivel provincial y municipal enmarcadas en la Comisión Nacional del Plan Turquino-Manatí, que responden al Programa Nacional de Reforestación en cada territorio.

### **1.1.3 Impacto de la deforestación en los cambios climáticos.**

La deforestación, se entiende como aquellos procesos naturales o antropogénicos que convierten las tierras forestales a no forestales. Durante ese proceso de conversión no sólo se afecta el contenido de carbono por la remoción de la biomasa acumulada en los troncos aprovechables, sino que de acuerdo a la escala y tiempo de la conversión se afectan otros compartimentos donde se almacena el carbono en forma de biomasa en los bosques, y posteriormente el carbono es liberado a la atmósfera.

Estos compartimentos de almacenaje de carbono son la biomasa aérea, principalmente en los troncos de las plantas leñosas y las hojas; la biomasa subterránea, especialmente almacenada en la red radicular, y el carbono almacenado en el suelo, la necromasa y la hojarasca.

Asimismo, con la remoción de la masa forestal y la entrada de cultivos se permite la oxidación de la materia orgánica de los suelos, liberándose de esta manera una cantidad adicional de uno de los compartimentos con mayor cantidad de carbono. Este es susceptible a ser arrastrado por la lluvia, lo cual disminuye la calidad del suelo si no se hace un manejo adecuado del mismo. Adicionalmente, el cambio a actividades agropecuarias implican por lo general la aplicación de compuestos nitrogenados para fertilización que al oxidarse liberan Gases de Efecto Invernadero (GEI) (como el óxido nitroso ( $N_2O$ ) que tiene un potencial de calentamiento 310 veces mayor que el  $CO_2$ ) (Finanzas Carbono, 2018).

La pérdida de bosques y selvas es una de las fuentes más importantes de emisiones de  $CO_2$ , GEI que genera el cambio climático. Es decir, deforestación es igual a cambio climático.

Se estima según Graf (2018) que el 20% de las emisiones de GEI a nivel mundial provienen de la pérdida de los ecosistemas forestales, los cuales desaparecen a un ritmo de 13 millones de hectáreas cada año.

Según Graf (2018), los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales.

La deforestación produce un círculo vicioso: contribuye a incrementar el cambio climático, lo cual afecta a los bosques por el aumento de la temperatura y el cambio en los patrones e intensidad de las lluvias. Algunos estudios muestran que un incremento de tan sólo  $2^{\circ}C$  en la temperatura promedio y una disminución de 10 por ciento en las precipitaciones afectaría gravemente a la vegetación de climas templados (bosques de pino y encino, bosques mesófilos o de niebla, pastizales naturales y matorrales) reduciendo drásticamente su distribución. Se estima que entre el 60 y el 70 por ciento de los bosques templados y de la vegetación de matorral xerófilo se verán afectados por el cambio climático. En algunos casos, podrían desaparecer. En cambio, un bosque en buenas

condiciones regula el clima global, alberga una gran riqueza biológica, abastece dos terceras partes del agua que consumimos y es el hogar de millones de personas que dependen directamente de ellos para su subsistencia (Graf, 2018).

## **1.2. Tecnologías de viveros. Ventajas y desventajas.**

El vivero es una actividad cuyo propósito fundamental es la producción de plantas. En la actualidad se encuentran viveros de distintos tipos desde los cultivos intensivos protegidos con mayor o menor grado de complejidad, los modernos invernaderos y la producción de árboles y arbustos al aire libre.

Los viveros funcionan no tan sólo como productores de plantas, sino también como centros de investigación e innovación donde se experimenta con las especies y variedades de interés comercial, con la finalidad de propiciar la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas de especies que permitan su caracterización, selección y manejo. Estos tipos de actividades trasladadas al quehacer de las empresas permite diseñar, conocer y adecuar técnicas sencillas para la propagación masiva de plantas (Coll, 2005).

Las principales ventajas de la tecnología de vivero son las siguientes:

Se concentra mejor al personal, sea profesional y obreros especializados. La capacitación del personal es permanente. Mejor control en la organización, ejecución, rendimiento y optimización y concentración de recursos.

Las principales desventajas de la tecnología de vivero son las siguientes: Se necesita experiencia y habilidad por parte del sembrador, se utilizan más semillas y se dificultan las tareas de desmalezado y extracción de plantas (Desing Company, 2009).

Existen diferentes tipos de viveros, en tal sentido el vivero forestal consiste en sitios especialmente dedicados a la producción de plántulas de la mejor calidad y al menor costo posible (Oliva *et al.*, 2014). Su importancia radica en que los costos de producción son bajos, los arbolitos sufren menos daños al plantarlos cerca del

lugar de producción, producen especies deseadas, se produce la cantidad deseada, se controla la calidad del material a plantar, es un negocio muy rentable si está bien planificado y contribuye a mejorar el ambiente con los programas de reforestación (Oliva *et al.*, 2014).

Dentro de los viveros forestales se encuentra según Oliva *et al.* (2014) la clasificación en permanentes, siendo aquellos viveros cuya instalación se realiza con materiales duraderos, infraestructura de cemento, acabados con madera cuyas propiedades tecnológicas aseguran su durabilidad, disponen de ciertas infraestructuras que le caracterizan, como oficinas, almacenes, tanques elevados, sistema de riego, contando asimismo con equipos costosos, como bombas de agua, instalación que garantiza su uso para muchas campañas de producción de plántones, generalmente estos son construidos por institutos de investigación, en programas de desarrollo a mediano, largo plazo y por empresas dedicadas a la venta de plantas.

Los viveros temporales, usualmente construidos por las familias cuya infraestructura es bastante simple, se utilizan materiales del bosque, como madera redonda, hojas de palmera para producir el tinglado o techo de las camas de almacigo y repiques, para que produzcan sombra o protección contra la luz solar a las semillas viveradas o plántones repicados, sogas de monte para los amarres, todos estos materiales tienen una duración por un período de tiempo corto, pero lo suficiente para que cumpla con su objetivo de producir plántones para una o dos campañas de reforestación.

Según Lascarro (2015), el vivero debe localizarse en un sitio que sea lo más representativo posible de las condiciones climáticas y edáficas de la zona a reforestar. Es determinante la disponibilidad de suficiente agua y de manera permanente durante todo el año, de manera que el material vegetal a producir disponga de este elemento fundamental. Cuando se quiere producir una especie para cierta zona, el vivero debe localizarse en las condiciones de clima que coincidan lo más posible con los requerimientos ecológicos de la misma. En virtud

de las diferencias en exigencias entre especies, no es posible producir todas las especies deseadas para una región en un solo vivero. En la selección del espacio donde se ubicará el vivero se deberán evitar sitios con mala exposición. Debe establecerse en un lugar equidistante de los lugares a los cuales proveerá el material vegetal. Se prefieren sitios cercanos o ubicados sobre las vías principales, especialmente cuando se trata de un vivero de carácter comercial.

Lascarro (2015) expresa que el tamaño de un vivero depende de las metas anuales de plantación. En general, los viveros grandes resultan más convenientes que los viveros pequeños, especialmente porque en la producción a gran escala los costos unitarios son menores, siempre que sean bien manejados. Una forma ideal es la cuadrada o rectangular. Así como la importancia de seleccionar un lugar plano para el vivero. Aunque es factible establecer un vivero en pendiente (con terrazas o andenes) en esta condición se requiere de mucha mano de obra, se aumentan los problemas de erosión y la presencia de herbáceas en los taludes, principalmente. Los terrenos con problemas de drenaje tampoco son aptos para viveros, porque son susceptibles a encharcamientos, a la aparición de problemas fitosanitarios y a la disminución del crecimiento. Para un buen drenaje es necesario tener una pendiente de dos a tres por ciento y una profundidad del suelo agrícola de aproximadamente 60 cm.

### **1.2.1 Sustratos empleados en las producciones de viveros forestales.**

El sustrato es el medio que soporta la planta y que le proporciona las sustancias nutritivas que requiere. En condiciones naturales el sustrato puede ser el mismo suelo, el sustrato para germinación está compuesto por combinaciones de diversos materiales como tierra, cascarilla, turba, arena, entre otros, los cuales difieren mucho entre sí por las propiedades físicas y químicas que poseen (Gonzalo, 2014).

Dentro de los sustratos más comunes empleados en viveros se pueden mencionar:



Tierra: es el sustrato empleado con mayor frecuencia y en mayor volumen en los viveros forestales y ornamentales principalmente para el llenado de contenedores. Es muy importante que el pH esté en 5.5 o muy cercano a este valor para evitar problemas fúngicos. La tierra seleccionada debe tener una textura franca que facilite la infiltración.

Compost. Producto del proceso de descomposición de los materiales orgánicos sobrantes en las fincas como estiércol, residuos vegetales y animales, a los cuales se le agregan aditivos como cal o ceniza con el fin de acelerar el proceso. Se utiliza principalmente como fuente nutricional en contenedores. Para emplearlo como material componente del sustrato, requiere de un tamizado previo para eliminar las partículas muy gruesas.

