

UNIVERSIDAD DE MATANZAS



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Efecto de las proporciones de materia orgánica y zeolita natural en polvo en la calidad de la postura de Eucalyptus sp. producida con la tecnología de tubetes.

Autora: Dayanis Morales Bon

Tutores: MS.C Ing. Héctor Díaz Álvarez.

MS.C Ing. Antonio Delgado Perdomo

Matanzas

2018

PENSAMIENTO

“Preocupa a los hombres cuerdos [...] la tala brutal y avariciosa de los especuladores, que no ven que la fortuna rápida que hoy acumulan criminalmente, y a expensa de la fortuna pública, arrebatada a la nación una fuente de riqueza permanente, no tanto por lo esencial que traen en sí los bosques de buenas maderas cuanto por la protección y amparo que dan los bosques a las comarcas agrícolas.”

José Martí

(“Congreso Forestal”. La América. Nueva York, septiembre de 1884. O.C. 8:303).

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Tribunal

Evaluación

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Dayanis Morales Bon soy la única autora de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

DEDICATORIA

A mis familiares y amigos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que pudieron hacer posible la elaboración de este documento.

A los tutores de mi tesis por haberme orientado durante toda la realización del estudio y en la redacción del documento.

A todas y cada una las personas que durante estos cinco años de la carrera confiaron en mí y me apoyaron para seguir adelante.

OPINION DEL TUTOR

La estudiante Dayanis Morales Bon ha concluido exitosamente sus estudios de Ingeniería Agronómica con una alta dedicación, preocupación e independencia en su trabajo de Diploma que es digno destacar.

El trabajo fue desarrollado en Empresa Agroforestal de Matanzas bajo el título “Efecto de los contenidos de materia orgánica y zeolita natural en la calidad de la postura de *Eucalyptus sp.* producida con la tecnología de tubetes” donde mostró elevada sensibilidad, seriedad y responsabilidad.

Su trabajo además se caracterizó por la búsqueda de bibliografía actualizada y un dominio de la computación que le permitieron abordar la temática con profundidad y presentar los resultados en la forma requerida.

Alcanzó además independencia en la evaluación estadística de los datos del experimento mostrando dominio de los Software profesionales WORD, EXCEL, STATGRAPHICS y Comprob-1.

La tesis tiene valor científico ya que evalúa diferentes sustratos en el desarrollo de posturas de *Eucalyptus sp.* producidas con la nueva tecnología de tubetes utilizando un grupo importante de indicadores que le dan rigor al estudio realizado, siendo sus conclusiones y recomendaciones de gran valor para la Empresa Agroforestal Matanzas.

Por todo lo anteriormente expuesto, consideramos que la estudiante Dayanis Morales reúne los requisitos para ser gratificada con la máxima puntuación y así completar exitosamente los requerimientos exigidos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

MS.C. Héctor Díaz Álvarez

Tutor.

RESUMEN

En la Empresa Agroforestal de Matanzas en el periodo comprendido entre los meses de diciembre de 2017 y mayo de 2018, se desarrolló un estudio relativo a la influencia de diferentes proporciones de sustratos de materia orgánica como estiércol compostado, zeolita natural en polvo y suelo Ferralítico rojo típico (horizonte A), en condiciones de vivero utilizándose como planta indicadora el *Eucalyptus sp.* y la tecnología de tubetes, valorándose mediante un diseño totalmente aleatorizado en siete tratamientos, contenidos de 40 y 60% de materia orgánica y 5, 10 y 15% de zeolita natural en polvo con un testigo absoluto, evaluándose el crecimiento de las posturas, los índices de calidad y la conformación del cepellón con el uso el STATGRAPHICS y un análisis de varianza simple, utilizándose además el Comprop-1 y el Microsoft Excel. Los resultados obtenidos permitieron confirmar que los tratamientos basados en la utilización del 40% de materia orgánica y niveles del 5, 10 y 15% de zeolitas natural en polvo fueron los que mejores valores arrojaron, constituyendo un punto de partida para la utilización de productos locales en la producción de posturas forestales.

Palabras claves: materia orgánica, zeolita natural, índices de calidad

SUMMARY

In the Agroforestry Enterprise of Matanzas in the period between the months of December 2017 and May 2018, a study was developed regarding the influence of different proportions of substrates of organic matter such as composted manure, natural zeolite powder and red Ferralitic soil typical (horizon A), under nursery conditions, using the Eucalyptus sp. as an indicator plant. and the technology of tubes, valued by means of a totally randomized design in seven treatments, contents of 40 and 60% of organic matter and 5, 10 and 15% of natural zeolite in powder with an absolute control, evaluating the growth of the positions, the quality indexes and the conformation of the root ball with the use of STATGRAPHICS and a simple analysis of variance, also using the Comprop-1 and the Microsoft Excel. The results obtained confirmed that the treatments based on the use of 40% of organic matter and levels of 5, 10 and 15% of natural zeolites in powder were the best values threw, constituting a starting point for the use of local products in the production of forest positions.

Key words: organic matter, natural zeolite, quality indexes

INDICE

Introducción.

I.- Revisión Bibliográfica.

1.1 Situación de los bosques a nivel mundial. Importancia de los mismos. La deforestación, causa y consecuencias.....	4
1.1.1 Importancia de los bosques.....	5
1.1.2 La deforestación, concepto, causa y consecuencias.....	6
1.1.3 La deforestación en Cuba.....	8
1.1.4 Reforestación en Cuba.....	10
1.1.5 Regeneración.....	11
1.1.6 Tendencia de la reforestación en Cuba y las políticas aprobadas.....	12
1.2 Viveros forestales. Concepto. Importancia.....	16
1.2.1 Importancia de viveros.....	17
1.2.2 Clasificación de los viveros forestales.....	18
1.2.3 Establecimiento de un vivero. Consideraciones generales.....	19
1.2.4 Partes del vivero forestal.....	20
1.2.5 Selección del envase.....	22
1.2.6 Métodos de Siembra.....	24
1.2.7 Trasplante. Aspectos técnicos.....	25

1.3	Sustratos. Concepto. Importancia.....	26
1.3.1	Importancia del sustrato.....	27
1.3.2	Principales funciones del sustrato.....	27
1.3.3	Características del sustrato y su influencia en el desarrollo de las plantas... 27	
1.3.4	Tipos de sustratos utilizados en la producción.....	28
1.4	Zeolitas naturales.....	31
1.4.1	Concepto.....	31
1.4.2	Beneficios de uso de la zeolita natural.....	32
1.4.3	Propiedades químicas.....	33
1.5	El Eucalyptus sp como especie de interés forestal.....	34
1.5.1	Orígenes, diversidad y distribución geográfica mundial.....	35
1.5.2	Especies de Eucalyptus más importantes.....	36
1.5.3	Propiedades del eucalipto.....	38
1.5.4	Introducción en Cuba y su producción en Matanzas.....	39
	Capítulo II. Materiales y métodos.....	41
2.1	Características generales del estudio.....	41
2.2	Diseño Experimental.....	41
2.3	Características representativas de los componentes de los sustratos.....	42
2.4	Atenciones culturales.....	43

2.5 Cálculos de los parámetros estudiados.....	43
2.6 Procesamiento estadístico de los datos.....	44
Capítulo III. Análisis de los resultados.....	45
3.1 Estudio del comportamiento de la germinación.....	45
3.2 Estudio del comportamiento de la altura a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra.....	46
3.3 Estudio del comportamiento de los indicadores de calidad.....	49
3.3.1 Altura.....	49
3.3.2 Diámetro de cuello.....	50
3.3.3 Relación PSA/ PSR.....	50
3.3.4 Razón altura/diámetro o índice de esbeltez.....	50
3.3.5 Índice de calidad de Dickson.....	51
3.4 Comparación fotográfica de la formación del cepellón en 4 plantas seleccionadas al azar a los 90 días.....	52
Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	56

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 por qué los bosques han decrecido 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 medio ambiente.

En Cuba, cuyo patrimonio forestal fue explotado indiscriminadamente durante los siglos XVII, XVIII, XIX y principios del XX con idénticos propósitos, comenzó a revertir su situación a partir de políticas y estrategias de reforestación que introdujo el nuevo estado una vez triunfada la revolución, teniendo un crecimiento sostenido desde un 14% en 1959 hasta más de un 26% en el 2016.

La permanente ocupación del estado cubano por la repoblación e incremento sostenido de las áreas boscosas ha incitado a las instituciones científicas, académicas y productivas a la búsqueda de soluciones tecnológicas que propicien el crecimiento de la masa arbórea cubana. Para tales fines la producción de posturas de especies de interés forestal fue la principal fuente del fomento de bosque al comprobarse en más de una ocasión lo ineficiente de la siembra directa por un conjunto de factores que las condiciones de clima tropical húmedo le imponen a ese tipo de reproducción de las especies forestales. Es por ello que se le presta atención particular 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 los bosques que encarecen la producción y deterioran las áreas boscosas.

Gutiérrez *et al.* (2010) destacan que, en los viveros forestales, los insumos y los tratamientos aplicados a las plantas son variables, pues dependen de la disponibilidad que se tenga de recursos económicos, tecnológicos y humanos, lo que ha propiciado

diferencias entre los sistemas de producción que, a su vez, están relacionados con la ubicación geográfica y el clima. Sin embargo, la planta que ahí se maneja debe ajustarse a los estándares que favorezcan su establecimiento y desarrollo en el campo. La calidad de la planta está determinada tanto por factores genéticos, fisiológicos y morfológicos, como por las labores culturales que reciben.

Como parte de la voluntad de perfeccionar la producción de postura se introduce en el país la tecnología de tubetes, 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, han producido posturas de baja calidad aumentando las pérdidas. En este contexto productivo nace la necesidad de buscar sustratos alternativos locales que aseguren la obtención de altos índices de calidad de las producciones de posturas, así como la supervivencia de las mismas que optimicen los resultados económicos, estando encaminado este trabajo al logro de tal fin.

PROBLEMA CIENTÍFICO

La baja calidad de las posturas producidas en tubetes ha provocado un aumento de las pérdidas y disminución de la supervivencia en el campo en la Empresa Agroforestal de Matanzas.

HIPÓTESIS

La utilización de zeolita natural en polvo y materia orgánica compostada en proporciones adecuadas pueden mejorar la calidad de las posturas de *Eucalyptus sp.*

OBJETIVO GENERAL

Determinar las proporciones de materia orgánica y zeolita natural en polvo que debe tener el sustrato para la producción de posturas de *Eucalyptus sp* empleando la tecnología de tubetes como contenedor de este tipo de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los efectos de las proporciones de materia orgánica y zeolita natural en polvo en las curvas de crecimiento durante la etapa de vivero de las posturas de *Eucalyptus sp*, en condiciones de producción de tubetes.
2. Evaluar los efectos de las proporciones de materia orgánica y zeolita natural en polvo en los índices de calidad de las posturas de *Eucalyptus sp*, en condiciones de producción de tubetes.
3. Comparar la conformación del cepellón de las posturas de *Eucalyptus sp*, producida en tubetes bajo los efectos de proporciones diferentes de zeolita natural en polvo y materia orgánica.

I.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1 Situación de los bosques a nivel mundial. Importancia de los mismos. La deforestación, causa y consecuencias.

Desde 1990 a 2015 ha habido una pérdida neta de unos 129 millones de ha. de bosques (natural y plantado), que representa una tasa anual de 0,13% y una superficie total del tamaño aproximado de Sudáfrica (FAO, 2015), y actualmente se encuentra por debajo de los 4.000 millones de ha. (FAO, 2016). Con todo este decrecimiento se ha de entender en un contexto específico que la tasa anual de pérdida ha disminuido de 0,18% en el decenio de 1990 a 0,08% durante el último quinquenio. Entre 2010 y 2015 hubo una pérdida anual de 7,6 millones de ha. y una ganancia anual de 4,3 millones de ha. por año, lo que equivale a un decrecimiento neto anual del área de bosque de 3,3 millones de ha. por año.

En la figura 1 la (FAO, 2015) ilustra las pérdidas y ganancias netas anuales en el área de bosques por países comprendidas en el periodo que va de 1990 a 2015, observándose que en Canadá, América Central, América del Sur, amplias regiones de África y Australia se concentran las zonas con mayores pérdidas netas de bosques y que las ganancias netas se concentran en los Estados Unidos, partes de Europa y Asia.