Lombricompuesto. Producto residual generado por el proceso de la lombriz de tierra las cuales ingieren residuos orgánicos en proceso de descomposición y los transforman en un compuesto rico en sustancias húmicas y minerales libres. Se emplea en vivero para enriquecer nutricionalmente los sustratos (Gonzalo, 2014).

### **1.3. Utilización de productos biofertilizantes y bioestimuladores.**

El aumento de rendimiento de los cultivos se ha asociado al uso de fertilizantes químicos, pero su uso indiscriminado en muchos casos ha causado serios problemas de contaminación ambiental. Sumándole los altos costos de los fertilizantes químicos y la necesidad de racionalizar su uso para disminuir los impactos negativos en el medio ambiente (Sebahattin y Necd *et al.*, 2005; Majidian *et al.*, 2006), se hace evidente la necesidad del uso de fuentes naturales de nutrimentos para aumentar la producción agrícola de manera sostenible. En este sentido, una alternativa complementaria podría obtenerse con el uso de enmiendas líquidas orgánicas comerciales, especialmente aquellas derivadas del mineraloide conocido como leonardita. Muchas de las características beneficiosas de la materia orgánica del suelo se asocian con sustancias húmicas, fúlvicas y huminas que son los compuestos químicamente más activos en los suelos, con

capacidades de intercambio de cationes y aniones muy por encima de las arcillas (Koopal *et al.*, 2005).

Estos compuestos no sólo permiten la reducción de las dosis de fertilizantes comerciales (NPK), sino que además ejercen un significativo impacto positivo en la salud del suelo y un efecto directo en el crecimiento de la planta (Varanini y Pinton, 2001).

Los biofertilizantes y bioestimulantes son compuestos de bases biológicas, que tienen sus orígenes, principalmente en las relaciones suelo-planta-organismo, aunque en los últimos años, son muchos los productos, especialmente bioestimulantes, de origen natural, obtenidos de algas o plantas, así como también sustancias húmicas obtenidas de procesos pedológicos o de transformación de materiales orgánicos. Contienen microorganismos no modificados o compuestos naturalmente producidos; aquellos que contienen células microbianas vivas se incluyen dentro del término bioinoculantes o inoculantes biológicos (Molina y Virgen, 2013).

Los biofertilizantes son insumos formulados con uno o varios microorganismos benéficos (hongos y bacterias principalmente), los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos biofertilizantes pueden presentar grandes ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Los biofertilizantes se usan abundantemente en agricultura orgánica, sin embargo, es factible y ampliamente recomendable aplicarlos de manera integral en cultivos intensivos en el sistema tradicional. Por su uso, los biofertilizantes se podrían dividir en 4 grandes grupos; fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal (Molina y Virgen, 2013).

En Cuba, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se producen varios biofertilizantes y bioestimuladores, entre ellos se encuentran el QuitoMax® y el EcoMic®.

El QuitoMax® es un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosana. Funciona como activador de la fisiología y el crecimiento vegetal que conlleva al incremento de los rendimientos. Mediante aplicaciones preventivas, protege los cultivos contra la incidencia de plagas y la acción perjudicial causados por estreses abióticos. Es un producto natural, no tóxico a plantas y animales, biodegradable y compatible con la aplicación de otros agroquímicos o controles biológicos, incrementa entre el 10 y 30% el rendimiento en los cultivos en particular cuando las condiciones de producción son menos favorables.

La aplicación de quitosano ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las plantas, tanto en la estimulación de la germinación de semillas como en el crecimiento de partes de la planta como raíces, retoños y hojas. En algunos casos, se ha observado que la estimulación de la germinación de semillas por tratamiento con quitosano ha logrado elevar el porcentaje de germinación a los niveles requeridos para la certificación (Bhaskara *et al.*, 1999).

Los efectos beneficiosos del quitosano se han observado en plantas florales (Wanichpongpan *et al.*, 2001) y en plantas de cosecha (Chibu y Shibayama, 2001). Así, por ejemplo, cuando se aplicaron soluciones muy diluidas de quitosano en las raíces de orquídeas, en forma de aerosol, éstas mostraron una estimulación en su crecimiento y renovaron su producción de flores (Chandrkrachang, 2002), entre otros efectos favorables. Un estudio más reciente, relacionado con el crecimiento de tejidos vegetales, ha mostrado que el origen del quitosano es un aspecto importante. Los quitosanos procedentes de hongos necesitaron de dosis menores para la inducción de la diferenciación de tejidos de plantas de orquídeas que los oligómeros procedentes de caparzones de camarones (Nge *et al.*, 2006), lo cual no es del todo extraño. Al respecto se sabe que uno de los aspectos fundamentales en las propiedades fisicoquímicas del quitosano es su fuente de extracción. Así por ejemplo, la quitina obtenida de camarones y cangrejos tiene una estructura cristalográfica, en la cual las cadenas principales están ordenadas en agregados antiparalelos que les permite formar puentes de hidrógenos intermoleculares muy fuertes, mientras que la procedente de las plumas de

calamar tiene una estructura, con las cadenas ordenadas en arreglos paralelos y fuerzas intermoleculares más débiles (Tolaimate *et al.*, 2000).

El EcoMic® es un producto biofertilizante de alta efectividad, para amplio espectro de cultivos, modos de producción y tipos de suelos. Contiene propágulos de hongos micorrízicos arbusculares con un alto grado de pureza y estabilidad biológica, en una formulación sólida en sustrato arcilloso completamente inocuo. Dentro de sus beneficios posibilitan un incremento en la capacidad de absorción de los nutrientes del suelo y los fertilizantes, aumento de la capacidad de absorción de agua y disminución del daño de algunos patógenos tanto radicales como foliares.

### **1.3.1 Las micorrizas**

Se denomina micorrizas a las asociaciones simbióticas mutualistas existente entre los hongos del suelo y raíces de plantas superiores. Se trata de una asociación simbiótica puesto que los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta, mientras que esta última se beneficia por la mayor cobertura de suelo a nivel de raíces facilitada por los hongos, aumentando la capacidad de absorción de nutrientes minerales. El mutualismo supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados y tanto el hongo como la planta se ven favorecidos por la asociación: el hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes minerales y agua que extrae del suelo por medio de su red externa de hifas, mientras que la planta suministra al hongo sustratos energéticos y carbohidratos que elabora a través de la fotosíntesis (Díaz *et al.*, 2006).

Las micorrizas se clasifican en tres tipos según López y Barceló (2001), de ellas las más importantes son:

Ectomicorrizas: Los hongos que las forman son, *Basidiomycetes* y *Ascomycetes*, que desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces. Dentro de ellas existen los géneros: *Suillus*, *Cortinarius*, *Rhizopogon*, *Cenococcuym*, *Thelefora* y *Pisolithus*.

Endomicorrizas: Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical. Dentro de este grupo existen tres tipos característicos: Orquideomicorrizas (asociadas a Orquidiáceas). Dentro de ellas existen los géneros: *Armillariella*, *Gymnopilus*, *Marasmius*, *Fomes*, *Xerotus*, *Ceratobasidium*, *Corticium*, *Sebacina*, *Tulasnella*. Las micorrizas arbusculares (MA), forman arbusculos intracelulares, dentro de ellas existen los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* y *Scutellospora*. Estas Micorrizas Arbusculares, son las de mayor importancia económica y ecológica y las que más ampliamente se encuentran distribuidas. Están presentes en la mayoría de las Angiospermas y en muchas Gimnospermas leñosas, con excepción de las Pináceas.

Ectendomicorrizas: Los hongos que las producen colonizan de forma dual las raíces: externamente formando un manto cortical e internamente penetrando intracelularmente en el córtex. En estas existe el género: *Endogone*.

El beneficio del uso de las asociaciones de micorrizas resulta importante, particularmente en suelos tropicales, generalmente deficientes de fósforo asimilable. Cuando se inoculan las plantas con hongos productores de Micorrizas provoca de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes tales como el fósforo, nitrógeno, nutrientes secundarios y los micronutrientes (Pulido *et al*, 2003).

La introducción de hongos micorrízicos arbusculares en los suelos de cultivos agrícolas y forestales, mejora el crecimiento y la tolerancia de las plantas frente a problemas de salinidad y sequía, pues mejoran los parámetros hídricos de las plantas e inducen un mayor desarrollo del sistema radical, lo que provoca un mayor y mejor desarrollo de la planta en sí, permitiendo además un ahorro en el agua de riego (Morte *et al.*, 2000; Morte *et al.*, 2001; Dell'Amico *et al.*, 2002).

### **1.3.2 Beneficios de las micorrizas sobre el desarrollo de las plantas**

Según Martínez *et al.* (2005) los principales beneficios de las micorrizas son las siguientes:

Mayor desarrollo de biomasa: como consecuencia de la micorrización, la planta experimenta un considerable aumento en su biomasa debido principalmente al mejoramiento de la nutrición mineral del vegetal inducida por el hongo.

Contribución a la nutrición mineral de la planta: existe un aumento en la absorción y traslocación de nutrientes minerales del suelo, lo que se expresa en un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas. Sobre todo aquellos minerales de lenta difusión en el suelo (P, Cu y Zn). La adquisición de fosfato es de vital importancia para la planta, por su papel clave en los sistemas biológicos, es sabido que las plantas micorrizadas captan fosfato más eficientemente que las raíces solas. Gracias al mejoramiento de la nutrición fosforada, aumenta también la adquisición de elementos nitrogenados por parte del vegetal.

Incremento de la tolerancia de la planta a patógenos: la micorrización induce una mayor tolerancia de las raíces a agentes patógenos, se cree que una de las razones podría ser el que la planta al estar mejor nutrida, se encuentra en una condición fisiológica mejor frente al patógeno o tal vez la micorriza pueda actuar directamente protegiendo al sistema radical, a través de procesos bioquímicos.

Mejoramiento en las relaciones hídricas de la planta: las micorrizas mejoran las relaciones hídricas de las plantas, haciéndolos más tolerantes a condiciones de estrés hídrico, especialmente en aquellas que crecen en suelos más secos. Esto se debe a que las hifas externas del hongo pueden captar agua más lejos de la zona de deficiencia hídrica, que normalmente rodea a las raíces en condiciones de sequía.

Influencia de las micorrizas en la fotosíntesis: la tasa fotosintética es mayor en las plantas micorrizadas. Esto se debe a la mejora en la nutrición fosforada, ya que la disponibilidad de fosfato inorgánico puede ser un factor limitante en este proceso.

Producción de hormonas estimulantes o reguladoras del crecimiento vegetal.

Incremento en la relación parte aérea/raíz de la planta micorrizada.

Interacción positiva con fijadores libres y simbióticos de nitrógeno y otros microorganismos de la rizosfera.

#### **1.4 Eucalipto. Origen, diversidad y distribución geográfica**

El eucalipto es un árbol que alcanza hasta 60 m de altura y 1,50 m de diámetro. La corteza es áspera y persistente desde la base hasta uno o dos metros de altura; es delgada, fibrosa o escamosa, tiene una tonalidad gris clara a marrón y se puede desprender en bandas alargadas. Inicialmente la corteza interna posee una tonalidad rosácea brillante y después es blanca o grisácea-blanquecina. Los árboles son de copa poco densa y amplia, y tienen porte columnar en plantaciones densas. El árbol como particularidad, produce un número indefinido de brotes y yemas desnudas (Becerra *et al.*, 2011).

Según Beale (2013) este árbol es originario de Australia e Islas muy cercanas, son un grupo de plantas de rápido crecimiento, que cuenta con alrededor de 700 especies. Actualmente estas especies se encuentran distribuidas en diversas regiones, especialmente de climas mediterráneos, tropicales o subtropicales. Se estima que fue para el Siglo XVIII, cuando se inició su propagación en diferentes latitudes, llegando a distribuirse con éxito en varios países de Europa, Asia, África, América y en algunas Islas del Pacífico. Constituyendo una parte dominante de la flora australiana, en donde pueden formar bosques densos, aromáticos y neblinosos. Están presentes en gran parte del territorio, pero son muy escasos en las zonas altas montañosas, en la región central árida y en las selvas. Actualmente, los eucaliptos se cultivan en numerosas regiones templadas y tropicales, sobre todo en plantaciones forestales y para fungir como árboles de sombra. Cultivados, se encuentran en regiones como la cuenca mediterránea, Oriente Medio, el subcontinente Indio, China, América, Europa y África.

Actualmente el eucalipto está presente en más de 90 países, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales, aunque existen plantaciones de gran productividad en zonas templadas de Nueva Zelanda, Chile, Argentina, Brasil, Uruguay, Sudáfrica, la Península Ibérica y Estados Unidos. La razón de esta dispersión es el gran

número de especies y por tanto, de tolerancia a condiciones ecológicas diferentes. Hoy en día el eucalipto se extiende sobre más de 22 millones de hectáreas en todo el mundo (a las que habría que añadir más de 11 millones de bosque nativo de eucalipto en Australia), lo que representa el 12% de las plantaciones forestales mundiales. Sin embargo, se estima que no más de 13 millones de hectáreas de estas plantaciones tienen realmente productividad de interés industrial (Grupo Empresarial ENCE, 2009).

La introducción del eucalipto en Cuba la realizó el ingeniero Alberto J. Fors en 1929, en el entonces Vivero Forestal de Pinar del Río, hoy “Arboreto de la Universidad” de esta misma provincia, con semillas procedentes de Australia. A partir de 1972 se han ensayado más de 90 especies de eucaliptos en diferentes zonas del país y se destacan: *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus alba* Reinw (híbrido de *Eucalyptus urophylla*), *Eucalyptus citriodora* Hook, que junto a otras especies forestales tradicionales forman parte integral de los planes de reforestación que se desarrollan en el país (Becerra *et al.*, 2011).

En los últimos años, se han introducido y probado más de 60 especies de eucaliptos, algunos de los cuales se han adaptado muy bien a determinadas localidades y constituyen, conjuntamente con introducciones anteriores, un potencial productivo de gran significación, siendo la demanda de sus diferentes surtidos madereros, superiores aún a la oferta.

*Eucalyptus pellita* F. Muell constituye, para el occidente de Cuba, un potencial productivo de gran significación, por su adaptación a los suelos sílico-arenosos ácidos de la región. En 1986, el Instituto de Investigaciones Forestales, inició un programa de mejoramiento genético en el género, en las poblaciones de *Eucalyptus pellita* F. Muell y *Eucalyptus saligna* Smith, con el fin de identificar y propagar genotipos bien adaptados de la calidad deseada, para su plantación masiva (Jiménez *et al.*, 2000).



### **1.5 Técnicas de vivero empleadas en su fomento.**

Un tubete o envase forestal no es sino un envase más o menos grande y con ciertas características constructivas especiales donde se realiza el cultivo de una planta forestal. La mayoría de las características de diseño de los envases buscan la creación de un buen sistema radical y de su protección hasta su puesta en tierra, existiendo envases de diversas formas y tamaño con el interior estriado para garantizar que no se produzca enroscamiento de las raíces y presentando una abertura, para permitir la salida al exterior de las raíces, dando lugar al repicado, lo cual exige disponer los envases al aire libre y nunca en contacto con el terreno. La producción de plantas en contenedores aminora la crisis post-trasplante, ya que el sistema radical inicial se conserva íntegramente y no hay interrupción en la alimentación de la planta (Martínez, 2006)

Cabrera (2011) destaca también que las principales ventajas de los tubetes son:

Menor cantidad de sustrato por envase.

Ausencia de hierbas indeseables en los envases y de nematodos en el sustrato.

Menor ciclo de producción.

Reducción del control fitosanitario y mejor sanidad de las posturas. Obtención de posturas vigorosas, con un sistema radical bien desarrollado, libre de plagas y enfermedades.

Posibilidad de mayor tiempo de permanencia de las posturas en el vivero por retardo de la plantación sin perjuicio de su calidad y sin necesidad de realizar el costoso movimiento de bolsas.

Mejor acondicionamiento de las posturas en las cajas para la transportación, siendo de cuatro a seis veces mayor aproximadamente, según el tamaño de las posturas, el volumen de posturas transportadas en un camión por este sistema, que la cantidad transportada por el sistema tradicional.

Mayor y mejor operatividad práctica en la carga y descarga de las posturas.

Reducción de mano de obra.

Reutilización de los tubetes.

Disminución de las pérdidas de posturas por daños mecánicos u otras causas durante la plantación por estar envueltas por polipropileno rígido hasta minutos antes de ser plantadas.

Mayor rendimiento durante la plantación.

Producción de posturas todo el año.

En diferentes partes de nuestro país se han introducido nuevas técnicas para fomentar la producción de posturas para la reforestación, aportando mayores ventajas. Según Mary Luz García Llanes trabajadora del vivero “Itabo” en Yaguajay, Sancti Spíritus, es una idea maravillosa la llegada de la tecnología de tubetes, ya que antes con las bolsas tenían que permanecer pegados a la tierra y ahora es de pie además que la postura sale con más calidad. Eduardo Jiménez subdelegado de la Agricultura en Sancti Spíritus informó al periódico “Escambray” que en lugar de bolsas se utilizan tubetes plásticos que se ubican en bandejas para evitar el daño al suelo, mejorando el desarrollo de las posturas, reduce el espacio del suelo utilizado para este fin, favoreciendo el enraizamiento de las plantas, así como su traslado. Las posturas más utilizadas en este vivero son la de eucalipto ya que tiene mayor supervivencia la planta además de las propiedades maderables de la misma (Camellón, 2015).