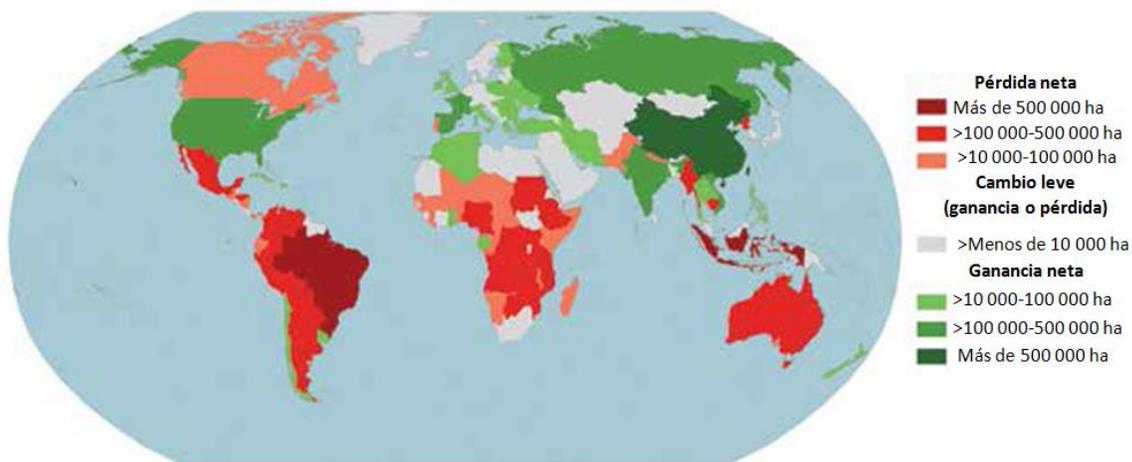


Figura 1. Pérdidas y ganancias netas anuales en el área de bosques por países comprendidos en el periodo que va de 1990 a 2015.

1.1.1 Importancia de los bosques.

Los bosques son importantes por suministrar bienes y servicios a la sociedad, sustentar los ciclos biológicos del planeta, conservar la biodiversidad y proporcionar fuentes de ingreso y trabajo digno. A menudo los bosques suplementan los ingresos de las familias rurales y actúan como redes de seguridad en tiempos de privaciones, aliviando así la pobreza rural. Un gran número de familias que usan productos forestales los consumen directamente como alimentos, medicinas, materiales para construcción, utensilios y leña (Mery *et al.*, 2009).

Con el tiempo, la interacción entre los seres humanos y los bosques ha variado en función de los cambios socioeconómicos. Una de las enseñanzas de la historia es que son estrechos los vínculos entre el uso de los bosques, el desarrollo económico y social y entre la destrucción de los bosques y el deterioro económico. Las autoridades se encuentran ante la paradoja de que, aunque los bosques, los productos forestales y los servicios ecosistémicos forestales son fundamentales, la tierra ocupada por bosques es, en ocasiones, objeto de demandas más acuciantes. La perspectiva histórica pone de relieve la importancia y las dificultades de sostener los bosques y, mediante el manejo forestal sostenible, encontrar un equilibrio entre la conservación y

el uso para garantizar toda la gama de la contribución de los bosques en los planos económico, social y ambiental(FAO, 2012).

1.1.2 La deforestación, concepto, causa y consecuencias.

Según el Rautner *et al.* (2013) la deforestación es desmontar total o parcialmente las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganadero o de otro tipo. Esta concepción no tiene en cuenta ni la pérdida de superficie arbolada por desmonte parcial, ni el entresacado selectivo de maderas, ni cualquier otra forma de degradación. La deforestación es el proceso por el cual la tierra pierde sus bosques en manos de los hombres.

El clima, la cultura, la tecnología y el comercio han ejercido gran influencia en la aceleración o reducción del ritmo de deforestación, cuando no han llegado a invertirlo.

La degradación de los bosques ocasiona una disminución de sus múltiples funciones ambientales y una pérdida de su valor económico. Esto último muchas veces conduce a su conversión a otros usos. Aunque este proceso se ha extendido por décadas, las políticas aplicadas han sido poco efectivas y no han logrado detenerlo(Meryet *al.*, 2009).

1.1.2.1 Las causas subyacentes de la deforestación y la degradación de los bosques.

Según lo planteado por Kappelle (2009) la tala y quema ilícita de árboles a gran escala ocurre todos los días y es la principal causa de la desaparición de nuestros bosques. De hecho, la deforestación (la tala total de bosque) y la degradación (la reducción de la calidad del bosque) resultan en la pérdida anual de unos 15 millones ha.de masa forestal a escala mundial: esto representa casi 0.5% de la cobertura forestal de la Tierra. Tal avance en la deforestación equivale a la desaparición anual de una superficie que supera a la de Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte juntas. En términos más simples, se estima que cada dos segundos se destruye el equivalente a

la superficie de un campo de fútbol, lo que significa un ritmo de deforestación muy alarmante.

Las causas subyacentes de la deforestación y la degradación de los bosques están conectadas entre sí y en que a menudo son de naturaleza socioeconómica. Tanto dichas causas como los métodos empleados para hacerles frente suelen ser específicos de los países y, por tanto, varían entre ellos. Entre las causas subyacentes se incluyen (FAO, 2014):

- ✓ la pobreza;
- ✓ la carencia de pautas de tenencia segura de la tierra;
- ✓ el reconocimiento insuficiente en la legislación y la jurisdicción nacionales de los derechos y las necesidades de las comunidades indígenas y locales que dependen de los bosques;
- ✓ unas políticas intersectoriales inadecuadas;
- ✓ la infravaloración de los productos forestales y los servicios ecosistémicos;
- ✓ la falta de participación;
- ✓ la falta de una buena gobernanza;
- ✓ la ausencia de un clima económico favorable que facilite el manejo forestal sostenible;
- ✓ el comercio ilegal;
- ✓ la falta de capacidad;
- ✓ la carencia de un entorno propicio tanto en el plano nacional como en el internacional;
- ✓ unas políticas nacionales que distorsionan los mercados y fomentan la conversión de las tierras forestales a otros usos.

Otras causas planteadas por (FAO, 2016) fueron:

- ✓ la mayor parte de la pérdida de superficie forestal en los últimos 25 años se ha producido en la región de clima tropical, donde la población sigue creciendo, sobre todo en las zonas rurales,
- ✓ las explotaciones agrícolas a gran escala suelen estar centradas en las exportaciones y su contribución a los suministros locales de alimentos es relativamente baja,
- ✓ la conversión de tierras forestales en terrenos agrícolas sigue siendo el principal factor de la deforestación.

En el Caribe son también muy frecuentes las pérdidas de bosque por desastres naturales que generan daños severos a los árboles, erosión del suelo, deslizamientos e inundaciones. Cada par de años los huracanes y tormentas tropicales causan estragos devastadores sobre islas como Cuba, La Española, Jamaica y Puerto Rico, destruyendo sus bosques naturales y plantaciones forestales (Kappelle, 2009).

Otra de las consecuencias de la deforestación, es la erosión de los suelos. Para la formación de 2 a 3 centímetros de suelo se necesitan alrededor de unos 1 000 años, por ello son un recurso que hay que conservar y cuidar. También las talas indiscriminadas provocan la pérdida de la biodiversidad tanto de animales como las plantas.

1.1.3 La deforestación en Cuba.

Con el descubrimiento de Cuba, se conoció que la superficie de la cubierta forestal era superior a 90 %, pues la población indígena era fundamentalmente recolectora y su agricultura incipiente no había deforestado más que los «bateyes» para construir sus «caneyes». Los pocos terrenos abiertos estaban constituidos mayoritariamente por las sabanas naturales interiores de gramíneas, bosquecitos dispersos y de galería con pequeños cursos de agua, donde comenzó la ganadería vacuna en el país.

Zanetti *et al.* (2017) plantea que la cobertura vegetal de Cuba hasta 1812 era de un 90 % de bosques originales. Sin embargo, ya desde 1520 se inició el desmonte de nuestros bosques. En 1900 se observa una drástica disminución de 54 % de cobertura, debido al intenso desarrollo de la ganadería y el cultivo de la caña de azúcar, esta dramática disminución alcanzó su máxima expresión en 1959, cuando llega a 14 %.

En la figura 2 se muestra como se perdió en Cuba la cobertura boscosa entre los años 1812 y 1959 y como a partir de este año con el triunfo de la revolución se comienza a recuperar parte de esta cobertura.

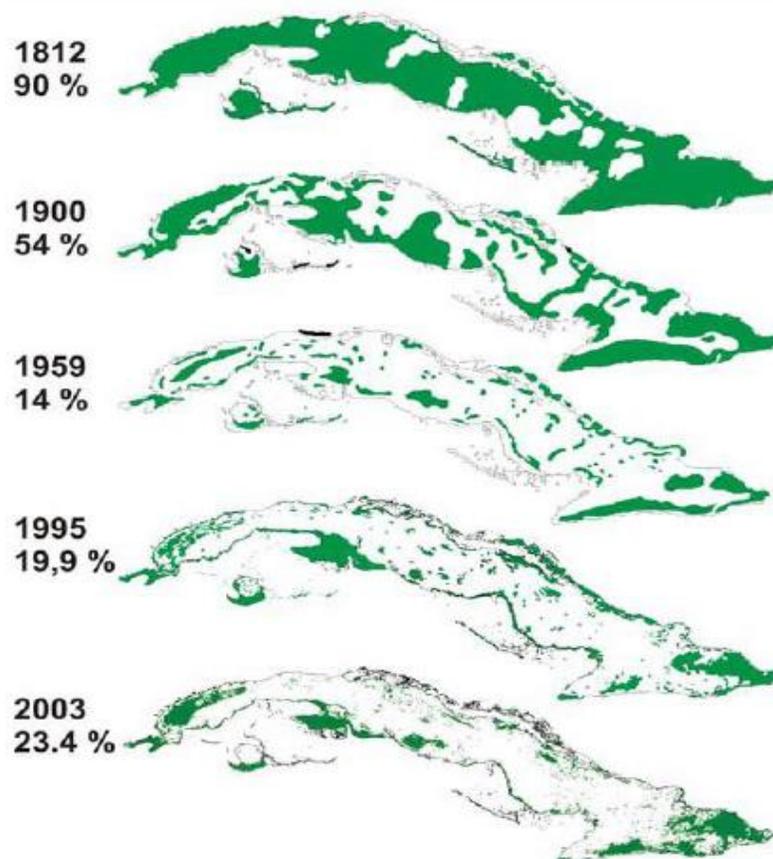


Figura 2: Cobertura boscosa de Cuba. Periodo 1812-2003

1.1.4 Reforestación en Cuba

La superficie cubierta de bosques de Cuba ha ido en incremento desde 1959, de 13.4% hasta alcanzar 29.95% en el 2013, lo que representa un área cubierta de bosques de 3 millones 87 mil ha., en 2015, el país incrementó su cobertura boscosa en cerca de 1 142 000 ha. mediante un fuerte impulso a programas de reforestación y regeneración natural. También aumentó la superficie boscosa bajo la condición de área protegida (Zanetti *et al.*, 2017).

A continuación, Zanetti *et al.* (2017), exponen la figura 3 donde se muestra el aumento del índice de boscosidad en el país entre los años 2009-2015.

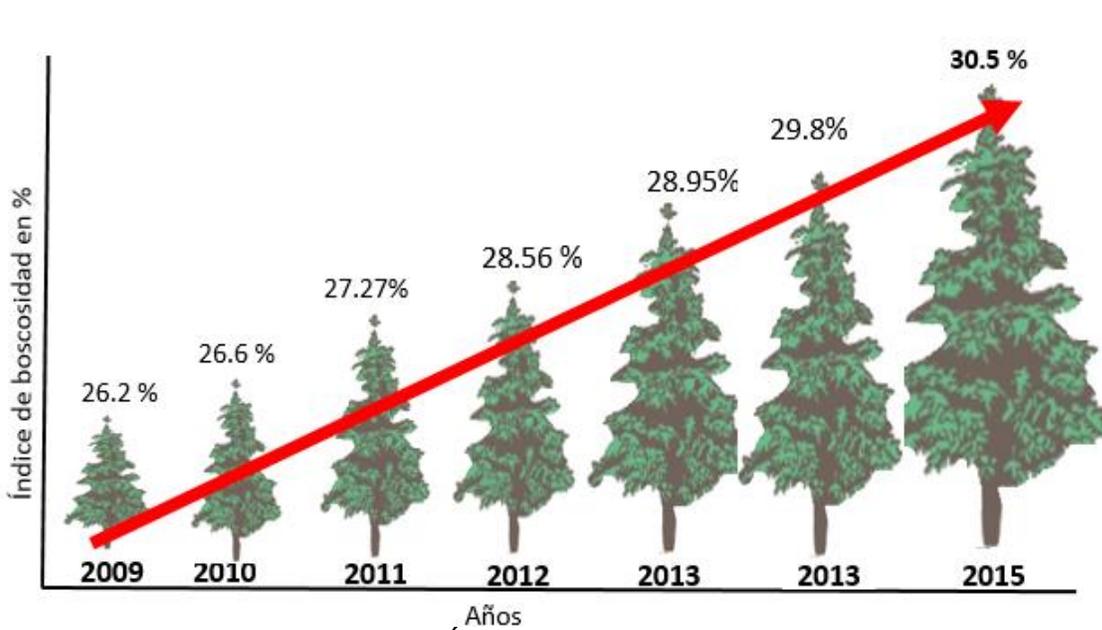


Figura 3: Índice de boscosidad (2009-2015)

La política forestal de la Revolución tiene su base en el texto de La Historia me Absolverá y su cumplimiento se inició con los primeros planes de reforestación. Al triunfar la Revolución, la realidad mostraba unos recursos forestales casi agotados por la voraz explotación y suelos erosionados producto de la deforestación; ya desde esta fecha bajo la conducción del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz la política forestal del Gobierno Revolucionario se orientó entre sus principales objetivos a evitar a toda

costa la reducción de las superficies de montes, extraer de éstos toda la madera útil sin perjudicar la riqueza forestal, proteger y conservar estos recursos y fomentar nuevos bosques con la presencia de árboles de valor económico y maderas preciosas, principios que son el pilar del desarrollo sostenible de Cuba y que han conducido a impactos importantes en el sector forestal cubano (Milhet, 2015).