En Puerto Padre, Las Tunas se realizó un reportaje periodístico por Batista (2014), sobre el montaje, la inauguración y primeros pasos de un moderno vivero tecnificado en la zona conocida como la Aguada de Vázquez. Este vivero cuenta con 750 000 tubetes en bandejas para posturas de árboles maderables y frutales, para la repoblación de las áreas en el norte de la provincia. Según explica la

administradora del lugar Mercedes Sorís Cruz, el vivero debe propiciar un salto cuantitativo en términos de producción así como en la calidad superior con respecto a las posturas que eran producidas allí mismo pero con métodos rudimentarios (Castillo, 2016).

El programa de desarrollo económico forestal hasta el 2020 se fundamenta en la utilización del potencial de recursos forestales que el país ha acumulado como resultado del trabajo de fomento y protección del bosque durante los últimos 45 años y aprovechar las condiciones favorables de Cuba para insertarse en el mercado internacional de productos forestales, mediante el manejo intensivo de especies maderables tropicales de rápido crecimiento y amplio espectro de uso comercial, logrando con esto elevar la cubierta de bosques del territorio nacional (Castillo, 2016).

En Pinar del Río con el funcionamiento de viveros forestales en Vueltabajo se sigue apostando por la obtención de posturas mediante la utilización de tubetes permitiendo un mejor aprovechamiento de las áreas y la economía de recursos. También en Guanés, Minas de Matahambre se acelera el desarrollo del pino y del eucalipto. Ante las ventajas que presentan estos viveros para nuestro país el subdirector del GEAM de Pinar del Río, Carlos Larred Oliveros, afirma que en la actualidad se seguirá reemplazando la tecnología tradicional por este tipo de viveros en busca de desarrollar la silvicultura intensiva (Suárez, 2014).

## **II Materiales y Métodos**

### **2.1 Características generales del estudio**

El presente trabajo fue realizado en el vivero de la Empresa Agroforestal de Matanzas, con el objetivo de estudiar el efecto de algunos bioproductos agrícolas en la calidad de plántulas de *Eucalyptus sp.* El material genético fue suministrado por la empresa y la tecnología establecida es de tubetes, los cuales constan con 150 cm<sup>3</sup> de volumen, dispuestas en bandejas de 54 tubetes de capacidad. El riego diario empleado fue a partir del sistema de microyet.

El montaje del experimento fue realizado el 15 de Diciembre del 2017, llenado de los tubetes con un sustrato compuesto por estiércol bien descompuesto (60%) y horizonte A de suelo Ferralítico Rojo (40%), la siembra directa de las semillas botánicas de *Eucalyptus sp.* fueron sembradas a una profundidad de 0,2 cm siendo posteriormente cubiertas con una fina capa de aserrín descompuesto.

Las atenciones culturales consistieron en la aplicación diaria de normas de riego con el fin de mantener la humedad en el límite productivo de cada sustrato y la eliminación de plantas arvenses.

### **2.2 Diseño Experimental:**

El experimento consistió en la utilización de diferentes bioproductos (QuitoMax®, RadixP, EcoMic®) producidos por el INCA, para evaluar el efecto de la calidad de la postura y la estabilidad del cepellón de *Eucalyptus sp.* en tubetes.

El estudio realizado se llevó a cabo mediante un diseño totalmente aleatorizado, donde cada tratamiento fue ubicado al azar en su bandeja. De los 54 tubetes que conforman la bandeja, se tomaron los 28 tubetes centrales para la realización de las diferentes evaluaciones, no considerando los tubetes de la periferia de la bandeja para evitar el efecto de borde.

### 2.3 Variantes experimentales

Los tratamientos estudiados fueron:

1. Testigo. Sin aplicación de bioproductos.
2. QuitoMax®. La forma de aplicación fue la inmersión de las semillas durante una hora en solución de QuitoMax a 0,4 g/L, más la aplicación foliar a los 60 días en una concentración de 0,4 g/L de quitosana en un volumen de 15 cm<sup>3</sup> por m<sup>2</sup>.
3. RadixP. Se recubrió las semillas en pasta 2:1 con agua, constituyendo un producto sólido no comercial en estudio.
4. EcoMic®. Se recubrió las semillas con el producto, utilizando la cepa del hongo versículo-arbuscular *Glomus cubensis*, registrada en el INCA como INCAM-4.

### 2.4 Variables de medición

- Se realizó un conteo de la germinación con 500 semillas en agua y condiciones controladas de laboratorio.
- Se realizó el conteo de la germinación de las semillas en los tubetes a los 7, 14, 21 y 28 días.
- Altura del tallo: Se midió la altura de las posturas del cuello de la raíz a la yema terminal, utilizando una regla milimetrada a los 30, 60, 90, 120 días del inicio de la germinación.
- Diámetro del tallo: Efectuado los 120 días de germinada la plántula, se midió el grosor del tallo a la altura del cuello de la raíz, utilizando un pie de rey.
- Peso seco de la parte foliar y raíces de la postura (120 días): se utilizó una balanza analítica. Para ello se tomaron 5 plantas más representativas por

tratamiento. Para el secado de las muestras se utilizó la estufa a 70°C por 48 horas hasta lograr un peso constante.

## **2.5 Tamaño de la muestra y sistema de muestreo**

Cada bandeja cuenta con 54 plántulas, evaluándose solo las 28 plantas centrales, evitando el efecto de borde. Cada tratamiento se ubica en dos bandejas para un total de 56 plántulas a evaluar.

Durante los muestreos intermedios de la fase experimental (30, 60, 90 120 días), se evaluó la altura de las plántulas con regla milimetrada. A los 120 días se procedió se tomar al azar del centro de cada bandeja cinco plántulas representativas, para hacer las mediciones de peso seco de la parte aérea y raíces, la altura y diámetro del tallo, así como la evaluación de la facilidad del destubetado y estabilidad del cepellón.

Como procedimiento para obtener las raíces, cada cepellón una vez liberado del tubete, se sumergió en un recipiente con agua hasta que el sustrato fue liberado y posteriormente se enjuagaron con agua corriente liberando, con cuidado, cualquier material que no pertenecía al sistema radicular.

## **2.6 Índices morfológicos evaluados**

A partir de los datos obtenidos se procedió a calcular algunos índices morfológicos para evaluar la calidad de las plántulas, los cuales son los siguientes:

- Relación masa seca de la parte aérea y raíz (PSA/PSR): es el balance entre la parte transpirante y la parte absorbente y se calcula habitualmente a partir de la relación de los pesos secos de cada una de las partes. Este parámetro puede ser de gran importancia cuando la plantación tiene lugar en estaciones difíciles, donde el factor más influyente sobre la supervivencia del primer año es una larga y cálida estación seca (Birchler *et al.*, 1998).
- Índice de Esbeltez (IE): es la relación entre la altura de la planta (cm) y su diámetro (mm), siendo un indicador de la densidad de cultivo. Es un

parámetro importante en las plantas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas (Birchler *et al.*, 1998).

- Índice de calidad de Dickson (QI): este índice integra a los dos anteriores y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación peso seco parte aérea/parte radical. Este índice se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de plantas (Birchler *et al.*, 1998). Se calcula:

$$QI = \frac{PST \text{ (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{PSA \text{ (g)}}{PSR \text{ (g)}}$$

Donde:

QI: Índice de calidad de Dickson

Altura: Altura del tallo en cm.

Diámetro: Diámetro del cuello de la raíz en mm.

PST. Peso seco total

PSA: Peso seco aéreo

PSR: Peso seco radical

- Balance hídrico de la planta (BAP), Grossonickle y Major, (1991), citado por Pérez *et al.* (2015): Establece la relación existente entre la parte aérea de la planta, la parte radical y el diámetro del cuello de la raíz. De esta forma el BAP se determina mediante la siguiente forma:

$$BAP = \frac{PSA}{PSR * Diam}$$

Donde:

PSA = peso seco aéreo (g).

Diam = diámetro en el cuello de la raíz (mm).

PSR = peso seco radical (g).

- Calidad del cepellón:

Para evaluar los parámetros destubetado y estabilidad estructural del cepellón para cada tratamiento a los 120 días, se establecieron diferentes niveles, los que indican el grado de calidad alcanzado, estos niveles evaluados son: fácil, medio y difícil para el destubetado, siendo alto, intermedio y bajo para la estabilidad estructural del cepellón.

## **2.7 Procesamiento estadístico de los datos**

Los resultados obtenidos de la germinación de las semillas en condiciones de campo fueron procesados mediante el software Comprop1, específico para datos proporcionales.

Los restantes resultados obtenidos en el experimento fueron procesados estadísticamente a través de un análisis de varianza clasificación simple, aplicándose la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a fin de comprobar el nivel de significación para  $p \leq 0.05$  utilizando el paquete profesional STATGRAPHICS Plus Versión 5,0 para Windows.