El Estado cubano protege al medio ambiente y los recursos naturales del país, así como reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza (Pérez, 2009).

Cuba ejecuta un amplio programa de desarrollo forestal hasta 2020, que incluye el fomento, manejo y protección de bosques, tecnificación de viveros, producción de madera aserrada y tableros, entre otros. Raquel Palacio, sustituta del director de Desarrollo Forestal y de Henequén y precisó que para esa fecha prevén producir 190 mil m³ de madera aserrada, superior en un 25 por ciento al volumen actual, de 150 mil m³. Mencionó además que entre otros objetivos está el elevar la confección de muebles y otros rubros de alta demanda en la población (Digital, 2014).

1.1.5 Regeneración.

Trujillo (2012) y Román *et al.* (2013) al abordar los problemas relacionados con la regeneración de los bosques exponen que la composición, calidad y la continuidad de una masa forestal (un bosque) dependen de su regeneración. La regeneración o reproducción forestal es un proceso en el cual la masa forestal existente se sustituye por una nueva. Para la renovación de las masas forestales, se han desarrollado métodos de regeneración. Los métodos de regeneración son procedimientos ordenados que incluyen la corta parcial o total de la masa forestal existente, y el

establecimiento de una nueva, existiendo básicamente dos métodos de regeneración forestal: natural y artificial:

En la regeneración natural el establecimiento de las plantas se efectúa sin la intervención directa del hombre. En este caso, el papel del hombre se limita a tomar medidas dirigidas a mejorar las condiciones para el establecimiento y el crecimiento de la planta. En la regeneración artificial, los renuevos (de bosques) y rodales son establecidos por el hombre. En este caso, éste elige el terreno, las especies forestales y el método de establecimiento. Los métodos utilizados para la regeneración artificial son la plantación y la siembra directa.

Actualmente, la agricultura utiliza el 11% de la superficie terrestre para la producción de cultivos y la tasa de crecimiento en los últimos 50 años de superficie cultivada ha sido del 12%. La producción agrícola ha crecido entre 2,5 y 3 veces durante el mismo período. Este buen crecimiento se debe gracias a un aumento significativo en el rendimiento de los cultivos principales. Sin embargo, los logros mundiales de producción en algunas regiones han causado una degradación de la tierra y los recursos hídricos, y el deterioro de los servicios ecosistémicos (Trujillo, 2012).

1.1.6 Tendencia de la reforestación en Cuba y las políticas aprobadas.

La reforestación es necesaria para salvar la estabilidad térmica de nuestro planeta, pero esta tarea no debe quedar solamente en manos del gobierno o de los propietarios de grandes extensiones de tierra; por el contrario, todos podemos participar con nuestro granito de arena, que puede consistir en plantar un árbol frutal u ornamental en el espacio que tengamos disponible, el cual puede ser tan grande como un jardín o tan pequeño como una maceta. Según FAO (2014) es importante comprender que la reforestación no es un proceso unidimensional, por lo cual no consiste simplemente en recuperar los árboles que se hayan perdido en la deforestación, sino que existen diferentes técnicas que deben combinarse para llevarlo a cabo con éxito. Resulta muy fácil deforestar, pero muy lento y complicado reforestar, con muchas más probabilidades de error.

En Cuba su Constitución de la República establece que los bosques, entre otros recursos naturales, son propiedad estatal socialista de todo el pueblo y que el Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. La protección, conservación y uso racional de los recursos naturales como los suelos, las aguas, los bosques, la biodiversidad y los océanos, está concebida como un asunto de seguridad nacional, tal es así que aparecen recogidos en los Lineamientos 133, 196, 197 y 204 de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba y de la Revolución Socialista, aprobados en el Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba (Sánchez *et al.*, 2016).

El programa forestal del país tiene como fortaleza la composición del sector forestal cubano, integrado por un grupo de organismos, instituciones y organizaciones políticas y sociales, cuya misión en el programa está diseñada según función y misión que cumplen en la sociedad, siguiendo su principio que la reforestación, protección y conservación de los recursos forestales y de la fauna silvestre, es tarea de todos.

Pérez (2009) expone el conjunto de leyes, decretos y disposiciones tomadas por el gobierno cubano con el fin de salvaguardar el patrimonio boscoso del país, siendo estas:

- Ley 100 del 23 de febrero del 1959 que promulgaba la creación del Departamento de Repoblación Forestal del Ejército Rebelde, adscrito al entonces Ministerio de Defensa.
- Ley 239 aprobada el 10 de abril del propio año, la denominada “Plan de repoblación Forestal por el Ejército Rebelde”, que daba la misión de planificar la recuperación, conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales renovables del país.
- Durante los años 1962 y 1963 el Instituto Nacional de Reforma Agraria emitió diversas disposiciones relacionadas con el tema. Como muestra tangible de voluntad estatal se continuaron dando pasos que perfeccionaron el trabajo y se promulgaron nuevas leyes, decretos y resoluciones que dieron el espaldarazo

a la naciente institución al definir sus facultades y normar el uso social de los recursos forestales y de la fauna silvestre.

- Ley 1204/67 que dejó creado el Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal con el mandato de ejercer la vigilancia necesaria para la conservación de los montes y la fauna silvestre y se constituyeron los cuerpos de vigilancia protección forestal adjuntos a dicho instituto.
- En 1993 se dicta el decreto-ley N° 136 (7) del Patrimonio Forestal y Fauna Silvestre y sus contravenciones, y el decreto N° 180 sobre Contravenciones en las Regulaciones Forestales.
- En 1998 se promulga la ley 85, Ley Forestal, con su reglamento y decreto 268 en fecha 8 de septiembre de 1999 de las Contravenciones de las Regulaciones Forestales, actualmente vigentes.
- Ley 81 del Medio Ambiente: Aprobada fue por la Asamblea Nacional del Poder Popular en julio de 1997. Entre los objetivos de la ley, está la creación de un contexto jurídico que favorezca la proyección y desarrollo de las actividades socioeconómicas en forma compatibles con la protección del medio ambiente y promover la acción ciudadana en ese sentido, a partir de una mayor conciencia y educación a través de diferentes vías.

Ejemplificando lo anteriormente expuesto Herrera (2016) destaca que desde el año 2010 hasta la fecha, la actividad silvícola en el territorio de Las Tunas, ha tenido mejorías considerables. Los índices en el logro de plantaciones han crecido de un 38% hasta un 80% y para este 2016 se avizora un 90%. Para el presente calendario, existe un plan de posturas de alrededor de un millón 900 000, que serán producidas por medio de la tecnología tradicional en bolsas de polietileno, y por medio de tubetes plásticos, donde se concentra el mayor por ciento. En general, para el fomento de los bosques, se trabaja en el territorio con 43 especies, nueve de frutales y el resto maderables (cedro, caoba del país, majagua, baría y roble, entre otras). También existen programas priorizados con especies como el dagame, que se produce en los viveros en pequeñas cantidades para mantener la población, pues se encuentra en peligro de extinguirse. Actualmente, el 7,1% del patrimonio total de la empresa se

cataloga como área deforestada, mientras que sus terrenos boscosos, respecto a la extensión total del territorio tunero, abarcan un 12,1%.

También Vigil-Escalera (2017) confirma el éxito de la política forestal cubana al reportar respecto a la superficie boscosa que un total de 3 241 000 ha. cubiertas por bosques ocupaban al cierre de 2016 el 31,15% de la superficie del país, para un crecimiento de 57 000 ha con respecto al año anterior. De esta cifra, 535 000 ha. corresponden a áreas de plantaciones y 2 705 ha a áreas de bosques naturales. Además, el 31% produce madera y productos forestales no madereros, el 46% protege los recursos renovables a los que están, y el 23% conserva los recursos naturales y los destinados a la investigación científica, al ornato y a la acción protectora del medio ambiente en general. También expone seguidamente en la tabla 1 las áreas cubiertas por bosques a nivel de provincias, destacando las provincias que más sobresalieron el año pasado como mayores en cobertura boscosas fueron: Pinar del Río, Camagüey y Matanzas.

Tabla 1. Las áreas cubiertas de bosques por provincias

Áreas cubiertas de bosques por provincias	
Provincias	Total
Pinar del Río	402 000
Artemisa	91 000
La Habana	13 000
Mayabeque	81 000
Matanzas	377 000
Villa Clara	200 000
Cienfuegos	76 000
Sancti Spíritus	128 000
Ciego de Ávila	139 000
Camagüey	386 000
Las Tunas	122 000
Holguín	347 000
Granma	216 000
Santiago de Cuba	203 000
Guantánamo	306 000
Isla de la Juventud	154 000

1.2 Viveros forestales. Concepto. Importancia.

Buamscha *et al.*(2012) explican que un vivero forestal es el lugar destinado a la reproducción de árboles con diversos fines. Su misión es obtener plantas de calidad, que garanticen una buena supervivencia y crecimiento en el lugar donde se establezcan en forma definitiva.

El vivero forestal constituye, en los planes de forestación y reforestación, un eslabón importante pues en él se cultivan las especies forestales para las futuras plantaciones; por ello se le debe prestar especial atención con el objetivo de obtener un material plantable de buena calidad. (Guerrero *et al.*, 2005) plantea que la función principal del

vivero es la producción y reproducción de plantas de calidad según el objetivo para la cual sean destinadas.

Según (Sospedra *et al.*, 2016) un vivero forestal está especializado en la producción de especies nativas o introducidas para plantaciones forestales. Tradicionalmente estos viveros han producido especies forestales con fines comerciales, sin embargo, en los últimos años se han venido produciendo una mayor variedad de especies, dentro de los cuales se incluyen a los arbustos y pasto.

Los autores citados anteriormente coinciden en que la producción de plantas en viveros permite prevenir y controlar los efectos de los predadores y de enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad gracias a que se les proporcionan los cuidados necesarios y las condiciones propicias para lograr un buen desarrollo por lo que las plantas tienen mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se le trasplanta a su lugar definitivo.

Debido a los fuertes problemas de deforestación, a la pérdida de biodiversidad biológica que sufren, sobre todo, los países tropicales y a la gran necesidad de reforestar, los viveros pueden funcionar no sólo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación donde se experimente con las especies nativas de interés, con la finalidad de propiciar la formación de bancos de germoplasma y plántulas de especies nativas que permitan su caracterización, selección y manejo. Esto permitirá diseñar, conocer y adecuar las técnicas más sencillas para la propagación masiva de esas especies (Izquierdo *et al.*, 2014).

1.2.1 Importancia de viveros.

Valorando la importancia de los viveros (Irigoyen *et al.*, 2005) expone que:

- a) Garantizan una mejor selección de plantas con esto aumenta considerablemente las posibilidades de tener una mejor productividad en las cosechas.

- b) Permiten que las semillas pequeñas puedan lograr un buen desarrollo en su primer periodo de vegetación.
- c) Permiten un mejor aprovechamiento y rendimiento del terreno por metro cuadrado.
- d) Permiten un mejor rendimiento y reducción de trabajo de manejo (Control de plaga y maleza, riego y entre otros).
- e) Facilitan la actividad agrícola familiar.

1.2.2 Clasificación de los viveros forestales.

Los viveros forestales se clasifican según (Álvarez, 2004):

Según su tiempo de servicio:

1. Permanente: Generalmente son de grandes extensiones y se explotan intensivamente, prestando servicios por un largo número de años. Requieren de muchas instalaciones y fuerza de trabajo estable y cierta cantidad calificada. Se ubican en lugares de fácil acceso y en las cercanías de núcleos poblacionales que aseguren la demanda de fuerza de trabajo. Económicamente se justifica, en este tipo de vivero, una buena infraestructura y sistema de regadío de cierta complejidad. Tiene la desventaja de que, generalmente, se encuentra relativamente lejos de las áreas de plantación, encareciéndose los costos de transportación
2. Transitorio: Los viveros transitorios se ubican en las mismas áreas que se pretenden plantar y finalizan su servicio cuando el plan de reforestación de dicha área queda concluido. No requieren de instalaciones y sistemas de regadío costosos y su objetivo principal es eliminar los gastos de transportación; tienen, además, la ventaja de que reducen el tiempo de transportación de las posturas del vivero al campo.