### III Resultados y Discusión

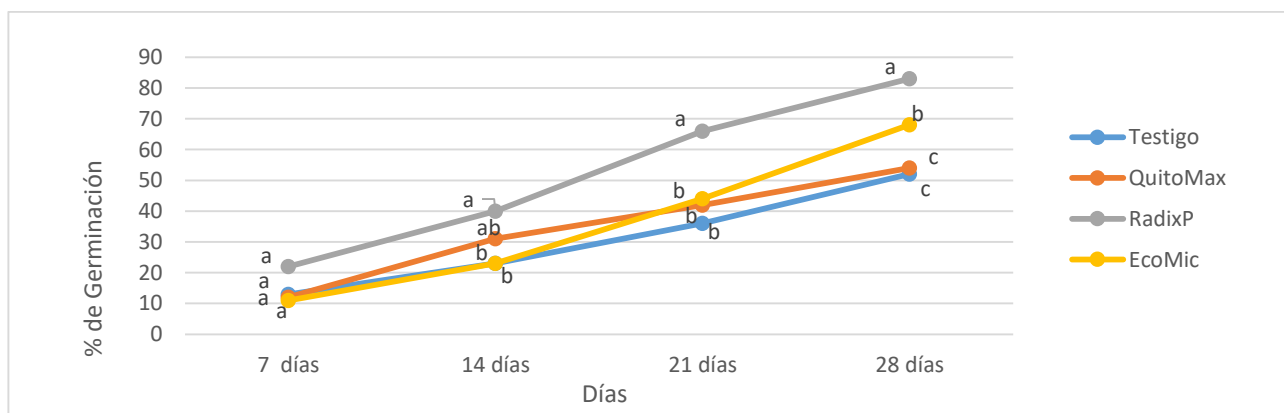
#### 3.1 Germinación de las semillas

La germinación en agua bajo condiciones de laboratorio, realizada antes del montaje del experimento, arrojó que el porcentaje germinativo medio de la semilla de *Eucalyptus sp.* es de 86% a los 14 días de la siembra. (Tabla 1).

**Tabla 1:** Ensayo de germinación de la semilla en condiciones controladas.

Placas Petri	Número de semillas germinadas	
	10 días	14 días
1	89	94
2	74	84
3	79	88
4	77	84
5	75	80

La germinación en condiciones de campo se inició a los 7 días, en la figura 1 se muestra el comportamiento de la germinación de las semillas en los tubetes, donde se destaca la acción del RadixP en el incremento de la germinación, el cual difiere de forma significativa con el resto de los tratamientos a los 14, 21 y 28 días.



**Figura 1:** Porcentaje de germinación de las semillas en condiciones de vivero.

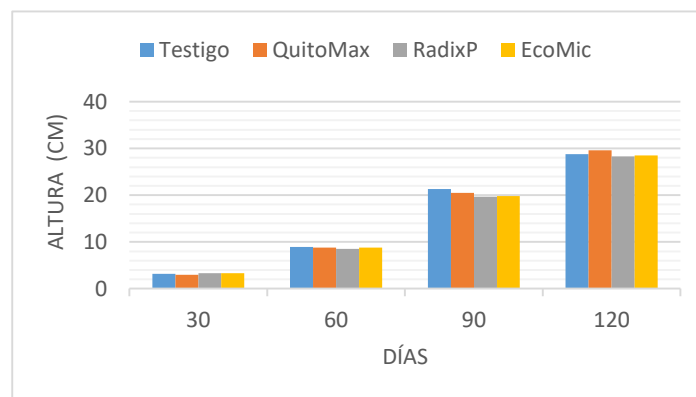
El RadixP, es un galacturónido en forma sólida, se emplea actualmente en fase experimental en Cuba, según Linares (2017), es un biopreparado que posee los mismos principios activos del PECTIMORF®, que es un biorregulador comercial sintetizado por el Laboratorio de Oligosacarinas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en San José de las Lajas, constituido por una mezcla de oligopectatos obtenidos a partir de residuos de la industria citrícola, destacándose por la acción de promover el crecimiento y desarrollo de diferentes especies de plantas, que en este caso presentó un buen comportamiento en la germinación de las semillas de *Eucalyptus sp.* evaluado hasta los 28 días.

El tratamiento con micorrizas (EcoMic®) en el muestreo a los 28 días presentó un incremento de la germinación de forma significativa con relación al tratamiento con Quitosano y el testigo, siendo superado significativamente por el Radix-P. En la bibliografía consultada no aparecen reportes de la influencia de las micorrizas en la germinación de las semillas, siendo su acción fundamental en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por lo cual resulta difícil establecer una justificación a este comportamiento, ya que además la micorriza empleada en el estudio es una endomicorriza, porque no se contó con las posibilidades de adquirir una cepa de ectomicorriza, que son las recomendadas para especies forestales y leñosas, según Paucar (2008) y Arriola *et al.* (2015), destacando estos autores que la micorriza se refiere a la simbiosis mutualista que se establece entre un hongo (micobionte) y las raíces de las plantas (fitobionte), donde en las ectomicorrizas las hifas fúngicas permanecen en la superficie epidérmica, alrededor de la cual forman una vellosidad, rodeando con una densa capa de micelios (Red de Hartig) las partes más finas de la raíces hasta envolverlas por completo, pudiendo penetrar intracelularmente en el parénquima de la corteza, sin infectar sus células. Los hongos que las forman son: *Basidiomicetes* y *Ascomicetes*

principalmente. En las endomicorrizas no se produce la red de Hartig y las hifas penetran la superficie epidérmica y las células del fitobionte. Lo anterior puede constituir una posible explicación del comportamiento de este tratamiento en otros indicadores evaluados.

### 3.2 La altura de las plántulas

La altura media obtenida de las plántulas medidas en diferentes momentos no presenta diferencias significativas entre los tratamientos (figura 2), lo cual puede estar relacionado a que las plántulas se desarrollan sobre un mismo tipo de sustrato y los bioproductos utilizados no logran diferenciar estadísticamente este indicador, sin embargo se ha reportado por Castillo *et al.* (2006) y Muñoz (2007) para *Eulalyptus grandis* y *Eucalyptus globulus* respectivamente, diferencias significativas de la altura entre los tratamientos cuando estudiaron su comportamiento en diferentes sustratos.



**Figura 2:** Altura del tallo durante el ciclo estudiado.

Según plantea Buamscha (2012), suele haber una baja correlación entre la altura de un plantín y su supervivencia, excepto bajo condiciones estresantes en el sitio de plantación, en donde la correlación es negativa. Cuando las condiciones son favorables, la altura no se relaciona con la supervivencia,

pero los plantines altos pueden tener una supervivencia reducida cuando las condiciones son desfavorables. También se encontró que existe una correlación entre la altura inicial del plantín y el crecimiento hasta los 15 años, por lo tanto, donde las condiciones del sitio son adecuadas, la altura del plantín, si bien no tiene efecto sobre la supervivencia, podría correlacionarse con el crecimiento. Por otra parte, para plantas latifoliadas, Rueda *et al.* (2014) proponen como rangos de calidad los siguientes: bajo (< 12 cm), medio (12-14,9 cm) y alto (> 15 cm), los valores obtenidos en el experimento a los 120 días oscilan entre 28,3 – 29,6 cm, lo que constituyen valores de altura suficientemente alto para el *Eucalyptus sp*, que pudieran disminuir su calidad, por lo que la obtención de alturas mayores pudieran resultar no recomendables.

### **3.3 Biomasa seca de las plántulas**

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos de la masa seca total, de la parte aérea y raíces, donde no se presentan diferencias estadísticas entre las medias obtenidas para cada tratamiento en cada uno de los indicadores evaluados. El tratamiento con QuitoMax® presenta mayores niveles de masa seca total, de la parte aérea y la raíz en comparación con los restantes tratamientos, sin diferencias significativas, aspecto que se relaciona con la acción de la quitosana, que es un polímero de  $\beta$  1-4 glucosamina, componente natural de las paredes celulares de los hongos zygomycetos, estas oligosacarinas, constituyen compuestos naturales, no tóxicos y biodegradables, que promueven diversos efectos biológicos en las plantas y los microorganismos, lo cual le confieren atractivos para su aplicación en la agricultura sostenible, según plantean Lares (2008) y Falcón *et al.* (2015), también se han observado beneficios al cultivo, tales como la promoción del enraizamiento, son potentes inductores de respuestas defensivas y de resistencia en la planta contra patógenos, elevan los rendimientos y se han demostrado efectos de protección contra el estrés biótico y abiótico, este último aspecto es confirmado por Katiyar *et al.* (2015).