Según el tamaño:

- a) Pequeño: hasta una hectárea

- b) Mediano: hasta tres hectáreas
- c) Grande: más de tres hectáreas

Según la tecnología que emplea.

La tecnología de producción, ya sea con envases, a raíz desnuda o mixta, determina un cambio en el manejo y administración de los viveros, es un factor fundamental al momento de elección del sitio en los de nueva creación. También la tecnología empleada incide en los costos de producción.

Según el número de especies que produce.

El vivero es más fácil de administrar cuando en el mismo sólo se produce una especie, en este el manejo es igual para toda el área, mientras cuando se cultivan varias especies el manejo es diferente, atendiendo a las características específicas de cada una de ellas.

1.2.3 Establecimiento de un vivero. Consideraciones generales.

Las consideraciones generales para el establecimiento de un vivero son expuestas a continuación tomando los criterios expuestos por (INTA, 2010), destacando que el primer paso en la construcción de un vivero es la selección del sitio, ya que este será un vivero permanente y una mala ubicación puede complicar mucho los trabajos posteriores. Las consideraciones a tener en cuenta se encuentran:

- a. Disponibilidad de agua.

Debemos contar con una fuente de agua en cantidad, permanente y que no sea salada, muy sucia o contaminada. Si cuando el agua se seca deja una costra de sal o si se siente salada al tomarla, no es agua buena para el vivero. Por cada 1000 plantines se necesitan entre 350 y 500 litros de agua por semana, según la época del año y la media sombra que se use.

b. Distancia a los materiales necesarios.

Es importante que el vivero esté ubicado cerca de la zona de donde estén los recursos para su funcionamiento: mantillo, arena, cañas, etc. Más aún si no se cuentan con un medio para transportar estos materiales.

c. Distancia a destino final de las plantas.

También se debe tener en cuenta a dónde irán nuestras plantas: plantación en campo, arbolado urbano, venta al público, etc.

d. Un buen cuidado.

Es necesario que el vivero no esté demasiado lejos de la vivienda de un responsable, para atender cualquier urgencia o recibir a visitas o compradores.

e. Otros elementos:

Deben preferirse sitios bien protegidos de los vientos, sin demasiada sombra y preferentemente plano y con buen drenaje (que no se encharque).

1.2.4 Partes del vivero forestal.

Un vivero forestal bien diseñado consiste de áreas de producción e instalaciones de servicio, tales como el área principal de operaciones, oficinas, almacén y construcciones administrativas. Todas las áreas están interconectadas mediante un sistema de transporte, conformado por caminos y bandas transportadoras, que permiten facilitar el movimiento de plantas e insumos para la producción. Las instalaciones del vivero representan un término amplio que describe el sitio total del vivero, incluyendo las áreas de producción y las construcciones de apoyo. Algunos viveros forestales tienen tanto instalaciones para la producción bajo el sistema de contenedores, como terrenos para la producción de plantas a raíz desnuda y trasplantes (Sospedraet *al.*, 2016). Las partes de un vivero forestal más importantes planteadas por estos autores son:

a) Almacigos.

Los almacigos son canteros especiales donde se ponen a germinar las semillas para después trasplantar las plantitas a los envases. En los almacigos se brindan a las plantitas todo lo necesario para desarrollarse: media sombra, humedad, protección contra vientos y suelo rico. En general, se utiliza una superficie de 0.5 m² de almacigo por cada 1000 plantas. Si se producen pocas plantas, los almacigos pueden construirse en cajones de verduras.

b) Canteros de envases.

Los canteros son la parte que más espacio ocupa en el vivero. Es donde se acomodan las plantas una vez trasplantadas del almacigo a los envases. Aquí, las plantas tienen el espacio necesario para crecer bien. En zonas se recomienda usar canteros bajo nivel, para un mejor aprovechamiento del agua. En general tienen de 1 a 1,2 metros de ancho, el largo es variable (no más de 10 m) y la profundidad es similar a la altura del envase o un poco menos. Si se usa sombra individual por cantero, estos deben orientarse en sentido Este - Oeste, para que tengan sombra todo el día.

c) Calles y sendas.

Los canteros se separan por sendas de unos 30 cm de ancho, lo suficiente como para poder pasar cómodamente con una carretilla. Cada tanto cantero, es bueno dejar una calle más ancha como para poder pasar con un tractor o una camioneta, para el transporte de materiales del vivero o para el despacho de las plantas.

d) Media sombra.

En climas de sol fuerte como el nuestro, es necesario brindar a las plantitas (en almacigo y en canteros) una media sombra, para protegerlas y conservar más agua para la planta, reduciendo la evaporación. No se debe exagerar, cuando hay demasiada sombra las plantas no crecen bien, se ponen amarillas y aparecen

enfermedades. La media sombra debería reducir la cantidad de luz a la mitad entre la sombra total y el rayo del sol. Lo más conocido para esto es el zarán o tela media sombra; pero también se pueden usar entramados de caña, listones de madera, totora, ramas, o colocar las plantas debajo de un árbol de copa no muy densa. Se puede hacer una sola estructura para todos los canteros (tendrá que ser alta para poder pasar) o individuales (una para cada cantero). Si se da una inclinación, el lado más bajo debe quedar hacia el norte, para que no entre demasiado sol por ese lado.

1.2.5 Selección del envase.

La elección del contenedor es una de las consideraciones más importantes al establecer un nuevo vivero o empezar a producir una especie nueva. El tipo y tamaño de contenedor no sólo determina la cantidad de agua y nutrientes minerales que están disponibles para el crecimiento de una planta, sino que también afecta otros aspectos operativos del vivero, como el tamaño de la mesada y el tipo de equipo para el llenado y extracción de los contenedores (Luna *et al.*, 2012).

El envase tiene también la función como expresa (Mata, 2009) retener el sustrato hasta que la planta crezca. Tiene que tener agujeros en la base para dejar salir el agua, así no se pudren las raíces. Hay muchos tipos de envase, pero los más comunes en los viveros son las bolsas de plástico. Vienen de diferentes tamaños y espesor. Los viveros de gran escala usan unas bandejas de plástico duro, que se pueden usar muchas veces (varios años). Cada bandeja tiene varios huecos, uno para cada planta. Las botellas descartables de gaseosa son una buena opción para envase. Pueden usarse varias veces, son gratis y es una forma de reciclarlas. Muchos otros materiales pueden utilizarse para envases: sachets de leche o yogurt, latas, cañas bambú, etc. Sea cual sea el que se elija, debemos asegurarnos de que la planta tenga el espacio necesario para sus raíces. Como orientación, un plantín de algarrobo de 6 meses necesita un envase de medio litro de capacidad. Si el envase queda chico y las plantas van a seguir en el vivero, debemos trasplantarlas a envases más grandes, porque si no la planta se debilita, y puede enfermarse.

1.2.5.1 Tubetes. Nuevo envase forestal.

Un tubetes 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).

Ventajas del empleo de tubetes para la producción de posturas.

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

- Menor cantidad de substrato por envase.
- Ausencia de hierbas indeseables en los envases y de nematodos en el substrato.
- 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.

1.2.6 Métodos de Siembra.

Valera *et al.*(2013) expresan que previo a la siembra se deben conocer aspectos como la capacidad germinativa del lote, energía germinativa, día de máxima germinación, mecanismos de latencia existentes y la forma de romperlos (tratamientos pre-germinativos), así como la edad promedio necesaria para que la planta alcance las características de calidad y vigor adecuados para su implantación definitiva, de no tener esa información es necesario realizar los análisis e investigaciones pertinentes. También destaca que la siembra se puede efectuar, directamente en el bancal en donde permanecerá la planta hasta el arrancado o en envases o contenedores especiales (los más usados son bolsas de polietileno y tubetes). La siembra directa en el bancal consiste en colocar las semillas en contenedores individuales, que pueden ser bolsas de polietileno, tubetes, u otros tipos de envases. En este método cada planta crece independientemente de otras y se elimina la competencia entre plantas a nivel radical, no así la competencia en la parte aérea, principalmente por luz, agua, etc., la cual se incrementa en la medida que la planta crece. Igualmente puede haber mayor control sobre la diseminación de enfermedades de origen fúngico o nematodos, por romperse o disminuir el contacto entre plantas a nivel del sustrato según lo planteado por los autores anteriores.

1.2.7 Trasplante. Aspectos técnicos.

Los aspectos a considerar en el trasplante según (Valera *et al.*, 2013), independientemente que se haga a envase o directamente en el bancal son los siguientes:

1. El trasplante se debe realizar en las horas de menor insolación posible, entre 6-9 a.m. y 5-7 p.m. No obstante, en el caso de días nublados se puede aprovechar al máximo los beneficios de estos.
2. Humedecer abundantemente la superficie de los semilleros/almácigos, esto facilita las labores de arrancado de las plántulas, las cuales algunas veces pueden adherirse fuertemente al mismo.
3. Acondicionamiento adecuado de los sitios para trasplante (bancales o envases), incluyendo mantenimiento de la humedad, sombra; de ser necesaria, herbicidas o fungicidas, etc.
4. Extracción de las plantas en pequeños almácigos o en el caso de que la germinación se haya realizado en ambientes semicontrolados o controlados (Cápsulas de Petri, mesas germinadoras), separación individual de cada plántula y lavado con agua corriente o destilada, para eliminar posibles focos contaminantes (bacterias, hongos de otras semillas en la cápsula).
5. Separación individual de cada planta, para ello se puede ejercer una pequeña presión mecánica que facilite el desmoronamiento de los terrones húmedos y se pueda observar el sistema de raíces. La extracción de la planta debe ser cuidadosa, una inadecuada manipulación puede significar el desprendimiento de los cotiledones, el epicotíleo o el hipocotíleo o podas inadecuadas al sistema radical.
6. Transporte de las plántulas al área de bancales o envases.
7. Dependiendo de la especie y del grado de desarrollo radical y foliar puede o no ser recomendable una pequeña. En el caso de la producción en cápsulas Petri, el material tiende a presentar oxidación en las puntas a varios días de la germinación, en tal caso, se recomienda eliminar el área necrosada.

8. La planta se debe colocar de manera natural en el hoyo o hendidura (surco) abierto, de manera que las raíces queden bajo el sustrato, pero la parte foliar que se haya desarrollado se mantenga expuesta o medianamente expuesta al aire. Si la germinación es epigea, no enterrar los cotiledones profundamente sino permitir su exposición rápida de acuerdo al proceso natural de germinación. El intentar enterrar los cotiledones o la Plántula puede traer como consecuencia su muerte o el desarrollo de nuevos brotes en detrimento de los que ya se habían formado. La semilla se debe colocar en el mismo sentido que en la siembra normal, es decir, acostada sobre la superficie de mayor área.
9. La plántula debe quedar firmemente adherida al sustrato, para ello se debe ejercer una adecuada presión con los dedos, igualmente, en el momento de colocarla se puede ejercer una ligera presión hacia arriba para asegurarse que el sistema radical quede bien distribuido en el sustrato.
10. Se debe asegurar de mantener húmedo el sustrato mediante un riego fino, tipo nebulizador a fin de evitar que por la acción mecánica del agua se puedan desenterrar las plántulas.
11. En casos localizados y de poca producción de plantas, es factible utilizar material proveniente de regeneración natural el cual puede ser trasplantado a envases, manteniendo los cuidados pertinentes al trasplante. Para ello el material debe ser evaluado cuidadosamente de manera de asegurarse que el mismo es juvenil y no material viejo poco desarrollado, el material debe estar vigoroso y sano. Se han obtenido experiencias satisfactorias con pino laso y fresno.

1.3 Sustratos. Concepto. Importancia.

Los sustratos son el medio de crecimiento que tienen como función proporcionar a las plantas agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico durante su permanencia en el vivero (Masaguer *et al.*, 2006).

Importancia del sustrato.

La importancia del sustrato radica según lo planteado por los autores citados anteriormente en:

- Es necesario para el desarrollo de la planta.
- Son el medio de soporte de las plantas y suministran a las raíces el agua y nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal.
- Un buen sustrato representa un 80% del éxito de producción de plantas sanas y vigorosas.

Principales funciones del sustrato.

Las principales funciones que tiene el sustrato para la planta son: el agua, está debe ser retenida por el sustrato hasta el momento de ser usada por la plántula; el aire, la energía que la raíz requiere para realizar sus actividades fisiológicas es generada por respiración aeróbica, lo que requiere un constante abasto de oxígeno; la nutrición mineral, con la excepción de carbono, hidrógeno y oxígeno las plantas tienen que obtener otros trece nutrientes minerales esenciales del sustrato; y el soporte físico, la función final del sustrato es soportar a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo (Iglesias y Alarcón, 1994).

Características del sustrato y su influencia en el desarrollo de las plantas.

La calidad de los sustratos es un factor importante para el cultivo con éxito de las plantas en contenedores. La búsqueda de sustratos económicos y ecológicos, que reúnan las características fisicoquímicas y biológicas adecuadas, encaminadas a mejorar la calidad de la plántula en condiciones de vivero, que permitan un adecuado comportamiento y desarrollo en la plantación, es un aspecto de gran interés para el productor de plantas. En condiciones naturales el sustrato puede ser el mismo suelo o el agua, pero según lo planteado por (Vargas, 2014), en vivero, el sustrato para germinación está compuesto por combinaciones de diversos materiales, los cuales

difieren mucho entre sí por las propiedades físicas y químicas que poseen. Cada componente que se le adiciona a un sustrato tiene ciertas propiedades que inciden directamente en la forma como se presenta la germinación, de esta manera, mediante la combinación apropiada de materiales se puede obtener un medio que le proporciona a la semilla buenas condiciones de humedad y aireación logrando una germinación lo más homogénea posible.

Un buen sustrato desde el punto de vista físico, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua. En cuanto a las propiedades químicas, es valioso saber cuál es la riqueza del medio de crecimiento para resolver la necesidad de enriquecerlos. Existen materiales muy pobres en fertilidad tales como: arena, perlita, vermiculita y es imprescindible incorporar fertilizantes. Por otra parte, los sustratos compuestos principalmente por materiales orgánicos como el compost, humus de lombriz, estiércoles de animales, aportan cantidades adecuadas de nutrientes, por lo que no requieren de fertilización.

La calidad del sustrato presenta elevada importancia, pero también el tamaño del envase influye la producción de posturas con calidad. Hasta hace poco tiempo se consideraba que el sustrato no ejercía sobre la calidad de la planta una influencia destacable, porque se utilizaban envases como las bolsas de polietileno de mucho volumen, sin embargo, y en la medida que el volumen del envase se ha reducido, la experiencia práctica ha demostrado su importancia (Chala-Arias *et al.*, 2017).

1.3.1 Tipos de sustratos utilizados en la producción.

Los sustratos utilizados en la producción se pueden clasificar en dos grupos:

Los inorgánicos.

Cabrera (1999) cita algunos como los siguientes:

1. Vermiculita (tiene alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), (alta capacidad de retención de agua, baja densidad de partículas).

2. Perlita (porosa, inerte, débil mecánicamente).
3. Arenas (alta densidad de partículas, baja CIC).
4. Arcilla calcinada (porosa, baja CIC).
5. Subproductos minerales (tales como óxidos metálicos).

Los orgánicos como son:

1. Turba

Las turbas se forman por acumulación de gran cantidad de restos orgánicos parcialmente descompuestos a consecuencia de la presencia de un medio saturado de agua, lo que origina condiciones de anaerobiosis que retardan considerablemente la descomposición de los restos vegetales, que de esta manera se acumulan llegando a formar capas de gran espesor. Existen diversos tipos de turbas como: Turba negra, Turba rubia etc...(Guerrero *et al.*, 1990).

2. Cachaza

Está considerada como un subproducto más importante de los ingenios azucareros, con algún valor como fertilizante. Las aplicaciones de cachaza mejoran la capacidad de retención de humedad, la densidad aparente, la distribución del tamaño de los poros y la productividad hidráulica de los suelos (Martínez *et al.*, 2006).

3. Materia orgánica:

Aunque no existe un concepto único sobre la materia orgánica del suelo, se considera que la materia orgánica es cualquier tipo de material de origen animal o vegetal que regresa al suelo después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos. Según lo planteado por (Martínez *et al.*, 2006) puede ser hojas, raíces muertas, exudados, estiércoles, orín, plumas, pelo, huesos, animales muertos, productos de microorganismos, como bacterias, hongos, nematodos que aportan al suelo sustancias orgánicas o sus propias células al morir.

Según lo planteado por (Román *et al.*, 2013) la materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo. Si bien nos imaginamos que es un solo compuesto, su composición es muy variada, pues proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio. Es justamente en esa diversa composición donde radica su importancia, pues en el proceso de descomposición, muy diversos productos se obtienen, que actúan como ladrillos del suelo para construir materia orgánica.

La materia orgánica mejora las características físicas y químicas del medio. Pero, si su descomposición es rápida produce una disminución en el volumen del sustrato, su encogimiento, y reduce su capacidad de intercambio de gases al transformarse en partículas más finas y compactas (Proyecto VIFINEX, 2002).

4. Compost

El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). El abono compostado es un producto estable, que se le llama humus. Este abono orgánico se construye con el estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas, desperdicios orgánicos domésticos y papel (González, 2015).

Ventajas de compost

MAGAP (2014) plantea que las ventajas del compost son:

- Mejora la cantidad de materia orgánica.
- Mejorar la estructura del suelo.
- Incrementa la retención de humedad.
- Aporta de manera natural los elementos minerales que requieren las plantas.

- Incrementa la capacidad de retención de nutrientes.
- Incrementa y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo.

1.4 Zeolitas naturales.

En Cuba existen depósitos de zeolitas ubicados en casi todas las provincias y regiones geográficas. Los depósitos de zeolitas se vinculan a las secuencias de las cuencas de edad Cretácico y Paleoceno-Eoceno y a las secuencias superiores de la zona axial del arco Cretácico, desarrollado principalmente en la parte central de Cuba. Por la transformación del vidrio volcánico contenido en las tobas, de composición intermedia a ácida, se forman clinoptilolita, mordenita y, en menor medida, montmorillonita. La clinoptilolita sustituye pseudomórficamente los fragmentos de vidrio volcánico, mientras que la mordenita se forma posteriormente a ésta (Orozco *et al.*, 1998).

Estos mismos autores plantean que las rocas zeolitizadas de la zona occidental cubana se relacionan con las secuencias vulcano-sedimentarias de la cuenca, que afloran como una estrecha franja desde Bahía Honda hasta Matanzas. En la provincia de Pinar del Río las rocas zeolíticas se encuentran en la región de Bahía Honda-Mariel y las áreas más importantes se incluyen en la Formación Orozco del Cretácico Superior. Esta formación se compone de tobas ácidas, tufitas y xenotobas basálticas, con un espesor mínimo de 300m. En la provincia Habana están ubicadas las zeolitas en las regiones de Campo Florido y Canasí, vinculadas a las formaciones geológicas Chirino y La Trampa. Sin embargo, las tobas ácidas zeolitizadas que afloran en los alrededores de Campo Florido fueron nombradas como Formación Orozco.

1.4.1 Concepto.

Por definición, las zeolitas son aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos y alcalinotérreos, que presentan una infinidad de estructuras tridimensionales. Al igual que el cuarzo y los feldespatos, estos minerales pertenecen a una estructura tridimensional de tetraedros de SiO_4 (Soca y Alaga, 2010).

Según Soca (2012) la zeolita natural es uno de los minerales más recientes que se incorporan para su uso en la agricultura en los países en desarrollo. Cuando se hace referencia a las zeolitas naturales, se está hablando de los aluminosilicatos del tipo de los tectosilicatos, de las cuales existen hasta la fecha unos 44 minerales y que fueron descubiertos por Cronstad en 1756, así como sus contrapartes sintéticas, cuya obtención comienza en la década 1940 a 1950. A pesar de existir varios tipos de zeolitas naturales, todas presentan una estructura muy similar y casi las mismas propiedades tanto químicas como físicas, aunque hay diferencias importantes entre ellas.

Es un mineral natural de origen volcánico con composición química semejante a la arena, pero con diferente estructura cristalina. Está formada por silicio en forma de tectosilicato combinado con átomos de oxígeno y aluminio en una estructura cristalina tridimensional rígida, que deja pequeñas cavidades interconectadas llamadas microporos, por lo que se comporta como una esponja, capaz de retener agua y nutrientes con carga positiva (cationes), como el nitrógeno amoniacal, potasio, calcio y magnesio que puede ir liberando a las plantas de manera lenta y gradual (Hernández *et al.*, 2014).

1.4.2 Beneficios de uso de la zeolita natural.

La aplicación de zeolita en suelos pesados, degradados o “cansados” y erosionados, según lo expuesto por (Soca, 2000) permite mejorar su aireación, la actividad microbiológica, la porosidad, la estructura y la capacidad de laboreo, lo que mejora de su potencial de fertilidad y productivo. Mezclado con los fertilizantes nitrogenados y potásicos funciona como un almacén de nutrientes, ya que éstos se fijan a las partículas de zeolita y son liberados lentamente a medida que se agotan en la solución del suelo, por lo que se reducen las pérdidas de nutrientes por lavado, arrastre y lixiviación y se incrementan las posibilidades de un mayor aprovechamiento de los nutrientes. Esto representa una gran ventaja en la agricultura de temporal, ya que sin zeolita se puede perder hasta el 70% del nitrógeno aplicado, con la consecuente pérdida de rendimiento de los cultivos.

1.4.3 Propiedades químicas.

Las aplicaciones comerciales de la zeolita, se encuentran en función de sus propiedades físico químicas, como su capacidad de intercambio iónico, la adsorción, y la deshidratación-hidratación como procesos físicos. Todas estas propiedades están asociadas, a su estructura, armazón molecular, y a su composición catiónica (Soca y Alaga, 2010).

❖ Absorción de gases:

Las zeolitas poseen la habilidad de absorber selectivamente moléculas específicas de gases, presenta avidez en la absorción de amonio lo cual es de suma importancia en la rama agropecuaria, como lecho desodorizante en crianzas de diferentes especies animales y el posterior uso de los mismos como material suministrador de nitrógeno en forma asimilable para diferentes cultivos. Como trampa de amonio en los distintos sistemas de compostaje de desechos orgánicos, con vistas a ser utilizados en la agricultura.

❖ Absorción/Entrega de agua:

La habilidad de absorber y entregar agua reversiblemente sin ningún cambio en su estructura. Pueden absorber hasta el 30% de su peso en agua; esto reviste vital importancia en regiones agrícolas de escaso abastecimiento de agua, permite el espaciamiento de la frecuencia de riego, disminuye el estrés hídrico de las plántulas cuando son plantadas en campo, absorción de la humedad residual de re-cristalización producida en el proceso de obtención de los fertilizantes minerales, disminuyendo la compactación de los mismos.

❖ Intercambio iónico:

Una de las propiedades más conocidas de las zeolitas es la de intercambio iónico, consiste en la capacidad de intercambiar determinados cationes por otros sobre la base de selección iónica. Esta propiedad posee una gran gama de usos agrícolas,

permite la inclusión entre el 15 al 25 % de zeolitas en los fertilizantes minerales NPK, provocando la disminución de los nutrientes que portan las diferentes fórmulas, sin que se produzca detrimento en los rendimientos agrícolas, por el contrario, en la mayoría de los casos se obtienen incrementos significativos de los mismos. Permite la inclusión de determinados nutrientes de forma intercambiables de forma iónica en la red cristalina del mineral de zeolita, los que son cedidos al medio a medida que las plantas los necesitan para su óptimo desarrollo, sustituyendo de forma total la aplicación de fertilizantes minerales. También permite la obtención de diferentes productos a partir de mezclas de la zeolita con otras fuentes de minerales como fosforitas, magnesitas y otros, aumentando la solubilidad de estos últimos, así como diferentes combinaciones con residuos orgánicos de origen animal y vegetal.

1.5 El *Eucalyptus sp* como especie de interés forestal.

El género *Eucalyptus*, con más de 700 especies y variedades, es casi exclusivo de Australia, pues sólo unas pocas especies son indígenas de las islas del norte de Australia. Dos especies: *E. urophylla* y *E. deglupta*, son endémicas fuera de Australia. La primera es originaria de Timor y otras islas de la parte oriental del archipiélago de Indonesia, mientras que la segunda lo es del norte de Nueva Guinea, Sulawesi y Mindanao. Debido a la gran diversidad de especies que crecen en Australia, se asume que el género ha tenido allí su centro de desarrollo y evolución y que, en el pasado, los progenitores de los eucaliptos estuvieron allí para crear una gran cantidad de especies adaptadas a cada nicho de su variada geografía. Algunos autores opinan que los eucaliptos, excepto las dos especies mencionadas anteriormente, emigraron de sur a norte, pero esto no ha sido debidamente probado. Otros en cambio estiman que el origen ha sido en las selvas tropicales situadas al norte del país. Sustentaría esta teoría el polimorfismo foliar de los eucaliptos, y un ejemplo demostrativo lo constituye *Eucalyptus globulus* y sus subespecies, que tienen hojas juveniles, tiernas, carnosas y con anatomía foliar dorsiventral, mientras que las hojas adultas son coriáceas y de anatomía isobilateral. Si el desarrollo de la vida de un individuo

(ontogenia) es el compendio de la historia evolutiva de la especie (filogenia), las especies de eucaliptos serían una muestra de ello (Aguerre *et al.*, 1995).