**Tabla 2:** Resultados de la masa seca en diferentes partes de la planta.

Tratamiento	PS Parte aérea	PS Raíz	PS Total
Testigo	1.5363	0.8066	2.3429
QuitoMax®	1.9186	1.0228	2.9414
RadixP	1.7453	0.8857	2.6310
EcoMic®	1.7486	0.7906	2.5392
SIG	NS	NS	NS
ES	0.125209	0.117959	0.192645

### 3.4 Indicadores morfológicos de calidad de las plántulas

Los indicadores morfológicos de calidad evaluados aparecen en la tabla 3, donde no se presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos al evaluar, el diámetro del tallo, la relación masa seca de la parte aérea y raíz, el índice de esbeltez, el índice de Dickson y el balance hídrico de la planta. Un comportamiento similar sin diferencias estadísticas en estos indicadores con la especie *Pinus Maestrensis* Bisse, obtuvieron Chala y Sosa (2017) utilizando sustrato de materia orgánica (30%) y suelo (70%) , algo similar al utilizado en el experimento. También Pérez *et al.* (2015) y Cobas (2015) no obtuvieron diferencias significativas en los índices morfológicos de plantas de *Vitex parviflora* Juss. (roble) a los 107 días y *Albizia procera* a los 60 días, respectivamente, estudiando ambos diferentes sustratos orgánicos.

**Tabla 3:** Índices morfológicos de las plántulas:

Tratamiento	Diámetro del tallo (cm)	Relación PS P.Aérea/raíz	Índice de esbeltez	Índice de Dickson	BAP
Testigo	3.8	1.90	7.58	0.25	0.51
QuitoMax®	3.9	1.87	7.53	0.31	0.42
RadixP	4.0	1.97	7.30	0.28	0.56
EcoMic®	3.9	2.21	7.34	0.26	0.58
SIG	NS	NS	NS	NS	NS

ES	0.282094	0.390533	0.0201866	0.093314	0.10494
----	----------	----------	-----------	----------	---------

Las medias obtenidas para el **diámetro del tallo**, no presentan diferencias significativas entre ellas y sus valores resultan cercanos oscilando entre 3.0 y 3,9 mm, lo cual es considerado por Rueda *et al.* (2014), para plantas latifolias como un valor de calidad medio al oscilar entre 2,5 – 4,9 mm, siendo los valores altos de calidad  $\geq 5$  mm.

El menor valor obtenido de la relación **masa seca parte aérea y raíz (PSA/PSR)** fue el tratamiento con QuitoMax®, lo cual resulta positivo, ya que según Burdett (1990), citado por Chala y Sosa (2017), los valores inferiores de la relación PSA/PSR indican una capacidad mayor para superar el momento crítico del arraigo en las especies vegetales, donde el sistema radical muestra un mejor nivel de relación de biomasa con relación a la parte aérea. Este mismo autor afirma que para el *Eucalyptus grandis* se obtienen valores que oscilan entre 0,64 y 3,06, lo cual coincide con los obtenidos en el experimento que oscilan entre 1,87 y 2,21 unidades. De acuerdo con las categorías de calidad para todas las plantas, reportado por Rueda *et al.*, (2014), se considera de baja calidad valores  $\geq 2,5$  unidades, medio de 2,4 a 2.0 unidades y alta calidad  $< 2.0$  unidades, oscilando los valores obtenidos en el experimento de alta a mediana calidad para este indicador.

En el **Índice de Esbeltez (IE)**, también llamado índice de robustez de las plántulas se obtuvieron valores medios de calidad, ya que según Rueda *et al.* 2014), los valores medios de calidad para este índice en plantas latifolias oscilan entre 7,9 – 6,0 unidades, considerándose que los plantines con bajos coeficientes ( $< 6.0$ ) muestran alta supervivencia y buen crecimiento, cualquiera sea el ambiente de plantación. Sin embargo los plantines con coeficientes altos ( $> 8.0$ ) muestran supervivencia variable y un pobre crecimiento en ambientes rigurosos. Los tratamientos estudiados muestran resultados entre 7,3 y 7,53 unidades, bastante semejantes de este indicador, pero suficientemente altos debido a las alturas obtenidas, lo cual nos indica que el momento óptimo de calidad de las plántulas de

*Eucalyptus sp.* debió responder a un período algo menor a los 120 días, dado fundamentalmente a las características del sistema de tubetes, donde según Luna *et al.* (2012), existe una mayor densidad de plantas con relación al sistema en bolsas, por lo cual las plantas serán más altas y tendrán diámetros de cuello menores, aspectos éstos que determinan el índice de esbeltez.

El **índice de calidad de Dickson (QI)** integra los aspectos de masa total de la planta, el diámetro del cuello de la raíz y la altura y PSA/PSR, con el objetivo de explicar la potencialidad de las plantas tanto para sobrevivir como de crecer (tabla 4), donde el mayor índice se alcanza con el QuitoMax®, el cual no presenta diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos, pero si es el de mayor valor con 0,31 y supera al testigo en 24%, este índice alcanza los valores máximos reportados por Castillo (2001), citado por Chala y Sosa (2017) cuando obtuvo valores entre 0,09 y 0,3 unidades en *Eucalyptus grandis* sin fertilización. Fueron reportados menores índices de calidad por Palacios (2017) de 0,03 unidades para tubetes de 150 cc en plántulas de *Eucalyptus urograndis* con sustratos orgánicos en un período no declarado y por González *et al.* (2014) de 0,06 unidades como máximo para *Eucalyptus grandis* en tubetes en un período de 60 días con sustratos orgánicos y fertilizantes de liberación lenta. Lo anterior nos indica que los mejores índices de calidad de Dickson se pueden obtener en especies de *Eucalyptus sp.* en períodos algo menores de desarrollo de las plántulas, el obtenido en el experimento para un período máximo de 120 días, osciló de 0,25 a 0,31, el cual se enmarca en el nivel medio de calidad para QI, según Rueda *et al.* (2014), de 0,2 – 0,4 unidades para todos los tipos de plantas y con nivel alto  $\geq 0,5$  unidades, lo adecuado es lograr niveles medios a altos de este indicador para lograr un mejor establecimiento en plantación.

El **balance hídrico de la planta (BAP)** obtenido presenta valores medios entre 0,42 y 0,58, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos, correspondiendo el menor valor al tratamiento con QuitoMax®, lo cual coincide con el rango entre 0,43 y 1,24 obtenido por Fuego (2008), citado por Pérez *et al.* (2015) en la evaluación de la calidad de planta de *Eucalyptus saligna Smith* en seis sustratos en tubetes

de 100 cm<sup>3</sup>. Por otra parte Pérez *et al.*, (2012) plantean que este índice tiene un alto valor de predicción del potencial de evitación de la sequía en condiciones en que la absorción de agua, por las raíces, está dominada por la demanda. De esta forma, el tratamiento con quitosana alcanza una diferencia con el testigo del 21%, lo que nos indica que posee mejores cualidades para soportar las plántulas las condiciones de establecimiento en condiciones climáticas adversas.

### 3.5 Efecto en la calidad del cepellón.

Tabla 4. Comportamiento de las plántulas en función de su destubetado y estabilidad.

Tratamientos	Destubetado (niveles)			Estabilidad (niveles)		
	Fácil	Medio	Difícil	Alto	Intermedio	Bajo
Testigo	5	-	-	5	-	-
QuitoMax®	5	-	-	5	-	-
RadixP	5	-	-	5	-	-
EcoMic®	5	-	-	5	-	-

En la tabla 4 se presentan los resultados de la evaluación del destubetado del cepellón y la estabilidad estructural del mismo, presentándose buenas condiciones para las 5 plantas extraídas de cada uno de los tratamientos. (Fotos en anexo) Este resultado se justifica por el desarrollo radical alcanzado y las características físicas y química propias del sustrato utilizado, que posibilitan una buena colonización del sistema radical y una buena estabilidad estructural del sustrato, proporcionando que la resistencia al destubetado sea menor y facilite esta operación, cosa que no siempre se consigue con otros sustratos.

Los plantines en contenedor suelen tener pocos problemas con los sistemas radicales porque el cepellón (sistema de raíces más sustrato) es muy poco perturbado durante la extracción y el transporte; según Da Mata (2009) y



Buamscha (2012), la facilidad con que el cepellón puede extraerse del envase depende de la densidad del sistema radical. A medida que el volumen del cepellón aumenta, generalmente, disminuye la densidad de raíces, por ende, para los envases más grandes se debe planificar un programa de crecimiento más largo para que la densidad de las raíces permita extraer el cepellón completo sin que se desintegre.

### **3.6 Valoración económica**

La producción con calidad de las plantas forestales en viveros resulta de gran importancia, no solo por el alto número de posturas a producir, sino por las condiciones generalmente adversas de su establecimiento en campo durante el fomento de plantaciones o la repoblación forestal, por lo que la producción de posturas de calidad constituye una reclamación permanente de las unidades productoras (González *et al.*, 2014).