1.5.1 Orígenes, diversidad y distribución geográfica mundial.

Descripción.

El eucalipto, cuyo nombre científico es *Eucalyptus sp*, es un árbol de hoja perenne. Su aspecto no tiene una forma fija ya que se han visto eucaliptos que miden 60 cm y otros, aunque son los menos ya que se consideran casi extinguidos, que llegan a los 150 metros. (FAO, 1981) explican que tienen una corteza seca y marrón, la cual, es muy problemática con altas temperaturas por el riesgo de incendio. La forma de sus hojas es ovalada y tienen un color verdoso cuando son jóvenes y un color azulado en su etapa adulta. La hoja del eucalipto tiene un gran valor ya que es la principal materia prima del mismo. Entre las características del eucalipto hay que decir que no toleran muy bien las bajas temperaturas. De hecho, salvo una especie muy concreta que soporta los 20°C, el resto de especies necesita temperaturas templadas.

Distribución.

El género *Eucalyptus* es nativo de Australia, incluidas Tasmania y las islas cercanas, y la mayoría de las especies son propias de este país. Sin embargo, unas pocas son nativas de zonas adyacentes a Nueva Guinea, Indonesia y Filipinas. Cada especie tiene un rango específico, según sus requerimientos. Por ejemplo, *Eucalyptus globulus* se halla en valles húmedos de Victoria y Nueva Gales del Sur, mientras que *Eucalyptus recurva* solamente vive en dos localidades de Nueva Gales del Sur. (Beale *et al.*, 2013) exponen que constituyen 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.

1.5.2 Especies de *Eucalyptus* más importantes.

De entre las 600 especies del género *Eucalyptus* merecen especial atención según (BioEnciclopedia, 2016) las siguientes:

- *Eucalyptus bicolor* = *Eucalyptus largiflorens*: Especie australiana que puede alcanzar los 18 metros de altura. Posee propiedades similares al Eucalipto blanco (*Eucalyptus glóbulus*)
- Eucalipto rojizo gomoso= eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*): Especie australiana de hasta 45 m de altura. Puede encontrarse con facilidad en este país a lo largo de los cursos de agua. Especie especialmente interesante por su tamaño para grandes jardines. Por su resistencia a la sequía se puede encontrar en muchas zonas de Asia y África. Posee propiedades medicinales similares al *Eucalyptus glóbulus*.
- Eucalipto aromático (*Eucalyptus citriodorus*= *Eucalyptus citriodora*): Árbol de corteza blanca procedente de Australia de hasta 45 m de altura. Llamado así por el olor a limón que desprenden sus hojas por lo que su aceite esencial se utiliza mucho para la industria de la perfumería. Muy utilizado por la dureza de su madera. Posee propiedades medicinales similares al *Eucalyptus glóbulus*.
- Eucalipto de azúcar: (*Eucalyptus cladocalyx*): Árbol originario del sur de Australia. Alcanza unos 30 m. de altura y se caracteriza por mantener la corteza en la parte inferior del tronco y por sus hojas nuevas de un color rosado. Las únicas referencias de su uso se limitan a su uso como veneno.
- Coolabah (*Eucalyptus coolabah*): Árbol procedente de Australia de hasta 15 metros de altura. Presenta flores blancas. Crece en zonas muy áridas y se

caracteriza por mantener la corteza en el tronco. Se utiliza medicinalmente para desinfectar los cortes.

- *Eucalyptus dumosa*: Es un eucalipto de porte arbustivo de hasta 10 metros de altura (Una de las especies más representativas de lo que en Australia se conocen como " mallees" - eucaliptos enanos caracterizados por poseer un tronco grueso y corto de los que nacen una serie de ramas laterales muy finas que le proporcionan el aspecto de arbusto. El termino mallee se refiere también al tipo de bosque producido por este tipo de eucaliptos- Se han utilizado preparados de esta planta para combatir el cáncer.
- Eucalipto blanco = eucalipto azul: (*Eucalyptus globulus*) La especie más utilizada en fitoterapia y la más abundante en las plantaciones fuera de Australia. (Véase más información sobre sus características, cultivo, y propiedades medicinales en el listado superior).
- "Mallee" amarillo (*Eucalyptus incrassata*) Es otra especie de la variedad de eucaliptos mallee. Posee una altura máxima de 8 metros. Carece prácticamente de tronco. Es conocido porque los nativos realizaban los boomerangs a partir de su madera. Se ha utilizado medicinalmente para curar las heridas.
- Coolibah (*Eucalyptus microtheca*) Alcanza una altura de hasta 15 metros y crece en zonas semiaridas del oeste de Australia al lado de charcos de agua. Soporta muy bien la sequía. Se caracteriza por ser uno de los eucaliptos que posee los frutos más pequeños. Se ha utilizado medicinalmente para curar las heridas.
- Eucalipto robusto (*Eucalyptus robusta*) Alcanza unos 30 m de altura. Posee una madera muy dura que es muy apreciada para la fabricación de vigas y tablas. Posee propiedades similares al Eucalipto blanco (*Eucalyptus glóbulus*)

- Eucalipto rojo = gomero rojo (*Eucalyptus rostrata* = *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) Árbol de hasta 45 m de altura, especialmente adecuado para jardines de gran tamaño. Presenta la corteza de color blanco con bandas rojizas. Aparece en Australia a lo largo de los bosques de ribera, siendo utilizado habitualmente como árbol de sombra. Aguanta tanto la sequía como las inundaciones. Posee propiedades similares al Eucalipto blanco (*Eucalyptus glóbulus*)
- Arbolito coral (*Eucalyptus torquata*) Arbol de hasta 6 m de altura. Muy distintivo por sus frutos de color rojo anaranjado y por sus largas hojas, curvadas tanto en las ramas jóvenes como adultas. Muchas veces adquiere un aspecto colgante al doblarse sus ramas por el peso de sus frutos. Se ha utilizado medicinalmente para curar las heridas.

1.5.3 Propiedades del eucalipto.

Gustavo (2010) expresa que las propiedades del eucalipto son:

- I. Tiene gran poder expectorante: Los vapores del eucalipto son muy eficaces para poder expulsar el exceso de mucosas. Además, al ser un remedio natural, lo podemos utilizar siempre que queramos indistintamente de la edad. No en vano, a los más pequeños de la casa se les indica mucho.
- II. Abre las vías respiratorias: Uno de los síntomas más comunes cuando estamos resfriados o padecemos un constipado o gripe es el taponamiento de las vías respiratorias. Pues bien, el mentol que contiene el eucalipto es ideal para abrir dichas vías. Una apertura que no hace otra cosa que permitirnos respirar mejor. Basta con aspirar vapores varias veces al día para lograr este efecto.
- III. Posee propiedades antiinflamatorias: Uno de los principales beneficios del eucalipto es su gran poder antiinflamatorio. Esto lo que hace es complementar el efecto anterior. Y es que, de este modo, la inflamación típica de la garganta y de las mucosas se verá reducida. Así no tendremos

que ingerir muchos medicamentos ya que el eucalipto hará gran parte del trabajo por ellos.

- IV. Ideal para los asmáticos: Las personas que padecen asma se pueden beneficiar de las características del eucalipto. Es una hierba que no solo abre las vías respiratorias primarias, sino que también abren los bronquios. De esta manera, el oxígeno podrá circular mejor y no tendrán sensación de asfixia. Y lo mejor es que se puede combinar con su medicación habitual sin ninguna clase de problema.
- V. Perfecto para los diabéticos: El principal problema de los diabéticos es su exceso de azúcar en sangre. Esta planta es muy útil para controlar esta enfermedad ya que ayuda a regular el azúcar de forma natural.
- VI. Es desinfectante: Para terminar con las propiedades y beneficios del eucalipto, hay que decir que es un desinfectante moderado. Se suelen realizar enjuagues para evitar y tratar sobre todo infecciones bucales como pueda ser gingivitis o todo tipo de aftas. Este tipo de elixires los puedes encontrar en los herbolarios o elaborarlos por tu mismo.
- VII. Alivia los dolores musculares y articulares: Las personas que padecen dolores musculares y articulares seguro que lo saben. Y es que, las infusiones de eucalipto son ideales para relajar nuestra musculatura. De esta manera podemos encarar nuestro día a día de un modo más satisfactorio.

1.5.4 Introducción en Cuba y su producción en Matanzas.

La introducción de plantas comenzó en Cuba probablemente en etapas pre-colombinas, con las primeras migraciones de los aborígenes. Testimonios de estos hechos se encuentran registrados en numerosos tratados de estudiosos de esta materia, así como también se produjeron a lo largo de la historia del coloniaje español, sobre todo en el período de la trata de esclavos en el siglo XVI. Sin embargo, los primeros esfuerzos organizados y conscientes, aunque esporádicos, para la introducción de plantas en Cuba, comenzaron a realizarse durante el siglo XIX, con la

creación de Estaciones e Institutos de Investigación, que se encargaron en su mayoría de la aclimatación de determinadas especies de interés para el país, a la vez que se realizaban estudios de suelos y fitopatología, entre otros (Mayor *et al.*, 2001).

La introducción masiva 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 por su consistencia: *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus alba* Reinw (híbrido de *Eucalyptus urophylla*), *Eucalyptus citriodora* Hook, *Eucalyptus tereticornis* Smith, *Eucalyptus maculata* Hook, E. *Eucalyptus grandis* Hill, *Eucalyptus pellita* F. Muell y *Eucalyptus deglupta* Bl, que junto a otras especies forestales tradicionales forman parte integral de los planes de reforestación que se desarrollan en el país. Dentro de las especies que más ampliamente se cultivan en Cuba se encuentran el *Eucalyptus saligna*, *pellita*, *citriodora*, *urophylla* y otros (Becerra *et al.*, 2011).

En los últimos quince 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.

Eucalyptu spellita 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* Sm, con el fin de identificar y propagar genotipos bien adaptados de la calidad deseada, para su plantación masiva (Jiménez *et al.*, 2000).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Características generales del estudio.

El presente trabajo fue realizado en la Empresa Agroforestal de Matanzas, con el objetivo de determinar el sustrato que brinde las mejores condiciones de calidad para el trasplante de plantas de eucalipto (*Eucalyptus sp*). El experimento se desarrolló utilizando la tecnología de tubetes, los cuales constan con 150 cc de volumen siendo insertados en bandejas de 54 tubetes de capacidad.

2.2 Diseño Experimental.

El estudio de los sustratos consistió en la utilización de diferentes volúmenes de suelo (horizonte A), zeolita natural y materia orgánica cuyas proporciones se muestran a continuación:

Tabla 2: Tratamientos utilizados en el experimento según las proporciones de sustratos utilizados

Contenidos:	Materia orgánica (%)	
Zeolita (%)	40	60
5	I	IV
10	II	V
15	III	VI
VII: Testigo absoluto		

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

El montaje del experimento fue realizado el 12 de febrero del 2017, consistiendo en la mezcla de los sustratos, llenado de los tubetes y siembra directa de las semillas botánicas de *Eucalyptus sp.*, las cuales fueron sembradas a una profundidad de 0,5 cm siendo posteriormente cubiertas con una fina capa de aserrín.

2.3 Características representativas de los componentes de los sustratos

El suelo utilizado, existente en la Empresa Agroforestal de Matanzas, fue clasificado por el Departamento de Suelos y Fertilizantes de la provincia de Matanzas (1998) como Ferralítico rojo típico, siendo las características más sobresalientes del horizonte A las siguientes:

Tabla 3. Propiedades químicas y físico-químicas del suelo bajo estudio

pH	Materia orgánica (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CCC	P ₂ O ₅	K ₂ O
		mmles.100g ⁻¹					mg.100g ⁻¹	
6,7	3,49	14,21	2,37	0,67	0,09	17,34	4,12	9,42

La zeolita natural utilizada fue en polvo (granulometría menor de 1 mm) proveniente del yacimiento de Tasajeras, cuya característica se ilustran a continuación:

Tabla 4. Propiedades químicas de la roca zeolítica empleada en la formación de los sustratos.

Elementos analizados	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
Contenido (%)	55,2	11,2	0,5	2,2	0,3	0,6	4,5	1,5	1,3	0,07	4,7

En cuanto a la materia orgánica utilizada fue el estiércol vacuno compostado cuyas características más desatadas son reportadas por Cajamarca (2012) siendo estas representadas a continuación:

Tabla 5. Propiedades químicas más importantes de la materia orgánica compostada.

Nutrientes	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fosforo asimilable P ₂ O ₅ (%)	Potasio K ₂ O (%)	Magnesio MgO (%)	Calcio CaO (%)
Estiércol vacuno	48,9	1,27	0,81	0,84	0,51	2,03

2.4 Atenciones culturales

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.

2.5 Cálculos de los parámetros estudiados

A las semillas de *Eucalyptus sp.* se le realizó una prueba de germinación a nivel de laboratorio, con cinco placas Petri cada una con 100 semillas.

Los cálculos consistieron en determinar:

1. la altura y diámetro del cuello de las 28 plantas anteriormente señaladas a los 30, 60, 90 y 120 días de la siembra, lo que permitieron evaluar las curvas de crecimiento de las plántulas de los diferentes sustratos.
2. el peso fresco y seco de la parte aérea y de la parte radical de 4 plantas seleccionadas al azar a los 120 días.
3. la comparación fotográfica de la formación del cepellón 4 plantas seleccionadas al azar a los 120 días.

De las 4 plantas seleccionadas y más representativas de cada tratamiento se les calculó los siguientes indicadores

- a) Relación PSA/ PSR
- b) Esbeltez (Longitud/Diámetro)
- c) Índice de calidad de Dickson:

$$IC = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{peso seco de la raíz (g)}}}$$

Para el cálculo de peso seco de ambas partes se tuvieron en la estufa por 72 h a 70°C a peso constante.

2.6 Procesamiento estadístico de los datos.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron procesados estadísticamente a través de un análisis de varianza clasificación simple aplicándose la prueba de comparación múltiple de media 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. Se utilizó además el procesador estadístico Comprop1 para el análisis de la germinación y el programa Microsoft Excel para graficar las mediciones de alturas.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1 Estudio del comportamiento de la germinación.

El estudio de la germinación de las semillas de *Eucalyptus* sp. fue realizada tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones de campo.

La germinación en condiciones de laboratorio, que se ilustra a continuación, arrojó que el porcentaje germinativo de la semilla de *Eucalyptus* sp. es de aproximadamente 86% a los 14 días de la siembra.

Tabla 6. Prueba de germinación a nivel de laboratorio

Placas Petri	Número de semillas germinadas a:	
	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, y su determinación a los 15 días de la siembra, no arrojó diferencias estadísticas al estudiar la comparación de proporciones. Los valores obtenidos para cada tratamiento se ilustran seguidamente en la tabla 8.

Tabla 8: Resultados de la prueba de comparación de proporciones para la germinación en condiciones de campo.

Comparación de proporciones		Prueba F = 1,75
Tratamientos	Proporción (%)	ES
I	43	0,06
II	43	0,06
III	39	0,06
IV	31	0,06
V	26	0,06
VI	20	0,06
VII	37	0,06
Sig.	N.S	N.S

La no existencia de diferencias estadísticas de la germinación por tratamientos demuestra que este factor no tuvo incidencia en los resultados posteriormente obtenidos, es decir, ninguno de los sustratos estudiados mostró influencia en la germinación de las semillas de *Eucalyptus sp.*, independiente de los valores alcanzados.

3.2 Estudio del comportamiento de la altura a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra.

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado (Aldrete, 2010).

El estudio de los sustratos respecto al parámetro altura arrojó la existencia de diferencias altamente significativas entre los diferentes sustratos para cada uno de los periodos estudiados, reflejándose en la tabla 9.

La altura de las plantas a los 30 días muestra que los tratamientos I, III y V fueron los de mayor altura sin diferencias estadísticas entre ellos y los tratamientos VI y VII los de menor resultados.

Referente a la altura de las plantas a los 60 días los tratamientos I, II, IV y V mostraron los mejores resultados, en los cuales están presentes niveles de estiércol vacuno compostado del 40% y 60% y zeolitas naturales de un 5% y 10% y continúa como el tratamiento de menor resultado el tratamiento VII.

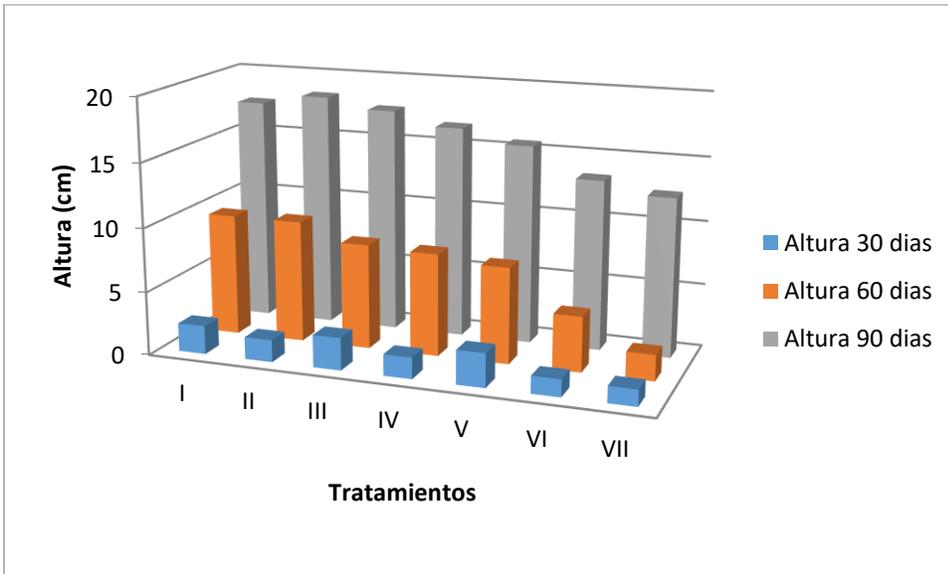
Tabla 9: Resultados estadísticos de la altura a los 30, 60, 90 días.

Tratamientos	Altura (30 días)	Altura (60 días)	Altura (90 días)
I	2,25a	9,56a	17.75ab
II	1,75b	9,56a	18.375 ^a
III	2,56a	8,25b	17.625ab
IV	1,69b	8,06a	16.625b
V	2,69a	7,56a	15.625b
VI	1,38c	4,38b	13.375c
VII	1,31c	2,06c	12.5d
Sig.	XX	XX	XX
Error estándar	0,098	0,377	0.435

Respecto a la altura de las plantas a los 90 días se observa que los tratamientos con mejores resultados son I, II y III, los que se corresponden con la inclusión del 40% estiércol vacuno compostado, los cuales no difieren estadísticamente entre sí.

La figura 2 que se expone seguidamente ilustra las variaciones de la altura por fecha de muestreo observándose como en los muestreos de los 60 y 90 días los tratamientos I, II, III muestran los mejores resultados en comparación con el resto de los tratamientos.

Figura 2. Variaciones de la altura por tratamientos y por fecha de muestreo.



Respecto a los datos obtenidos y relacionados con el trasplante (Birchler *et al.*, 1998) reportan que, en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales, la altura media para la plantación varía de 15 a 30 cm y las plantas de este tamaño pueden obtenerse en 4–5 meses, mientras que (Majada *et al.*, 2014) establecen que el periodo considerando de producción del *Eucalyptus sp* se inicia a partir de las 12 semanas de germinada la semilla. Sobre el mismo tema, (Sánchez *et al.*, 2013) establece que la evaluación de la altura de las plantas es de baja calidad cuando menor de 12 cm, media de 12-14,9 cm y alta mayor de 15 cm para trasplante. Esto indica que excepto los tratamientos VI y VII el resto alcanza la condición de alta calidad a los 90 días de la siembra.

En cuanto al resultado de la altura relacionado con los porcentajes de materia orgánica, se observó que las proporciones del 40% lograron mejores comportamientos al compararlo con las proporciones del 60%, tal resultado puede estar dado por el hecho fundamentado por (ProyectoVIFINEX, 2002) el cual señala que si se produce una disminución del contenido de materia orgánica cuando se aplican altos contenidos, su descomposición produce una disminución en el volumen del sustrato y su

encogimiento, reduciéndose su capacidad de intercambio de gases al transformarse en partículas más finas y compactas.

3.3 Estudio del comportamiento de los indicadores de calidad.

La clasificación de la calidad de las plantas se realiza en base a variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluyen: la altura de la planta, el diámetro del tallo, tamaño, forma y volumen del sistema radical, la relación altura/diámetro del tallo, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, follaje y raíz. En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces para que una planta tenga la calidad necesaria debe poseer ciertas características, sobretodo, pensando en la sobrevivencia y adaptabilidad una vez establecida a campo definitivo (Quiroz *et al.*, 2009).

En el presente estudio en la tabla 11 que se ilustra posteriormente se muestra los resultados de los indicadores estudiados a los 120 días, siendo estos:

3.3.1 Altura

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm) (Aldrete, 2010).

Según los resultados obtenidos podemos observar que en el indicador altura el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento I y el de menor resultado el tratamiento VII, al respecto (Sánchez *et al.*, 2013) evalúa este último tratamiento como calidad media y el resto como calidad alta.

3.3.2 Diámetro de cuello

El diámetro a la altura de cuello es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros (mm), señalando que mientras mayor es el diámetro y el peso fresco de una planta, mejor será la calidad de ella.

Según los resultados obtenidos podemos observar que en el indicador diámetro de cuello el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento I y el de menor valor el tratamiento VII (baja calidad) y con comportamientos intermedios los tratamientos II y III. Según (Sánchez *et al.*, 2013) los resultados de los tratamientos I, II, III, IV, V y VI son evaluados de calidad media.

3.3.3 Relación PSA/ PSR.

Se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso de la raíz. 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 en una larga y cálida estación seca. (Birchler *et al.*, 1998) Por otra parte (Aldrete, 2010) destaca que mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos.

En cuanto a los resultados obtenidos en este estudio se reflejan valores cercanos e inferiores a 1 para todos los tratamientos sin diferencias significativas entre ellos, lo que resalta que los sustratos utilizados mostraron su posibilidad de supervivencia al ser trasplantado.

3.3.4 Razón altura/diámetro o índice de esbeltez.

La razón altura/diámetro, o Índice de Esbeltez (IE), es el cociente o razón entre la altura (cm) y el diámetro (mm). Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de

planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta, respecto al diámetro, por su parte valores menores a 5, indican una planta de poca altura respecto al diámetro. Es un parámetro importante en las plantas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas (Birchler *et al.*, 1998). Otra interpretación de los valores del índice de esbeltez es dada por (Sánchez *et al.*, 2013) los que categorizan para la calidad baja aquellos cuyos valores sean mayores o igual que 8, para calidad media entre 7,9 y 6 y por último los de calidad alta para valores menores que 6.

Los índices de esbeltez muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos V y VI y el resto de los tratamientos, evaluándose los tratamientos V y VI son de calidad baja mientras que los tratamientos I, II, III, IV y VII son de calidad media.

En forma general los tratamientos I, II y III son aquellos que presentan mejores resistencias de la planta con su capacidad fotosintética.

3.3.5 Índice de calidad de Dickson

Este índice integra a la esbeltez y la relación de los pesos secos de ambas partes de la planta y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radical. Este Índice expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor (Dickson *et al.*, 1960). Este índice se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Birchler *et al.*, 1998).

Sánchez *et al.* (2013) al evaluar el índice de Dickson destaca que los valores de 0,2 a 0,4 que se muestran que los tratamientos V, VI y VII son de calidad media, mientras que los tratamientos I, II, III y IV son de calidad alta por sus valores mayores de 0,5.

Tabla 11. Procesamiento estadístico de los índices de calidad.

Tratamientos	Altura	Diámetro	Relación PSA/PSR	Esbeltez	QI
I	39,37a	4,82a	0,86	7,25a	0,81a
II	31,62b	4,05b	0,92	7,98a	0,75a
III	26,75c	3,97b	0,92	6,90a	0,72a
IV	26,62c	3,5bc	0,88	7,80a	0,54b
V	30,12bd	3,0c	0,86	13,79b	0,40bc
VI	29,62d	3,0c	0,98	12,37b	0,40bc
VII	15,75e	2,0d	1,01	7,87a	0,33c
Sig.	XX	XX	N.S	XX	XX
Error estándar	1,274	0,183	0.771	0,560	0,039

3.4 Comparación fotográfica de la formación del cepellón y formación del sistema radical en 4 plantas seleccionadas al azar a los 120 días

El estudio fotográfico de la formación del sistema radical obtenido por cada tratamiento posterior a la eliminación del sustrato se expone en las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del anexo, donde puede ser observado que en los tratamientos I, II y III se manifiesta el mejor desarrollo del cepellón, tanto horizontal como verticalmente. En los tratamientos IV y V, manifiesta una característica intermedia entre los anteriores y los tratamientos VI y VII donde se obtuvo el menor desarrollo del cepellón, por presentar raíz pivotante menos desarrollada y poca formación de raíces adventicias. Tal comportamiento se corresponde con los obtenidos en la evaluación de la altura, índice de esbeltez e índice de Dickson.