El uso de bioproductos de carácter comercial en Cuba en viveros de diferentes especies de cultivos en rotación constituye una práctica bien conocida y generalizada, lo cual no ocurre lo mismo en la producción forestal, donde también tienen amplias posibilidades de empleo. Característicamente los bioproductos agrícolas comerciales poseen precios módicos y sus resultados siempre arrojan altos beneficios económicos, al elevar los rendimientos o mejorar la calidad de la planta o su resistencia a plagas y enfermedades. Ejemplo de esto son los precios actuales del INCA a los siguientes productos: EcoMic® = 8.00 CUP el kg; QuitoMax® con concentración de cuatro g/L para dos aplicaciones a una ha = 50.00 CUP y el Pectimorf® en frasco 150 ml = 20.00 CUP (El similar el principio activo del Pectimorf® al Radix-P).

Como puede apreciarse el uso de los anteriores bioproductos en la producción de posturas forestales solo implica una mínima elevación del costo de producción, además según Muñoz (2007), se debe considerar que dependiendo de la magnitud del vivero dependerá el costo de producción de una planta, producto de lo que se conoce como economía de escala, concepto que explica que al

incrementar la producción, se reducen los costos del proceso en general. En este caso, mientras mayor sea el tamaño del vivero, se incrementará la cantidad de plantas producidas en él y menor será entonces el costo total de éstas. Lo señalado se produce por la mayor capacidad que tiene un vivero de gran magnitud de influir en los precios de adquisición de los insumos que utiliza, ya que puede realizar una mayor negociación de precios con sus proveedores, por las grandes cantidades de insumos que son adquiridos.

De forma promisoría se podrán esperar generalmente beneficios económicos con la utilización eficiente de los bioproductos comerciales que existen en el país, dado a sus bajos precios e insumos y los elevados beneficios agroproductivos que se obtienen.

## Conclusiones

- La aplicación del Radix-P obtuvo un porcentaje de germinación estadísticamente superior al resto de los tratamientos desde los 14 a 28 días de la siembra.
- El empleo de la quitosana (QuitoMax®) tiende a presentar los mejores resultados en los índices de calidad evaluados de las plántulas de *Eucalyptus sp.* a los 120 días, sin diferencias significativas con los restantes tratamientos.
- Se alcanzaron en todos los tratamientos buenas condiciones de destubetado y estabilidad del cepellón al final de experimento.

## Recomendaciones

- Continuar el presente estudio en las condiciones de establecimiento de la plantación, para evaluar el nivel de supervivencia obtenido de las plántulas de cada tratamiento.
- Estudiar el momento óptimo de trasplante de plántulas de *Eucalyptus*, previamente catalogada la especie, producidas en tubetes de 150 cm<sup>3</sup>, con buenos índices morfológicos de calidad y con cepellones con fácil destubetado y buena estabilidad estructural.
- Evaluar en condiciones controladas la germinación de las semillas de *Eucalyptus* sp. utilizada, bajo la acción de los productos naturales estudiados.

## Bibliografía

Alfonso, J. 2015. Interpretación de la dinámica de la deforestación en el Perú y lecciones aprendidas para reducirlas. German Development BN Institute. En cooperación con Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre.

Achard, F., Beuchle, R., Mayaux, P., Stibig, H., Bodart, C., Brink, A. y Simonetti, D. 2014. Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global change biology*, 20 (8), 2540-2554.

Arriola, P., Flores, G., Gijón, H., Pineda, O., Jacob, C. y Pascual, P. 2015. Producción de planta de *Abies religiosa* (Kunth) en vivero. Folleto Técnico Núm. 19. CENID-COMEF, INIFAP. México, D.F.

Bartalev, S., Kissiyar, O., Achard, F., Bartalev, S y Simonetti, D. 2014. Assessment of forest cover in Russia by combining a wall-to-wall coarse-resolution land-cover map with a sample of 30 m resolution forest maps. *International Journal of Remote Sensing*, 35, 2671-2692. doi.1080/01431161.2014.883099.

Buamscha, M.; Contardi, L.; Dumroese, K.; Enricci, J.; Escobar, R., Gonda, E., Jacobs, D., Landis, T., Luna, T., Mexal, J y Wilkinson, K. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Comodoro Rivadavia. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. 1a. ed. Buenos Aires.

Bhaskara, M. V., J. Arul, P. Angers and L. Couture. 1999. Chitosan Treatment of Wheat Seeds Induces Resistance to *Fusarium graminearum* and Improves Seed Quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 47: 208–1216.

Batista, P.2014. Órgano Oficial del Comité Central del PCC. Nuevo vivero para fomentar la producción agrícola en Cuba.

Becerra, L. W., Vichot M. y Rodriguez M. 2011. Elaboración de un plan de quemas prescritas en plantaciones de *Eucalyptus pellita*, en Pinar del Río, Cuba. *Revista Forestal Baracoa*, 28 (1).

Beale, I. 2013. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial*. El Sector Forestal Argentino, Eucalipto no. 53

Birchler, T.; Rose R.; Royo A. y Pardos M. 1998. La planta ideal. Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For*, 7.

Camellón, J. 2015. Periódico “Escambray”, Sancti Spíritus. Novedad en el vivero. 16 de Julio.

Cubadebate. 2012. Superficie boscosa en Cuba alcanza más del 20% del territorio nacional. [En línea] Disponible en: <http://www.cubadebate.htm>. [Consultado: abril 2018]

Chibu, H. and H. Shibayama. 2001. Effects of chitosan applications on the growth of several crops. In: T. Uragami, K. Kurita and T. Fukamizo, Editors. *Chitin and Chitosan in Life Science*, Yamaguchi. 235–239. ISBN 4-906464-43-0.

Chandrkrachang, S. 2002. The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. In: K. Suchiva, S. Chandkrachang, P. Methacanon and M.G. Peter, Editors. *Advances in Chitin Science*, 5, 458–462. ISBN 974-229-412-7.

Cabrera, D. R. 2011. Propuesta para la introducción de tecnología de tubetes como alternativa para obtener plantas de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*. en el vivero “el rosario” de la UEB de Los Arabos. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.

Ceballo, A. 2015. El principal reto es hacer frente a la deforestación. Periódico “Granma”. Órgano oficial del Comité Central del PCC. 1p.

Coll, M. 2005. Los viveros, tecnología e innovación en la horticultura moderna. 25 p. [En línea] Disponible en: <http://www.interempresas.net> [Consultado: abril 2018.]

Chala, K. y Sosa, Y. 2017. Influencia de sustratos en la producción de plantas de *Pinus maestrensis* Bisse en viveros de bolsas polietileno negro en el municipio de Buey Arriba en la provincia de Granma. REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local Vol.1 No.3. RNPS: 2448.

Castillo, I.; Medina R.; González, E.; Cobas, M. y Bonilla, M. 2006. Evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucalyptus grandis* en contenedores. Revista Forestal Baracoa vol. 25 (2), diciembre 2006.

Cobas, M., Bonilla, M. y Ramos, C. 2015. Efecto del sustrato en la calidad de la planta de *Albizia procera* cultivada en tubetes. Revista Cubana de Ciencias Forestales, Vol.3 (2), junio-diciembre, 2015.

Da Mata, L. 2009. Evaluación de la calidad de la planta de *Cedrela Odorata* L. cultivada en vivero mediante diferentes métodos. Trabajo de diploma presentado para optar por el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Forestal y Agronomía. Universidad de Pinar del Río.

Díaz, G.; Pérez, R y García V. 2006. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Villa Clara. En: Recomendaciones de ACTAF. Hoja divulgativa no 2. p: 40.

De Fries, R.; Rudel, T.; Uriarte, M y Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. Nature Geoscience, 3 (3), 178-181.

Dell'Amico, T.; Rodríguez, P.; Monte, A. y Sánchez, M. 2002. Water and growth parameter responses to tomato plants associated with arbuscular mycorrhizae during drought and recovery. Journal of Agricultura Sciences 138: p 387-393.

Desing Company, 2009. Producción de viveros. Ventajas y desventajas. [En línea]. Disponible: <http://natuvivero.blogspot.com>. [Consulta: abril 2018]

Falcón, A.; Costales, D.; González-Peña, D. y Nápoles M. 2015. Reseña bibliográfica. Nuevos productos naturales para la agricultura: las Oligosacarinas. Cultivos Tropicales, vol. 36, no. especial, pp. 111-129.

Forest Survey of India, 2014. Ministry of Environment, Forest & Climate Change. [En línea]. Disponible en: [http://fsi.nic.in/details.php?pgID=sb\\_6](http://fsi.nic.in/details.php?pgID=sb_6). [Consultado Abril 2018.]

Finanzas Carbono, 2018. El aporte de la deforestación al cambio climático. [En línea] Disponible en: <http://finanzas.carbono.org>. [Consultado: junio 2018.]

Graf, G. 2018. ¿Qué relación tienen los bosques y el cambio climático? Greenpeace. Deforestación cambio climático [En línea] Disponible en: [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org). [Consultado: Marzo 2018.]