El estudio fotográfico de la formación del cepellón obtenido por cada tratamiento expuestos en las figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se pudo observar que los tratamientos I, II y III presentan un cepellón bien desarrollado con una buena

estabilidad mientras que los tratamientos VI y VII tienen un cepellón débil y con poca estabilidad. Los tratamientos IV y V presentan características intermedias.

CONCLUSIONES

La evaluación de diferentes proporciones de sustratos en base a la materia orgánica como estiércol compostado, zeolita natural en polvo y suelo Ferralítico rojo típico (horizonte A) arrojaron que:

1. Las alturas de las plantas medidas a los 30, 60, 90 y 120 días posterior a la siembra mostraron que los tratamientos I, II y III fueron los de mejores resultados que se corresponden con una proporción de 40% de materia orgánica y valores de 5, 10 y 15% de zeolita natural, no estando estos resultados afectados por la germinación de la semilla ya que tanto en condiciones de laboratorio como en pruebas de campo no se obtuvieron diferencias estadísticas.
2. Los índices de calidad de las plantas desarrolladas en vivero no son más que la combinación de parámetros o atributos morfológicos y fisiológicos que determinan el éxito en su establecimiento y su posterior desarrollo en vivero. Los resultados obtenidos en cuanto al diámetro del cuello de las plantas, relación PSA/PSR, Índice de esbeltez e Índice de Dickson como indicadores de calidad estudiados destacan a los tratamientos I, II y III como los más integrales en cuanto a los atributos morfológicos de las plantas.
3. El estudio fotográfico del cepellón obtenido por cada tratamiento posterior a la eliminación del sustrato arrojó que los tratamientos I, II y III manifiestan el mejor desarrollo del cepellón tanto de forma horizontal como vertical.
4. Los resultados obtenidos permiten confirmar que los tratamientos basados en la utilización del 40% de materia orgánica y niveles del 5, 10 y 15% de zeolitas natural en polvo fueron los que mejores resultados presentaron.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar los estudios de los sustratos con el 40% de materia orgánica y niveles similares estudiados de zeolitas naturales en tubetes para otras especies forestales.
2. Incluir en estudios posteriores el cumplimiento de los parámetros exigidos para el trasplante de las posturas, así como la supervivencia de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguerre, M., Carpineti, F., Tea, J., Frangi, S., Garran, E., Gimenez, J., Glade, L., Larocca, M., Marco, L. Mendonza, J., Pujato, G., Rembado, M., Acosta, N., Vaccaro, C. 1995. Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Ministerio Agrícola. Subsecretaría de Producción Agropecuaria y Mercados. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Concordia. República Argentina.
2. Aldrete, A. 2010. Sustratos para la producción de especies forestales. Primer curso nacional de sustratos. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 28 –30 de Julio.
3. Álvarez, P. 2004. Viveros forestales y uso de planta en repoblación en Galicia.
4. Beale, I. y Ortiz, C.2013. El Sector Forestal Argentino: Eucaliptos. Revista de Divulgación Técnica, 53.
5. Becerra, L., Vichot, B. y Rodriguez, R. 2011. Elaboración de un plan de quemas prescritas en plantaciones de *Eucalyptus pellita*, en Pinar del Río, Cuba. Revista Forestal Baracoa, 28 (1).
6. Bioenciclopedia. 2016. Eucalipto. Revista Univerxum. Junio 30.
7. Birchler, T., Rose, W., Royo, A. y Pardos, M.1998. La planta ideal. Revision del concepto, parametros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sist. Recur. For, 7.
8. Buamscha, M., Contardi, L., Dumroese, K., Enricci, A., Gonda, E., Jacobs, T., Landis, T., Luna, J., Mexal, G. y Wilkinson, M. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Traslated by B. Ardiles, H.E. Gonda And L.T. Contardi. Edtion ed. ISBN 978-987-510-209-5.
9. Cabrera, D. 2011. Propuesta para la introduccion 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.

10. Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Chapingo Serie Horticultura. 5, 5-11.
11. Cajamarca, D. 2012. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca.
12. Chala-Arias, K. y Sosa-Martínez, M. 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. Revista Granmense de Desarrollo Local. 1: 193-206.
13. Departamento Provincial de Suelos y Fertilizantes, 1998. Evaluación de los suelos del municipio de Matanzas. Mapa genérico de los suelos 1:25 000, MINAG. Matanzas.
14. Dickson, A., Leaf, A., Hosner, I. 1960. Quality appraisal of White Spruce and White Pine seedlings stock in nurseries. Forestry Chronicle 36 (1): 10-13.
15. DIGITAL, R. 2014. Cuba potencia programa de desarrollo forestal. internet@granma.cu. Órgano Oficial Del Comité Central Del Partido Comunista De Cuba.
16. FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma.
17. FAO. 2012. El estado de los bosques del mundo. Edtion ed. ISBN 978-92-5-307292-7. Roma.
18. FAO. 2014. El estado de los bosques del mundo. Roma.
19. FAO. 2015. Evaluación de los recursos forestales mundiales [online]. Available from World Wide Web. Disponible en línea en: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/27_butlletins/02_butlletins_nd/documents_nd/fitxers_estatics_nd/2015/0163_2015_MA_Boscoss_Boscoss-mon.pdf. Consultado 04-05-2018
20. FAO. 2016. El estado de los bosques del mundo. Roma.
21. González, J. 2015. Compost. Servicio de educación ambiental Granja ecológica. ECOSUR. La Habana, Cuba.
22. Guerrero, F y Polo, A. 1990. Usos, aplicaciones y evaluación de turbas. Rev. Ecología, 4: 3-13.

23. Guerrero, J., Ríos, H., Riquelme, M., Ramos, J., Barrizonte A., y Iglesias, B. 2005. Manual de viveros forestales. Manuales de Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
24. Gustavo, A. 2010. Domesticación y cultivo del eucalipto. Boletín del CIDEU 8-9: 83-95. Centro de Investigación Forestal ENCE. ISSN 1885-5237.
25. Gutiérrez, G., Flores, A., Sánchez, J., Rodríguez, J., Ruiz, A. y Magaña, J. 2010. Plant quality diagnosis in the forest nurseries of the state of Colima. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología.
26. Hernández, A., y Lezama, R. 2014. Uso de zeolita para reducir costos de fertilización química en agricultura. C.D.I.R.G. CENTRO. 76.
27. Herrera, L. 2016. Reforestar, una lucha por la vida. Periodico Granma. junio 24, : 3.
28. Iglesias, L. y Alarcón, M. 1994. Preparación de sustratos artificiales para la producción de plántula en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. 31 p.
29. INTA. 2010. El Vivero Forestal. Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase. Proyecto Forestal Regional Módulo Santiago del Estero.
30. Irigoyen, J. y Vela, M. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros. Ministerio de Agricultura y ganadería. Santa Tecla. El Salvador.
31. Izquierdo, E., López, M., Vichot, R., Sospedra, I., Martínez, I., Corona, M., Medina, M. 2014. Experiences in the containerized tree seedlings forest nurseries production. Ciencias Forestales. 2.
32. Jiménez, A., Olivera, L., Cruz, M., López, G. y Sospedra, S. 2000. Propagación clonal in vitro de *Eucalyptus pellita*, F. Muell. Chapingo Ciencias Forestales y del Ambiente. 7, : 29-33.
33. Kappelle, M. 2009. "Deforestación." En: Fundación Global Democracia y Desarrollo (FUNGLODE)/Global Foundation for Democracy and Development (GFDD). Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente.

Disponible en línea en:
http://www.dominicanaonline.org/DiccionarioMedioAmbiente/es/cpo_deforestacion_bis.asp. Consultado 07-05-2018

34. Ley N^a 85/1998 “Ley Forestal”. Gaceta Oficial de la República de Cuba Edición Ordinaria, AÑO XCVI. La Habana: Editorial del Ministerio de Justicia. Disponible en: <http://www.gacetaoficial.cu/>.
35. Luna, T., Landis, D. y Dumroese, K. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. CFI, CIEFAP y UNPSJB eds., p. 79-85.
36. MAGAP. 2014. Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito-Ecuador.
37. Majada, L., Rio, G., Gómez, C. y Casares, E. 2014. Efecto del sustrato en la calidad de eucalipto (*E. globulus*) producido en contenedor. Dpto Agroforestal, Celulosas. Asturias, España.
38. Martínez, 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.
39. Martínez, I., Muñoz, E., Izquierdo, M., López, C. y Vichot, B. 2006. Evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucalyptus grandis* en contenedores. Revista Forestal Baracoa. 25 (2).
40. Masaguer, A. y López-Cuadrado, C. 2006. Sustratos para viveros. Departamento de Edafología. Universidad Politécnica de Madrid. 44-50.
41. Mata, A. 2009. Evaluación de la calidad de la planta de *Cedrela Odorata* L. cultivada en vivero mediante diferentes métodos. Universidad de Pinar Del Río.
42. Mayor, Z., Castiñeiras, L., Barrios, O. y Moreno, V. 2001. La introducción de plantas en cuba: Su impacto en el mejoramiento de los cultivos. Agricultura Orgánica. 1,;: 34-36.
43. Mery, G., Galloway, C., Sabogal, R., Alfaro, B., Louman, S., Kengen, G. y Stoian, D. 2009. Bosques que benefician a la gente y sustenten la

naturaleza: Políticas forestales esenciales para América Latina. Edtion ed. ISBN 978-9977-57-484-4.

44. Milhet, I. 2015. La política forestal en Cuba. Agricultura Orgánica. 21, 6-7.
45. Orozco, G. y Rizo, R. 1998. Depósitos de las zeolitas naturales en Cuba. Acta Geológica Hispánica. V. 33 No. 1-4. Pp 335-349.
46. Pérez, J. (2009). Cuerpo de Guardabosques, cinco décadas defendiendo la naturaleza. Disponible en línea en: http://www.periodico26.cu/noticias_tunas/abril2009/gusrdabosques100409.html. Consultado 06-06-2018
47. Proyecto_VIFINEX. 2002. Producción de sustratos para Viveros. Proyecto Regional De Fortalecimiento De La Vigilancia Fitosanitaria En Cultivos De Exportación No Tradicional. República de China – OIRSA.
48. Quiroz I., García, E., González, O., Chung, P. y Soto, H. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Concepción, Chile.
49. Rautner, M., Leggett, M., Davis, F., 2013. El Pequeño Libro de las Grandes Causas de la Deforestación, Programa Global Canopy: Oxford.
50. Román, P., Martínez M., y Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.
51. Sánchez, A. y Re, I. 2016. La protección jurídica de la reforestación en Cuba. Revista Anales de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales 13, 19-38.
52. Sánchez, A., Benavides-Solorio, T., Reytez, H., Flores, Á., Rui, P. y Gutiérrez, O. 2013. Quality of plants produced in forest nurseries of nayarit. Rev. Mex. Cien. For. 5 (22).
53. Soca, M. 2012. Zeolitas sus usos agropecuarios. Ministerio de La Agricultura Instituto de Suelos. La Habana. 165p.
54. Soca, M. 2000. Uso en la agricultura de las zeolitas naturales y modificadas. En resúmenes Taller Nacional de zeolitas Naturales. Unión Geológica Minera de Villa Clara, pp. 10.

55. Soca, M., Alaga, D. 2010. Utilización de la zeolita en el cultivo del plátano. En VII Congreso de Suelo de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Resúmenes. Pp. 165. (CD-Rom).
56. Sospedra, R., López, G. y M. López, C. 2016. Fomento Forestal. Edtion ed., Instituto de Investigaciones Forestales. C, Habana, Cuba.
57. Trujillo, E. 2012. III Seminario de reforestación. Avances en la producción de vivero forestales. MINAG. La Habana. 20p.
58. Valera, L. y Garay, E. 2013. Producción vegetal y establecimiento de plantaciones. Instituto de Investigaciones Forestales. La. Habana, Cuba.
59. Vargas, R. 2014. Sustratos para viveros. Revista Terra 17 (3). España.
60. Vigil-Escalera, A. 2017. Los pulmones verdes de Cuba. Juventud Rebelde. agosto 9, : 3.
61. Zanetti, E., Gómez, S., Mostacedo, J. y Reyes, O. 2017. Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. La Habana. Cuba.

ANEXOS

Figura 1. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento I.



Figura 2. Comportamiento del sistema radical cepellón en el tratamiento II



Figura 3. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento III.



Figura 4. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento IV.



Figura 5. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento V.



Figura 6. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento VI.



Figura 7. Comportamiento del sistema radical en el tratamiento VII.



Figura 8. Comportamiento del cepellón en el tratamiento I



Figura 9. Comportamiento del cepellón en el tratamiento II



Figura 10. Comportamiento del cepellón en el tratamiento III



Figura 11. Comportamiento del cepellón en el tratamiento IV



Figura 12. Comportamiento del cepellón en el tratamiento V



Figura 13. Comportamiento del cepellón en el tratamiento VI



Figura 14. Comportamiento del cepellón en el tratamiento VII