González, E.; Cobas, M.; Bonilla, M.; Sotolongo, V.; Castillo, I.; García, I. y Medina, M. 2014. Experiencias en la producción de plantas cultivadas en los viveros forestales en contenedores. Revista Cubana de Ciencias Forestales Vol. 2 (2).

Gonzalo, R. 2014. Sustratos para viveros. [En línea] Disponible en: <http://Sustratos para viveros.htm>. Consultado: Diciembre 2017.

Grupo Empresarial ENCE.2009. La gestión forestal sostenible y el eucalipto. [En línea] Disponible en: [www.monografias.com.htm](http://www.monografias.com.htm). Consultado: Febrero 2018.

Hansen, M.; Potapov, P.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S.; Goetz, S.; Loveland, T.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. y Townshend, J. 2013. High-resolution global maps of 21st-Century. Science, 342. doi:10.1126/science.1244693.



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. Monitoring of the Brazilian Amazonia; Projeto PRODES. [En línea] Disponible en: <http://www.obt.inpe.br/prodes/inex.html>. Consultado Marzo 2018.

Jiménez, A.; Olivera, L.; Cruz, M.; G. López y Sospedra R. 2000. Propagación clonal in vitro de *Eucalyptus pellita*, F. Muell. Chapingo Ciencias Forestales y del Ambiente. 7: 29-33.

Koopal, L.K.; T. Saito, J.P.; Pinheiro y Van Riemsdijk, W. 2005. Ion binding to natural organic matter: General considerations and the NICA-Donnan model. Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects 265: 40-54.

Katiyar, D., Hemantaranjan, A. y Singh, B. 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. Indian Journal of Plant Physiology. Volume 20, Issue 1, p 1-9.

Lambin, E. y Meyfroidt, P. 2010. Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economics change. Land Use Policy, 27, 108-118.

Lascarro, C. 2015. Manual de viveros forestales. [En línea] Disponible en: [www.Monografias.com.htm](http://www.Monografias.com.htm). Consultado: Octubre 2017.

Lepers, E.; Lambin, E.; Janetos, A.; DeFries, R.; Achard, F.; Ramankutty, N. y Sholes, R. 2005. A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981-2000. BioScience, 55, 115-124.

López, C y Barceló, A. 2001. Sobre Micorrizas. Boletín UNAM-DGCS 274 julio-septiembre. 19 (3).

Lares, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. Laboratorio de Polímeros, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. Disponible en: [www.bioline.org.br/pdf?cg08002](http://www.bioline.org.br/pdf?cg08002). Consultado: Febrero 2018.

Linares, F. 2017. Respuesta del desarrollo vegetativo de *Stevia rebaudiana* Bertoni en condiciones de viveros con la aplicación del PECTIMORF® y Radix-P. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba.

Luna, T., Landis, T. y Dumroese, R. 2012. Contenedores: Aspectos técnicos, biológicos y económicos. En: Producción de plantas en viveros forestales. Disponible en: [https://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2012\\_luna\\_t001.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2012_luna_t001.pdf) Consultado: Mayo 2018.

Martinez, R. y Hernández, G. 2005. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. En: II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencia y Mesas Redondas. Villa Clara, Cuba. 80p.

Meyfroidt, P.; Rudel, T. y Lambin, E. 2010. Forest transitions, trade and the global displacement of land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107, 20917-20922.

Muñoz, Z. 2007. Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.

Majidian, M.; Ghalavand, A.; Karimian N. y Haghghi, A. 2006. Effects of water stress, nitrogen fertilizer and organic fertilizer in various farming systems in different growth stages on physiological characteristics, physical characteristics, quality and chlorophyll content of maize single cross hybrid 704. Iranian Crop Sciences J. 10(3): 303-330.

Molina, E.A. 2013. Manejo nutricional de la piña. Cursos online INTAGRI. Disponible en: [www.intagri.com/articulos/los\\_biofertilizantes\\_en\\_la\\_agricultura](http://www.intagri.com/articulos/los_biofertilizantes_en_la_agricultura). Consultado: Mayo 2018

Morte, A.; Díaz, G.; Rodríguez, P.; Alarcón, J.J. y Sánchez-Blanco, M.J. 2001. Growth and water relations in mycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. *Biologia Plantarum* 44 (2): p. 263-267.

Morte, A.; Lovisolo, C. y Schubert, A. 2000. Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal associatio *Helianthemum almeriense* Tefezia claveryi. 10 (3): p. 115-119.

Martínez., I. D. L. C. C. 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. Universidad de Pinar Del Río.

Nge, K. L.; New N.; Chandkrachang S. and Stevens, W. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Journal of Plant Science* 170: 1185-1190.

Oliva, M.; Vacalla, F.; Pérez, D. Tucto, A. 2014 Manual viveros forestal para producción de plantones de especies forestales nativas Experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú.2p.

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica. 2014. Monitoreo de la deforestación, aprovechamiento forestal y cambios de uso del suelo en el bosque pan-amazónico. Disponible en: [http://www.otca.org.br/portal/admin/upload/publicacoes/folder\\_monitoreo\\_esp.pdf](http://www.otca.org.br/portal/admin/upload/publicacoes/folder_monitoreo_esp.pdf). Consultado: Enero 2018. Consultado: Febrero 2018.

Peláez, O. 2017. El cubrimiento por bosques del archipiélago cubano. Periódico “Granma” Órgano Oficial del Comité Central del PCC. 16/5/2017

Partido Comunista de Cuba, 2016. Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista. Plan nacional de desarrollo económico y social hasta el 2030: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores estratégicos VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. Aprobado el 1de abril de 2016. 32 pág.

Pérez, N.; Chango, R.; Fuego, M.; Castillo, I.; Orea, U. y Veliz, J. 2015. Dinámica de crecimiento de plántulas de *Vitex parviflora* Juss en sustratos de compost de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, y *Eucalyptus pellita* F. Muell en viveros forestales. Revista Cubana de Ciencias Forestales, Vol.3 (1), enero-junio, 2015.

Palacios, K. 2017. Calidad de plántulas de *Eucalyptus urograndis*, producidas en tubetes de 150 cc. Reforiente S.A.S. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ingeniería Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

Paucar, E. 2009. Las micorrizas alternativa ecológica para una agricultura sostenible Monografía. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos72/micorrizas-alternativa-ecologica-agricultura-sostenible/micorrizas-alternativa-ecologica-agricultura-sostenible2.shtml> Consultada: Marzo 2018.

Pacheco, C.; Aguado, I.; Vilanova, E. y Martínez, S. 2012. Utilización de las tecnologías de la información geográfica (TIG) en el desarrollo de un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de emisiones de CO<sub>2</sub> en tres áreas “hot spot” de deforestación en Venezuela. Documento presentado en el XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid, España.

Rudel, T.; De Fries, R.; Asner, G. y Laurance, W. 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. Conservation Biology, 23(6), 1396-1405.

Rueda, A.; Benavides, J.; Saenz, T.; Muñoz, H.; Prieto, A. y Orozco, G. 2014. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. Revista Mexicana de Ciencias Forestales vol.5 no.22. México. mar./abr. 2014.

Sebahattin, A. y Necdet. V. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Journal of Agronomy 4:130-133.

Suárez, R. 2014. Pinar del Río incrementa la producción de posturas mediante viveros tecnificados. Periódico “Granma” Órgano Oficial del Comité Central del PCC. Abril 11, 2014.

Tolaimate, A.; A. Desbrieres, M.; Rhazi, A.; Alagui, M.; Vicendon J. and Vottero P. 2000. On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristic of chitosan from squid chitin. *Polymer* 41: 2463-2469.

United Nations. 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>. Consultado: Abril 2018.

Varanini, Z. y Pinton. R. 2001. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. *In*: R. Pinton, Z. Varanini y P. Nannipieri (eds.). *The Rhizosphere*. Marcel Dekker. New York. pp. 141-158.

Vigil-Escalera, A. 2017. Los pulmones verdes de Cuba. *Juventud Rebelde*. Agosto 9, 2017

Virgen, G.C.2013. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Cursos online INTAGRI. Disponible en: [www.intagri.com/articulos/](http://www.intagri.com/articulos/) Consultado: Marzo 2018.

Vázquez, L. 2004. El manejo agroecológico de la finca. Una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias. ACTAF, La Habana. 121 p.

Wanichpongpan, P.; K. Suriyachan and S. Chandkrachang. 2001. Effects of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). *In*: T. Uragami, K. Kurita and T. Fukamizo, Editors. *Chitin and Chitosan in Life Science*, Yamaguchi, p 198–201.

## Anexos

Estabilidad estructural del cepellón y arquitectura del sistema radical.

Primer tratamiento: Testigo



Segundo Tratamiento: QuitoMax®





Tercer Tratamiento: Radix P.





Cuarto Tratamiento: EcoMic®

